

Fukt- og brannsikkerhet i trefasader

Aleksander Vikdal

Master i Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Harald Landrø, BAT

Medveileder: Bjørn Petter Jelle, BAT

Stig Geving, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Fukt- og brannsikkerhet i trefasader Moisture and Fire protection of wooden façades	Dato: 26.06.2016		
	Antall sider (inkl. bilag): 105 (111)		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Aleksander Vikdal			
Faglærer/veileder: Harald Landrø			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			

Trehusbebyggelse står ovenfor en rekke utfordringer i forbindelse med brann- og fuktsikkerhet. Fasadene står her sentralt da det er disse som i aller størst grad må utholde påkjenningene fra vær, vind og brann. Denne rapporten tar for seg hvilke muligheter det finnes for å øke brann- og fuktsikkerheten i en trefasade.

Den første delen tar for seg teori i forbindelse med brann, deriblant brannspredningsmekanismer, –forløp og –klassifisering. Deretter følger et kapittel om fasadeproblematikk, hvor det gjennomgås ulike utfordringer en yttervegg står ovenfor. Her vil også de ulike sjiktene i en yttervegg presenteres med tanke på brann- og fuktsikkerhet.

Den andre delen vil ta for seg analysen av en trehusbygning, og det vil utforskes ulike brannscenarioer denne bygningen kan stå ovenfor. I denne delen vil de kritiske sonene i fasaden avdekkes, og det vil bli gjort vurderinger for hvorfor de anses som kritiske. Deretter vil det bli foreslått brannsikringstiltak mot de aktuelle sonene, og ellers i trehusbebyggelsen.

I rapportens siste del inngår en kort diskusjon med supplerende tanker og idéer samt en konklusjon av hva som er kommet frem av arbeidet.

Stikkord:

- | |
|------------------------|
| 1. Fasadeproblematikk |
| 2. Kritiske soner |
| 3. Raft og loftsrom |
| 4. Brannsikringstiltak |

Aleksander Vikdal

Forord

Denne rapporten utgjør det avsluttende arbeidet på det 2-årige masterprogrammet Bygg- og miljøteknikk ved NTNU. Oppgaven er skrevet ved Institutt for Bygg, Anlegg og Transport innenfor faggruppen Bygnings- og materialteknikk. Høsten 2015 skrev jeg prosjektoppgave om eldre, tett trehusbebyggelse, og deler av dette arbeidet er brukt som bakgrunn for masteroppgaven, blant annet i litteratursøket.

Jeg ønsker å takke følgende personer for gode innspill:

Harald Landrø (NTNU)

Stig Geving (NTNU)

Jon Ivar Belghaug Knarud (NTNU)

Trondheim 26. juni 2016

Aleksander Vikdal

SAMMENDRAG

Trehusbebyggelse står ovenfor en rekke utfordringer i forbindelse med brann- og fuktsikkerhet. Ytterveggkonstruksjonene står her sentralt da det er disse som i aller størst grad må utholde påkjenningene fra vær, vind og brann.

Denne rapporten tar for seg hvilke muligheter det finnes for å øke brann- og fuktsikkerheten i en trefasade. Hensikten med denne oppgaven er å finne fram til løsninger som gir god brannsikkerhet samtidig som veggens fukttekniske egenskaper ivaretas. På bakgrunn av dette er det utarbeidet noen problemstillinger tilknyttet brann ut av vindusåpninger, brannspredning gjennom åpning langs raft, og luftepressur av loftsrom.

I denne rapporten er det hovedsakelig valgt å se på innvendige branner, men branner som gir direkte flammepåkjenning vil også vurderes.

Et litteraturstudium og en analyse utgjør kjernen av rapporten.

- Litteraturstudiet gir en grundig oversikt over forhold som vil ha innvirkning på brann- og fuktsikkerheten i en trefasade. I denne delen utdypes det om problematikk i forbindelse med slike fasader, hvor brann- og fuktspredning står sentralt.
- Analysen ser på en to-etasjers bygning i tre med mange kritiske soner med tanke på brann. Her vurderes det hvilke brannsikringstiltak som kan bli innført uten at fuktsikkerheten svekkes.

Litteraturstudiet avdekket flere potensielle faresoner med tanke på både brann og fukt, mens analysen bekreftet svakhetene med de ulike sonene.

Gjennom arbeidet med denne oppgaven er blitt klart at innvendige branner er langt mer kritiske med tanke på brannspredning til og gjennom fasade. Hvor brannsøylen ut av et vindu er den mest alvorlige varianten som påvirker flest soner.

På bakgrunn av analysen anbefales det å innføre passive brannsikringstiltak for slike bygninger. De kritiske sonene som bør beskyttes er: Luftespalte med brannstopp både av ventilerende og massiv sort, komfyrvakt for kjøkken, tetning av hulrom langs gjennomføringer, og utskifting av inventar med euroklasse E.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag.....	II
1 Introduksjon.....	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.1.1 Problematikk med hensyn på brann og fukt	1
1.1.2 Bygningene er ikke tilpasningsdyktige	2
1.2 Problemstillinger.....	3
1.3 Målsetting	3
1.3.1 Resultatmål.....	3
1.3.2 Effektmål.....	3
1.3.3 Suksesskriterier	4
1.4 Emnevalg.....	4
1.5 Leserveiledning	5
1.5.1 Rapportens oppbygning	5
1.5.2 Målgruppe	6
1.5.3 Begreper.....	6
1.5.4 Forkortelser	7
1.5.5 Definisjoner.....	8
1.6 Avgrensinger	8
2 Metodikk.....	9
2.1 utfordringer.....	9
2.2 Litteraturstudium	9
2.3 Møter.....	10

2.4	Analyse.....	10
3	Teori.....	11
3.1	Brannårsaker	11
3.1.1	Elektrisk årsak.....	11
3.1.2	Bar ild.....	12
3.1.3	Brannstiftelse.....	12
3.1.4	Andre årsaker.....	13
3.2	Brannspredningsmekanismer	14
3.2.1	Geometriske innblandinger	14
3.2.2	Romgeometri	15
3.2.3	Varmetransportmekanismer.....	16
3.3	Brannforløp	17
3.3.1	Brensel- eller ventilasjonsstyrt.....	18
3.3.2	Antennelse.....	19
3.3.3	Vekstfase.....	19
3.3.4	Overtenning	20
3.3.5	Forsinket overtenning – Backdraft	20
3.3.6	Fullt utviklet brann.....	22
3.3.7	Nedkjølingsfasen	22
3.4	Brannklassifisering	23
3.4.1	Bakgrunn	23
3.4.2	Materialers egenskaper ved brannpåvirkning	24
3.4.3	De ulike egenskapene.....	27
3.4.4	Brannmostand	31
3.5	Vinduer	33

3.5.1	Mange valg	33
3.5.2	Eksponeeringsretning	33
3.5.1	Glasstyper	34
3.6	Sval- og altanganger	35
3.6.1	Begrense vertikal brannspredning	35
3.6.2	Allsidige rømningsmuligheter	35
3.6.3	Akustiske forhold	36
3.6.4	Estetikk og innsynsproblematikk	37
3.6.5	Eksponeeringsretning	37
3.6.6	Balkonger	37
3.7	Raft og loftsrom	38
3.7.1	Ulike typer loftsrom	38
3.7.2	Bæresystem	38
3.7.3	Varme og kalde loft	38
3.7.4	Brannspredning til loftsrom	39
3.7.5	Eksponeeringsretning	39
3.7.6	Loftsrom som arnested	39
3.7.7	Brannutvikling på loftsrom	40
3.7.8	Gjennom Brenning av etasjeskiller og tak	40
3.7.9	Snøsmelting	41
4	Fasadeproblematikk	43
4.1	Bygningens skjold	43
4.1.1	Prinsipper for oppbygning	43
4.2	Regn og vind	44
4.2.1	Totrinns tetting	44

4.2.2	Slagregn og kapillærsugingsevne.....	44
4.3	Luftlekkasjer.....	44
4.3.1	Strømningsretning.....	45
4.3.2	To former for luftlekkasjer.....	45
4.4	Vanndampdiffusjon.....	46
4.4.1	Diffusjonsekivalent luftlagstykkelse.....	46
4.5	Brann.....	47
4.5.1	Rask spredning gjennom bygget.....	47
4.5.2	Vanskelig å slokke.....	47
4.6	De ulike sjikt.....	48
4.6.1	Ytterkledning.....	48
4.6.2	Luftespalten.....	48
4.6.3	Vindsperre.....	48
4.6.4	Isolasjonssjikt.....	50
4.6.5	Dampsperre.....	51
4.6.6	Innvendig kledning.....	52
4.7	Lav tilpasningsdyktighet.....	52
5	Brannspredning til fasade.....	55
5.1	Brann ut av en vindusåpning.....	55
5.1.1	Retning på luftstrøm.....	55
5.1.2	Brannsøylelengde.....	55
5.1.3	Videre spredning.....	57
5.2	Brannspredning via utettheter og hulrom.....	59
5.2.1	Problematikk.....	59
5.2.2	Utsatte soner.....	60

5.2.3	Ventilasjonsform.....	62
5.2.4	Risiko og konsekvens.....	62
5.3	Brannspredning via utvendig flammepåkjenning.....	62
5.3.1	Utvendig flammeeksponering.....	62
6	Analysebyggverket.....	63
6.1	Fysiske forhold.....	63
6.2	Tekniske forhold.....	64
6.3	Valg i forbindelse med loftsrom.....	64
6.3.1	Ulike utforminger.....	64
6.3.2	Valg tilknyttet loftsrom.....	67
6.4	Valg i forbindelse med atkomstvei over bakkeplan.....	67
6.4.1	Utformingsvarianter på sval- og altangang.....	67
6.4.2	Valg tilknyttet atkomstvei over bakkeplan.....	68
6.5	Brannklassifisering.....	68
6.5.1	Brannmotstand.....	68
6.5.2	Materialers egenskaper ved brannpåvirkning.....	69
6.6	Vinduene.....	69
7	Oversikt over ulike brannscenarioer.....	71
7.1	Brannårsak.....	71
7.2	Innvendig brann.....	71
7.2.1	Brann ut vindusåpningen.....	72
7.2.2	Brann gjennom hulrom og utettheter.....	72
7.3	Utvendig brann.....	73
8	Kritiske soner.....	75
8.1	Vinduene.....	75

8.1.1	Eksponeeringsretning.....	75
8.1.2	Problematikk.....	75
8.1.3	Brudd på glasset.....	77
8.2	Luftespalten i veggen.....	78
8.2.1	Horisontal og vertikal brannspredning.....	78
8.2.2	Stråling.....	78
8.3	Svalgangen.....	79
8.3.1	Bakgrunn.....	79
8.3.2	Problematikk.....	79
8.4	Hulrommene.....	79
8.4.1	Problematikk.....	79
8.5	Raft og loftsrom.....	80
8.5.1	Eksponeeringsretning.....	80
8.5.2	Problematikk.....	80
9	Tiltak mot brann.....	81
9.1	Bakgrunn.....	81
9.2	Fremgangsmåte.....	81
9.2.1	Forutsetninger.....	81
9.2.2	Beskytte de kritiske sonene.....	81
9.2.3	Utfordringer.....	81
9.2.4	Anbefalte valg.....	82
9.3	Begrense omfanget av en innvendig brann.....	83
9.3.1	Smarte materialvalg.....	83
9.3.2	Branncelleinndeling.....	83
9.3.3	Forbedre brannmotstanden.....	83

9.3.4	Forhindre overtenning.....	84
9.3.5	Utsette vindusbrudd.....	84
9.4	Begrense omfanget av utvendig varmeeksponering.....	84
9.4.1	Hindre antennelse	84
9.4.2	Fasadesprinkling.....	84
9.5	Tiltak for luftespalten.....	85
9.5.1	Brannstopp.....	85
9.6	Tiltak for vindu.....	86
9.6.1	Bakgrunn	86
9.6.2	Tiltak mot innvendig varmeeksponering.....	87
9.6.3	Brannklassifiserte vinduer.....	87
9.6.4	Kjølesone	88
9.6.5	Flammeskjerm	88
9.7	Tiltak for svalgangen.....	89
9.7.1	Lede brannsøylen utover.....	89
9.7.2	Avgrense hver boenhet langs svalgang.....	89
9.8	Tiltak for raft og loftsrom.....	90
9.8.1	Forhindre brannspredning til loftsrom.....	90
9.8.2	Begrense omfanget av brann i loftsrom.....	90
10	Diskusjon.....	91
10.1	Tanker og ideer tilknyttet litteraturstudiet.....	91
10.1.1	Forskjellig ytelse enn brannklassifiseringen tilsier	91
10.1.2	Vind.....	91
10.2	Tanker og ideer tilknyttet analysen.....	92
10.2.1	Bygningers tilpasningsdyktighet.....	92

10.2.2	Brann i vegetasjon og nær bebyggelse.....	92
10.2.3	Vurdering av enkelte brannsikringstiltak.....	92
11	Konklusjon.....	97
11.1	Anbefalinger.....	97
11.2	Videre arbeid.....	98
12	Litteraturliste.....	99
12.1	Tekstkilder.....	99
12.2	Bildekilder.....	102
13	Vedlegg.....	105

TABELLISTE

Tabell 1: SMOGRA verdier.

Tabell 2: Vindsperretyper

Tabell 3: Ordinære dampbremsere

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Trehusbebyggelse står ovenfor en rekke utfordringer i forbindelse med brann- og fuktsikkerhet. Ytterveggkonstruksjonene står her sentralt da det er disse som i aller størst grad må utholde klimapåkjennningene Norge har å by på. Vedvarende gjennom en bygnings livstid forventes det at ytterveggene opprettholder sine vesentlige funksjoner. Dette innebærer blant annet å ha uttørkingsmuligheter, akustiske og varmeisolerende egenskaper, lufttetthet, samt fukt- og brannsikkerhet.

For å kunne komme frem til egnede løsninger hvor yttervegger oppholder alle sine vesentlige funksjoner trengs det en bred innsikt i en rekke spesialfag. Før aktuelle tiltak kan presenteres må problematikken rundt de ulike fagene forstås. Dette innebærer blant annet brannspredning, luftlekkasjer, vandampdiffusjon og lydisolasjon. Aktuelle løsninger må være i tråd med prosjekteringsgrunnlaget for alle disse forholdene.

1.1.1 Problematikk med hensyn på brann og fukt

Luftespalter og utettheter

Det er vanlig å bygge trehus som luftede konstruksjoner. Da vil fasadesjiktet av trevirke kunne tørke både inn- og utover, til tross for at det har et høyt fuktopptak. Dette blir som oftest løst ved å adskille regn- og vindtetting med et ventilert og drenert hulrom, kalt luftespalte. Med et regntett eller vannavvisende sjikt innenfor denne spalten, fungerer veggen nå etter et prinsipp kalt totrinns tetting. Denne luftespalten gir som nevnt mange fordeler med tanke på fukt, men den kan også være en sårbart punkt med tanke på brann.

Flammer og røykgasser går minste motstands vei, dermed er åpninger i form av luftespalter eller utettheter ekstra utsatte. Dette hulrommet gir rom for brannen til å spre seg både horisontalt og vertikalt, forbi branncellebegrensninger som vegger og etasjeskillere. Uten midler for å stoppe en brann i luftespalten vil konsekvensene bli svært alvorlige, dersom flammer og røykgasser når dette sjiktet. Brannspredning via luftespalten kan skje både via utvendig brann- eller flammeeksponering, eller ved at en innendørs brann spres gjennom et av sperresjiktene.

Vinduer

En annen sone med stor innflytelse på brannbildet er vinduet. Denne type åpning har store gevinster ved at det bidrar til besparelser i form av energi til oppvarming og nedkjøling, eller pærer til kunstig lys. Vinduer kan også være svært funksjonelle rømningsveier, men konsekvensen av branner ut slike åpninger kan være katastrofale. Med dagens tilgjengelige materialer og løsninger er det fullt mulig å begrense omfanget av en brannsøyle ut fra et vindu. Likevel er disse åpningene en utfordring da det er blitt veldig vanlig med store vinduer, for eksempel ved passivhus hvor fasaden mot sør nærmest er av glass. Slike vinduer eller glassfasader har et enormt potensiale for varmetilskudd, men de har også større risiko for høyt varmetap, overoppheting og gjenskinn. I tillegg vil en brannsøyle ut fra et slikt vindu vil være langt mer kritisk enn for et mindre vindu.

Tak og loftsrom

Tak og loftsrom er en annen del av bygningen som kan være brann- og fuktutsatt. For å unngå snøsmelting kreves det enten at temperaturen i loftsrommet simulerer utetemperaturen, ellers må takflaten luftes. Takkonstruksjonens luftespalte vil i likhet med spalte i vegg tillate tørking både inn- og utover, men den er også åpen for røykgasser. Hvis taket har et kaldt underliggende loftsrom vil det vanligvis være åpent langs raft. Da kan flammer og røykgasser fritt innta loftsrommet.

1.1.2 Bygningene er ikke tilpasningsdyktige

Trehus og bygninger generelt må være tilpasningsdyktige. Selv om bruksformålet alltid vil være som bolig, vil det gjennomføres en rekke endringer og variasjoner med bygningen. Nye ønsker kan medføre en rekke endringer som har innflytelse på brann- og fuktsikkerheten, i tillegg til de akustiske forholdene. Eksempler på slike endringer kan være; nedrivning av vegger, flytting av kjøkken, utskiftning av vinduer, bygging av terrasse og balkong, eller omgjøring fra kaldt loft til varmt loft.

Mange av disse endringene innføres uten omtanke, selv om de prinsipielt kan endre på en rekke forhold som nevnt ovenfor. Selv simple tiltak som å installere et sjikt for solskjerming over vinduene kan ha innvirkning på hvordan flammer og røykgasser brer seg i vindusflaten. Ved prosjektering er det viktig å vie mye tid til generelle behov, som skal dekke ønsker og krav fra flest mulig av de fremtidige brukerne. Det ønskes ikke overflødigheit i brannsikringstiltak, men om kritiske soner i en bygning står ubeskyttet som følge av innførsel av andre tiltak, må disse fungere. Ett eksempel er hvis

det eneste brannsikringstiltaket er et sprinkleranlegg, kan det ikke godtas at dette tildekkes, fjernes, eller ikke vedlikeholdes.

1.2 Problemstillinger

Det som til nå er gjennomgått i underkapittel 1.1.1. og 1.1.2 gir opphav til en del spørsmål rundt hvilke utfordringer yttervegger står ovenfor. Disse er henholdsvis:

- Hva kan gjøres med et vindu for å minske konsekvensene av en brannsøyle ut av åpningen?
- Hva er de kritiske sonene i en yttervegg, hvorfor anses de som kritiske, og hvordan kan disse beskyttes?
- Hvordan kan tak og loftsrom beskyttes mot brannspredning, mens luftepriippet fremdeles opprettholdes?
- Finnes det brannsikringstiltak som sjelden er i bruk, men som kan være aktuelle å ta i bruk for trehusbebyggelse?

1.3 Målsetting

1.3.1 Resultatmål

Få utredet hva som er sentralt innen brann- og fuktsikring av veggkonstruksjoner innen 26. juni. Vurdere risikoen for brann og lekkasjer i en ytterveggs ulike soner og sjikt. Oppnå læring om mekanismer for brannspredning, og om tiltak som kan forhindre eller begrense skadeomfanget av en brann.

Undersøke hvordan en brann sprer seg gjennom de ulike sonene i en bygning. Finne fram til de beste måtene å brannsikre trehusbebyggelse på, og vurdere de ulike brannsikringstiltakene opp mot hverandre.

1.3.2 Effektmål

Utfylle eksisterende forskning med tanke på å bedre brann- og fuktsikkerheten i trehusbebyggelse. Effektmålet vil da være å innføre mer kunnskap til Norge om konsepter og metoder som kan bedre disse forholdene for denne type bygg.

1.3.3 Suksesskriterier

- Litteraturstudiet skal gi et detaljert innblikk i brannspredningsmekanismer, -årsaker, og -forløp.
- Litteraturstudiet skal gi en grunnleggende forståelse av problematikk forbundet med brann og fukt i yttervegger.
- Finne realistiske brannscenarier.
- Finne et samspill i tiltakene som fungerer opp mot prosjekteringsgrunnlaget for både bygningsfysikk og brannteknikk.

1.4 Emnevalg

Forrige semester valgte jeg å skrive prosjektoppgave om eldre, tett trehusbebyggelse i Trondheim, hvor jeg blant annet tok for meg en av bryggene i Kjøpmannsgata. Gjennom litteratursøk og arbeid med oppgaven, avdekket jeg mange utfordringer for slike bygninger i forbindelse med veggkonstruksjonene. Slike fasader påvirkes av en rekke naturlige påkjenninger, men mangler ofte gode løsninger og forbindelser for å bevare fuktsikkerheten. Brannsikkerheten var også et stort problem, selv for trehusbebyggelsen som var godt bevart.

I prosjektarbeidet undersøkte jeg bryggerekken i Kjøpmannsgata, og denne trehusbebyggelsen var veldig utsatt for brannspredning mellom de ulike byggverkene. Enten var bryggene direkte i kontakt med hverandre, eller var avstanden mellom dem minimal. Jeg fokuserte dermed veldig mye på varmetransportmekanismer som varmestråling, flyvebrann og direkte varmepåkjenning.

Avslutningsvis i prosjektrapporten presenterte jeg ulike temaer som kunne være interessante å utforske videre. Et fellestrekk blant mange av disse er at de var veldig detaljrettet, og de omhandlet veggkonstruksjonene. Blant temaene var; effekten av tiltak som fasadesprinkling, hulromsventiler og brannstopp. Det falt meg dermed naturlig å velge en tilnærming på masteroppgaven som ville omhandle fasader og effekten av ulike tiltak.

I denne masteroppgaven har jeg valgt å opprettholde fokuset på trehusbebyggelse, men hovedsakelig valgt å se på innvendige branner. Jeg har alltid vært fascinert av detaljer og en «hva skjer hvis?» tankemåte. Spørsmål som; hva skjer hvis vinduet brytes i et brannscenario, eller hva skjer hvis brannsøylen ut fra dette vinduet møter en hindring? Ettersom ytterveggene har langt flere funksjoner enn bare å beskytte mot brann, trengs det kunnskap innenfor flere spesialemner. På bakgrunn av dette

har jeg valgt å inkludere bygningsfysikk som mitt andre fokusområde. Hovedfokuset vil være å gjøre ytterveggen mer brannsikker, men ikke på bekostning av forverrede egenskaper innenfor fuktsikring.

I utgangspunktet tenkte jeg å fokusere mest på selve fasadeoppbygningen, og gjerne ta for meg en eller to kritiske soner som svalganger eller raft. Dette viste seg å være vanskeligere enn tenkt, da flere av sonene er direkte avhengige av hverandre. En svalgang kan for eksempel være til ypperlig vertikal brannsikring, mens den samtidig fremmer spredning horisontalt. Hvis det innføres et slikt sperresjikt vil eksempelvis raft være mer beskyttet mot brannspredning utenfra, men på bekostning av horisontal brannspredning lenger ned i bygningen. På bakgrunn av dette har jeg valgt å ikke avgrense meg til bare to kritiske soner. Noen avgrensninger er likevel nødvendig for å kunne gå i dybden på de enkelte sonene og brannsikringstiltakene, disse er beskrevet i kapittel 1.6.

1.5 Leserveiledning

Dette kapittelet gir noen kommentarer til rapportens oppbygning, samt forklaring på visse tvetydige formuleringer slik at misforståelser kan unngås.

1.5.1 Rapportens oppbygning

Det anbefales å lese rapporten kronologisk da den har en strategisk oppbygning. Slik kan informasjon tas inn, og bygges videre på. Rapporten er bygd opp i 3 deler:

- Del 1 vil ta for seg litteraturstudiet
- Del 2 vil ta for seg analysedelen
- Del 3 vil ta for seg diskusjon og konklusjon av arbeidet

Del 1 vil ta for seg teori i forbindelse med brann, deriblant brannspredningsmekanismer, –forløp og –klassifisering. Denne teorien vil være hensiktsmessig å gjennomgå tidlig, da uttrykk fra disse kapitlene brukes gjennom hele rapporten. Deretter følger kapittelet fasadeproblematikk, hvor det blant annet gjennomgår ulike utfordringer en yttervegg står ovenfor. Her vil også de ulike sjiktene i en yttervegg presenteres med tanke på brann- og fuktsikkerhet.

Del 2 vil ta for seg analysen av en tenkt trehusbygning, og det vil utforskes ulike brannscenarioer en slik bygning kan stå ovenfor. I denne delen vil det avdekkes de kritiske sonene ytterveggene i analysebygning står ovenfor, og det vil bli avgjort hvorfor de anses som kritiske. Deretter vil det bli foreslått brannsikringstiltak mot de aktuelle sonene, og ellers i trehusbebyggelsen.

Del 3 avslutter rapporten med en kort diskusjon med supplerende tanker og idéer samt en konklusjon av hva som er kommet frem av arbeidet. Diskusjon om brannsikringstiltak mot branner i nabobebyggelse og vegetasjon vil også inngå i denne delen.

1.5.2 Målgruppe

Rapporten er rettet mot ansvarlig prosjekterende innenfor fagretningene brann og bygningsfysikk. Den er likevel formidlet på en slik måte at interesserte fra andre hold kan ha interesse og nytte av rapporten. For lesere med lite bakgrunnskunnskap om brann anbefales det å slå opp ukjente ord og uttrykk på nettstedet til kollegiet for brannfaglig terminologi. Det anbefales også å sette seg inn i de ulike forkortelser og begreper som nevnes i underkapitlene 1.5.3 og 1.5.4.

1.5.3 Begreper

Svalgang og altangang

Begrepene sval- og altangang blir mye brukt om en annen, da utførelsen på disse anordningene er relativt like. Begge gangtypene står for atkomstvei over bakkeplan langs fasaden, for leiligheter minst én etasje opp fra terrengnivå. Svalganger er enten inntrukket i fasaden eller overbygd, mens altanganger er åpne mot vær og vind.

Fastvindu og åpningsvindu

Fastvindu er en definisjon på et vindu der vindusruta er fastmontert i karmen, og ikke lar seg åpne. Åpningsvindu beskriver et vindu som har begrenset åpningsmulighet, og som krever nøkkel for å åpnes. Det er hovedsakelig kun vaktmester som skal kunne åpne disse i forbindelse med vedlikehold, men det kan også bli aktuelt under brannevakuering.

Luftede og uluftede

Luftede loftsrom viser til at uteluft ledes inn i rommet via åpninger langs raft eller møne. En slik lufting skiller seg fra tradisjonell frisklufttilførsel fra små ventilasjonsåpninger. I luftede loftsrom er det langt større åpninger som skal sørge for at temperaturen holdes tilnærmet lik utetemperaturen. Uluftede loftsrom viser til at raft er avstengt for luftgjennomgang, og taket luftes i egen luftespalte.

Raft og takfot

Takfot er en definisjon på sammenkoblingen mellom vegg og tak. Raft var opprinnelig navnet på enden av en kort sperrestump i taket. I dag brukes benevnelsen raft som en samlebetegnelse for hele takfoten. Fra enden på takutstikk til sammenkobling mellom vegg og tak.

1.5.4 Forkortelser

Disse forkortelsene er brukt i rapporten:

BRA	Bruksareal
CO	Karbonmonoksid
CO ₂	Karbondioksid
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
EPS	Ekspandert polystyren
FIGRA	Fire Growth Rate (Brannvekstrate)
GFP	Gas Filled Panel (Gassfylt panel)
H ₂ O	Vann
HCl	Hydrogenklorid
HCN	Hydrogencyanid
ISO	International Organization of Standardisation
LC	Lethal Concentration (Dødelig konsentrasjon)
NH ₃	Ammoniakk
NO _x	Nitrogenoksider
NTA	Nettoareal
Ppm	Parts per million (Enhet per million)
PpmV	Parts per million by volume (Enhet per million volumbasert)
PVB	Polyvinylbutyrat
PVC	Polyvinylklorid
RC	Room Corner
RF	Relativ fuktighet
SBI	Single Burning Item (henvis likt som i plast i byggevarer SP fire)
SD-verdi	Ekvivalent luftlagstykkelse
SMOGRA	Smoke Growth Rate (Indeks for hastigheten av røykvekst/Røykveksthastighet)

SO ₂	Svoveldioksid
VIP	Vacuum Insulated Panel (Vakuumisolasjonspanel)
UV-stråling	Ultrafiolett stråling

1.5.5 Definisjoner

SD-verdi	Verdi som angir hvor tykt et stillestående luftlag må være for å ha samme diffusjonsmotstand som materialsjiktet
LC ₅₀	Dødelig konsentrasjon som svarer til dødelighet på 50 %
State of the art	Betegner det ypperste en kan få fram i gjeldende tidsperiode av ingeniørkunst

1.6 Avgrensinger

Fasademateriale

Det er valgt å avgrense oppgaven til å omhandle trehusbebyggelse. Andre fasadematerialer som mur (med og uten puss), treplater, naturstein og stålplater er også vanlig her i Norge. Disse har likevel ofte forskjellig forankringssystem, bredere luftespalte og annerledes bærekonstruksjon innover. Fukt- og brannsikkerhet i de forskjellige typene veggkonstruksjoner ville variert så mye at resultatet ville blitt forvirrende.

Hovedfokus på innvendige branner

I denne rapporten er det hovedsakelig valgt å se på innvendige branner. Utvendig brannpåkjenning like ved, eller direkte i kontakt med ytterveggen vil likevel tas med i betraktningen. Det vil si at branner i nabobebyggelse eller vegetasjon ikke vil bli vurdert, med unntak av i diskusjonskapittelet.

Skråtakkonstruksjoner

Det er valgt å basere denne oppgaven på skråtak. Til tross for at flate tak kan oppleve brannspredning gjennom hulrom, er risikoen langt mindre. Dette skyldes at de bygges som tette konstruksjoner, og det er heller ingen underliggende loftsrom. For slike tak er dermed faren for brannspredning gjennom konstruksjonen langt lavere.

2 Metodikk

Denne studien av yttervegger i trehusbebyggelse er basert på et litteraturstudium, møter, en analyse og fornuftige antagelser. For å kunne belyse de ulike problemstillingene ble det valgt ulike fremgangsmåter.

2.1 utfordringer

En av utfordringene med denne oppgaven var å finne ut hvordan de kritiske sonene i ytterveggen ville fungere med hverandre. Det var blant annet vanskelig å finne et godt samspill mellom fukt- og brannteknisk design.

Litteratursøket var dermed til tider vanskelig da det var to relativt forskjellige fagretninger som skulle utforskes. En annen utfordring var hvordan jeg skulle vurdere et sikringstiltak eller en kritisk sone, da fasadebranner kan forekomme på forskjellige måter, og både inn- og utvendig.

2.2 Litteraturstudium

Noe av informasjonen som ble innhentet i forbindelse med prosjektoppgaven er brukt videre i masteroppgaven. Dette var de første tekstene som ble gjennomgått. Innledningsvis ble det også gjort en rekke søk mot aktuelle fasadematerialer da avgrensninger forbundet med dette ikke var lagt enda.

Litteraturen har blitt funnet på følgende måter:

- Gjennomgang av SINTEF, -rapporter.
- Nettsøk i søkemotorene google og oria
- Gjennomgang av tidligere masteroppgaver
- Nettsøk i arkivdatabaser slik som Byggforsk SINTEF sine kunnskapssystemer, MATEC Web of Conferences.
- Ved å følge referanser funnet i kildene over

Kvaliteten på innhentet litteratur har blitt vurdert fortløpende, og det er forsøkt i størst mulig grad å benytte litteratur fra kilder som regnes for å være svært troverdige. Eksempler på dette er anerkjente forskningsinstitutter, forfattere og universiteter.

2.3 Møter

Møter har vært veldig viktig for å kunne kombinere informasjon fra litteratursøket med tanke på samspill mellom brann og bygningsfysikk.

2.4 Analyse

Det er valgt å gjøre en kvalitativ analyse for et to-etasjers trebygg. Denne analysen tar utgangspunkt i informasjon funnet gjennom litteraturstudiet og tidligere ervervet informasjon. Det er veldig vanskelig å få en slik analyse helt objektiv, både innenfor brann- og fuktfaget. Dette kommer av at personlige interesser og erfaringer påvirker hvor fokuset blir rettet. Det er likevel forsøkt å være objektiv, og argumentere for veien analysen tar.

DEL 1 – Litteraturstudie

3 Teori

3.1 Brannårsaker

I arbeidet med å forebygge brann er det viktig å forstå hvordan og hvorfor branner oppstår. Branner kan starte utvendig, innvendig eller i hulrom i bygningen. De kan være påtente, skje ved elektrisk feil, skyldes feil bruk, skje ved bar ild eller ved at materialer selvantennes. Det er mulig å gjøre tiltak for å begrense tilfellene av alle disse brannårsakene, men fullstendig fritakelse av brannrisiko er umulig å gjennomføre for trehusbebyggelse (DSB, 2010).

Menn har ofte en større tendens til å starte branner enn kvinner, og dette er spesielt synlig for aleneboende. Dette gjelder både i form av feil utstyrsbruk og ved bar ild. Antageligvis skyldes dette at menn lever mer risikofylt med tanke på, alkoholinntak, nattmat og annen rus.

3.1.1 Elektrisk årsak

Brann som følge av elektrisk årsak er den årsaken som forekommer oftest i boliger, og den står vanligvis for rundt 40-50 % av alle boligbranner. I 2008 registrerte DSB at 40 % av alle boligbrannene med kjent årsak skyldtes elektriske årsaker. Blant disse skyldtes halvparten (20 %) feil ved elektrisk utstyr eller installasjoner, mens resterende halvpart skyldtes feil bruk av elektrisk utstyr (DSB, 2010).

Feil ved elektrisk utstyr eller installasjoner

Brann som følge av feil ved elektrisk utstyr eller installasjoner kan skyldes en rekke årsaker. Disse er henholdsvis jordfeil, komponentsvikt, krypestrøm, serielysbue og annen elektrisk årsak, der «annen elektrisk årsak» er den største underkategorien. Denne årsaken står ofte for over halvparten av de elektriske brannårsakene når brannen skyldes elektrisk feil. I denne underkategorien inngår blant annet brann i installasjonsmateriell, belysningsutstyr og husholdningsapparater. Installasjonsmateriell innebærer alt fra ledninger, stikkontakter, sikringer, koblingsbokser til sikringsskap. Blant husholdningsapparatene er det de som trekker mye strøm som vanligvis har størst risiko for å antennes (DSB, 2010).

Feil bruk av elektrisk utstyr

Feil bruk av elektrisk utstyr skjer som oftest på kjøkkenet. Brannårsaker som her kan inntreffe er tørrkoking, tildekking, overoppheting og manglende vedlikehold.

Tørrkoking på komfyr kan få katastrofale følger for alle type boliger. Eneboliger, småhus, leilighetsblokker og restaurantkjøkken er alle utsatte for antenning av kjøkken som følge av tørrkoking. Dette kan likevel ha større konsekvenser der bygningen ikke er utrustet med aktive brannsikringstiltak, noe trehusbebyggelse med boligformål ofte mangler.

Manglende vedlikehold kan også være en faktor, da det øker risikoen for at branner kan spres til steder med oppbygd støv eller fett. Kjøkkenbranner starter ofte på komfyren før den sprer seg videre til kjøkkenviften og ventilasjonskanalene. Over tid bygges det opp mye fett i disse områdene, noe som gjør dem til perfekte brannspredere, da fett brenner. Her vil kjøkkenviften være mye mer brannutsatt om den ikke blir vasket med jevne mellomrom (DSB, 2010) og (NRBR, 2015).

3.1.2 Bar ild

Rundt 30 % av alle boligbranner skjer som følge av bar ild, på grunn av røyking, stearinlys, fyrverkeri, feil håndtering av aske, eller lek med fyrstikker. En sigarett kan for eksempel bli lagt på en antennelig flate (sofa, seng eller polstret stol), og utvikle seg til brann. Sigaretter kan også være brannårsaken utendørs, hvis de stumpes på feil plass, for eksempel i et smug mellom to bygninger, eller i en søppeldunk (DSB, 2010).

3.1.3 Brannstiftelse

Brannstiftelse betyr at en person antenner brennbart materiale med hensikt i å skape brann, og omtrent 10 % av alle boligbranner skyldes påsatte branner. Den største andelen av slike branner gjennomføres ved bruk av bar ild, hvor brennbart materiale på stedet blir påtent. Konteinere, søppelbøtter og oppsamlingsplasser av brennbart materiale, er særlig utsatte (DSB, 2010).

Brannstiftelse skjer oftest under nattens frambrudd, med brannpåsetting utenfor en bygning. Dette er problematisk da automatiske brannsikringstiltak inne i bygningen ikke aktiveres. Brannen vil nemlig ikke påvirke sprinkleranlegg eller brannvarslere før den bryter gjennom sjiktene i ytterveggen. Dette gir brannen ekstra god tid på å utvikle seg, før brannvesenet blir varslet, noe som vises igjen tilbakebetalingen i forsikrings saker. Eksempelvis er påsatte branner som får utvikle seg i næringsbygg over dobbelt så kostbare som branner fra elektriske årsaker (DSB, 2011).

3.1.4 Andre årsaker

De resterende boligbrannene inntreffer av andre årsaker som for eksempel ved varme arbeider, selvtenning, lynnedslag eller pyroteknikk. Vanligvis inntreffer disse på utsiden av bygningen, men selvtenning kan også forekomme i hulrom i bygningen (DSB, 2010).

Selvantennelse

Selvantennelse er der materialet varmer seg selv opp, og utvikler seg til å bli en ulmebrann. Branner uttrykkes for å være «ulmende» hvis det foregår en forbrenning i et fast materiale, men det observeres ingen flamme eller utsendelse av lys fra forbrenningssonen. Temperaturøkningen skyldes eksoterme reaksjoner i selve materialet, enten som en kjemisk eller biologisk prosess. Ulmebranner vokser vanligvis veldig sakte, og anses ikke som farlige frem til de får lufttilførsel. Straks dette skjer kan de utvikles i en enorm fart. Slike branner er vanskelige å oppdage, da ingen flammer observeres, og røyken er mye mer uttynnet. De kan for eksempel inntreffe i containere med spon ved veldig lave temperaturer.

Varme arbeider

Varme arbeider kan utsette en bygning for direkte flammeksponering. Med denne eksponeringstypen menes påvirkninger veldig nær, eller i direkte kontakt med bygningen. Dette kan medføre antennelse av veggkledning, eller annet lett brennbart materiale. Denne type brannårsak skal i grunnen ikke forekomme, og skyldes kun uforsiktighet og slurv. De som utfører varme arbeider må ha innsikt i hvilken brannrisiko slikt arbeid innebærer. Da kan de utføre arbeidet på en slik måte at brann ikke oppstår, og si nei til jobben om arbeidet innebærer for stor risiko.

3.2 Brannspredningsmekanismer

Brannspredning over et fast stoff skjer ved at brennbart materiale blir varmet opp til en kritisk høy temperatur som gjør at forbrenning kan finne sted. Deretter fortsetter oppvarming av stadig nye deler av materialet gjennom de tre fysiske prinsippene for varmetransport; stråling, ledning og konveksjon. Disse mekanismene for varmetransport er drivkreftene bak brannspredningen i et byggverk, men de påvirkes av en rekke faktorer.

Da denne rapporten fokuserer på innvendige branner vil ikke vær og vind være aktuelle faktorer før vindusbrudd. Frem til vindusbrudd skal det i all hovedsak være svært begrenset lufttilførsel til en branncelle i utgangspunktet. Noe lufttilgang via utettheter og ventilasjonsinntak er likevel å forvente, sett at bygningen ikke har brannspjeld i inntakskanalen. Den begrensede lufttilgangen gjør at brannen primært vil styres av den termiske oppdriftskraften, hvor varme røykgasser stiger som følge av lavere tetthet. Når lufttilførsel utenfra blir innført, vil brannen få en ekstra drivkraft som følge av vind og trekk, noe som vil skape turbulens (SINTEF Byggforsk, 2006).

Andre faktorer som påvirker brannspredning internt i en bygning er: Romgeometri, geometriske innblandinger og plassering av brensel. Materialers egenskaper ved brannpåvirkning vil også spille en stor rolle i hvor fort branner spres internt.

3.2.1 Geometriske innblandinger

Når det brenner ute i friluft vil de varme røykgassene stige, og brannen vil da dra inn oksygenrik luft nedenfra. Tidlig i brannforløpet vil innvendige branner ha relativt lik oppførsel som utvendige branner da det er tilstrekkelig med oksygen i rommet. Forskjellen er at de stigende røykgassene vil møte en geometrisk innblanding ved etasjeskilleren, som vil forhindre videre oppdrift. Da røykgassene treffer denne barrieren vil de spre seg jevnt over rommet, ut fra brannsøylen. De vil fortsette å tynne seg ut helt frem til de når sperresjikt som vegger og dører. Etter hvert som røykgassene har nådd ytterpunktene i brannrommet vil det bygges opp et røyksjikt som gradvis trekker seg nedover som følge av videre forbrenning.

3.2.2 Romgeometri

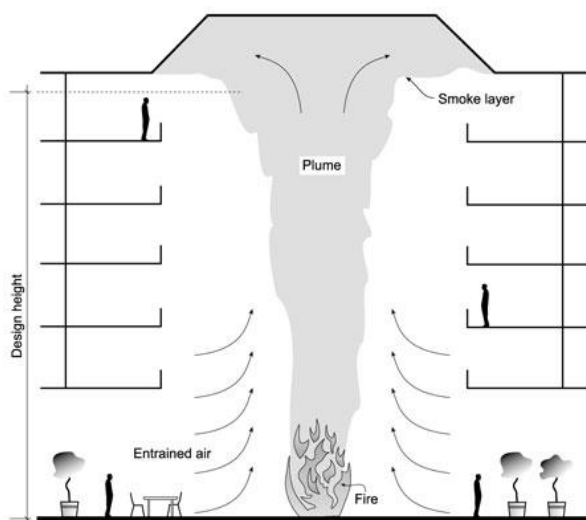
Romgeometri er en viktig faktor med tanke på brannspredning internt, men trehusbebyggelse i størrelsesorden av det denne rapporten fokuserer på vil ikke bli altfor påvirket. Det er dermed valgt å heller vurdere denne faktoren i diskusjonskapittelet.

Små rom

Små rom, både de med lav takhøyde og de med lite areal, er ekstra utsatte mot overtenning. Et lite romareal vil medføre kortere tid før det dannes et unisont røyksjikt, da røykgassene møter geometriske innblandinger mye tidligere. Dette gjør røyksjiktet presses raskere nedover, da mindre volum må fylles. Rom med lav takhøyde påvirkes ved at varmestrålingsfluksen blir mer intens mot gulvet og de andre brennbare flatene. Dette skyldes at intensiteten på varmestråling avtar med avstand.

Store rom

I kontrast vil store rom, både de med stor takhøyde og de med stort areal, gi forsinket overtenning. Dette kan for eksempel være i kontorlandskap som er fullstendig åpne over et helt plan, eller det kan være ved et atrium i store næringsbygg. I et kontorlandskap får røykgassene spre seg over veldig store avstander, da det ikke finnes geometriske innblandinger til å stoppe dem. I rom med veldig store takhøyder vil en innendørs brann simulere en brann på utsiden da røykgassene får stige høyt før de stoppes av taket. Det skal også veldig mye til før røykgassene gir en tilbakestråling nok til å antenne brennbare flater langs gulvet, da avstanden er så stor, se figur 1.



Figur 1: Oppførsel av brannsøyle og røyksjikt ved stor takhøyde, 2000
[Smoke plume and smoke layer in an atrium fire]

3.2.3 Varmetransportmekanismer

Flammespredning i en bygning skjer som følge av varmeledning, varmestrømning og varmestråling. I en nyutviklet brann vil ikke romtemperaturen være altfor høy, dette gjør at varmeledning og konveksjon har stor effekt til å spre brannen. Etter hvert som den brannen vokser seg stor vil stråling overta som hovedprinsipp for varmetransport.

Varmeledning

Varmeledning er en form for varmetransport mellom to legemer som er i direkte kontakt med hverandre. Alle stoffer er bygd opp av atomer (bestanddelene i molekyler). Ved varmepåkjenning vil disse molekylene starte å vibrere, noe som overfører varme. Disse molekylene vil overføre deler av energien sin til molekylene i kontaktflaten hos det andre legemet. Varmeenergien beveger seg altså gjennom stoffene via molekyler i bevegelse.

Denne formen for varmetransport vil ikke bare transportere energi mellom to legemer, den vil også transportere varme internt gjennom et stoff. Varmeledningen gjennom et stoff kan måles og angis som stoffets varmekonduktivitet. Hvor effektivt et materiale er til å lede varme, avhenger av varmekonduktiviteten det har. Varmekonduktiviteten forteller om et legemes evne til å transportere varmeenergi (STORE NORSKE LEKSIKON, 2009a).

I antennelses og vekstfasen er temperaturen generelt mye lavere enn ved overtenning og fullt utviklet brann. Dette medfører at varmeledning vil ha stor effekt til å spre brannen i disse tidligere fasene.

Varmestråling og -strømning

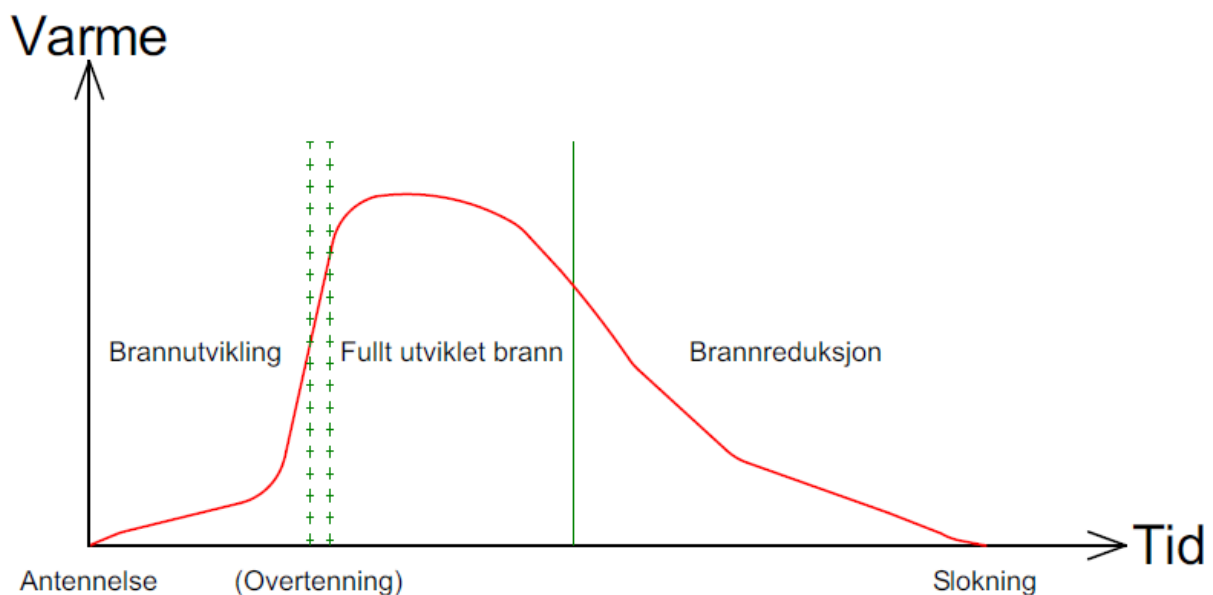
Varmestråling er en definisjon på overførsel av varme ved elektromagnetisk ståling. Strålingen overfører sin energi gjennom at elektriske og magnetiske felt beveger seg i bølger med bølgelengde 380 nm til $1 \cdot 10^6$ nm. Dersom to brennbare flater får stråle mot hverandre øker sannsynligheten for brannspredning. Dette er en viktig mekanisme ved brann i hulrom bak ytterkledningen.

Etter hvert som det blir bygd opp et røyklag da varmestrømning (konveksjon) leder de varme gassene opp under himling, vil varmestråling nærmest ha full dominans innenfor brannspredningsmekanismene. Her har temperaturen nådd høye verdier, typisk over 500-600°C, noe som vil gi eksponentielt høy strålingsfluks da temperaturen her er en potens med eksponent opphøyd i fire E. H. Yüa, A. H. Buchanan og C. M. Fleischmann (2006), W.D. Walton og P. H. Thomas (2016).

3.3 Brannforløp

En fullstendig brann gjennomgår tre faser fra antennelses- til sløkningspunktet. Disse fasene utgjør brannforløpet, og de forteller om tendensene og mønsteret brannen følger. Vanligvis kategoriseres branner etter disse fasene, men de kan også bli definert etter hva som er bestemmende for deres videre utvikling. Sett at temperaturen er høy nok, er det tilgangen på oksygen og brensel som styrer denne utviklingen. Dette er grunnlaget for at de kan refereres til som enten brensels- eller ventilasjonsstyrte. Underveis i de ulike fasene vil tilgangen på både brensel og oksygen endres, det vil si at brannrommet sjelden vil stagnere mot eksempelvis kun å være oksygenfattig.

I figur 2 vises et karakteristisk brannforløp med de tre tilhørende fasene; brannutvikling, fullt utviklet brann, og brannreduksjon. Langs x-aksen vises tiden de ulike fasene inntreffer, basert på når hendelser som antennelse, overtenning og sløkning skjer.



Figur 2: Brannforløp

Pyrolyse

Overflater og materialer i nær beliggenhet av en brannsøyle er under påvirkning av høye temperaturer. Hvis disse materialene er organiske vil de ved høy temperaturpåkjenning starte en irreversibel kjemisk spaltningsprosess kalt pyrolyse. Spaltnings- eller dekomponeringsprosessen som den også blir kalt, inntreffer først ved temperaturer på 160-180 °C. For trevirke er det lignin, cellulose og hemicellulose som først nedbrytes. Spaltningsprosessen fram mot 280 °C går veldig sakte, og mesteparten av de frigitte gassene er ikke-brennbare. Disse gassene kan likevel bli antent i form av en pilotantennelse, der det i

tillegg til en varmekilde finnes en sekundær energikilde i form av en flamme eller gnist. Etter hvert som temperaturen i trevirket overskrider 300 °C vil strukturen gradvis brytes ned, og kull formes radig deretter. Med økt temperatur vil en få raskere pyrolyse, noe som øker anteneligheten av stoffene i trevirket (Friquin, 2010).

3.3.1 Brensel- eller ventilasjonsstyrt

Tidlig i brannforløpet blir en brann klassifisert som brenselstyrt, da det er tilgangen på brensel og brenselets egenskaper som er bestemmende for brannens videre utvikling. Etter hvert som brannen vokser, og temperaturen i brannrommet stiger vil spaltningsprosessen skje mye raskere. Da vil det spaltes langt flere stoffer enn hva som kan reagere med oksygen. Dette skjer da det oppbygde røyklaget har stor nok tilbakestråling til å antenne alt brennbart materiale, noe som inntreffer like før brannen er fullt utviklet. Da går brannen over fra å være brenselstyrt til å bli ventilasjonsstyrt, der tilgangen på luft er bestemmende for dens videre utvikling. Unntaket er der romgeometrien og størrelsen på vindusåpningene er veldig forskjellige fra en tradisjonell rombrann. Der kan brannen være brenselstyrt gjennom hele brannforløpet.

Situasjonen ved vindusbrudd

Etter hvert som det oppbygde røyklaget har stor nok tilbakestråling til å antenne alt brennbart overflatemateriale, blir også varmefluksen mot vindusflatene for høy. Dette forårsaker vindusbrudd som vil endre brannsituasjonen fullstendig da brannen får kontakt med utelufta. Nå får brannrommet tilgang på ytterligere oksygen til å kunne forbrenne gasser med, og det blir i tillegg forbrenningsmuligheter på utsiden av bygningen. Frem til vindusbrudd, har flammer og røyk vært avgrenset til innsiden i form av en brenselstyrt brann.

Årsaken til at branner ofte blir ventilasjonsstyrte ved overtenning er at varmefluksen fra røyksjiktet er såpass høy at pyrolyseprosessene nærmest skjer momentant. Det vil dermed uavhengig av vindusbrudd dekomponeres langt flere stoffer enn hva som kan reagere med oksygen. Da går nemlig brannen over fra å være brenselstyrt til å bli ventilasjonsstyrt; et underventilert stadium. Hvis vindusåpningene er veldig store kan det bli mye luftgjennomgang. Varme gasser vil da forlate brannrommet, mens kald luft trenger inn noe som effektivt vil kjøle brannen. Dersom vinduene er store nok kan det oppleves at brannen blir brenselstyrt ved vindusbrudd, men dersom åpningene er

små skjer det ikke før i nedkjølingsfasen (Friquin, 2010) og J. L. Torero (personlig kommunikasjon, 3. februar 2016).

3.3.2 Antennelse

Det hele starter med en antennelse, som betyr starten på en forbrenning. Et stoff kan enten antennes med eller uten noen form for antennelseskilde. Hvis antennelsen skjer ved hjelp av en antennelseskilde kalles det for en pilotantennelse. Her inntreffer antennelsen av de brennbare gassene ved en sekundær energikilde, som for eksempel en flamme, gnist eller elektrisk lysbue. For at en gnist eller flamme skal kunne antenne et stoff må blandingsforholdet mellom uforbrente gasser og luft være over nedre eksplosjonsgrense, slik at gassblandingen er brennbar. Dekomponeringsprosessen for trevirke starter allerede ved 160°C, og her er det overflateområdet som er mest utsatt for antennelse som følge av en gnist. Det er nemlig her blandingsforholdet mellom luft og uforbrente gasser vil være størst, da den ikke har rukket å tyne seg ut enda. W.D. Walton og P. H. Thomas (2016).

Et stoff kan også antennes uten noen form for antennelseskilde, enten i form av en selvantennelse eller en spontanantennelse. Førstnevnte er en form for selvoppvarming der stoffet ikke blir tilført noen varme utenfra. Spontanantennelser derimot inntreffer også uten tennkilde, men her skjer antennelsen ved tilførsel av varme utenfra (KBT, 2007).

3.3.3 Vekstfase

Vekstfasen på en brann er tiden fra det begynner å brenne til overtenning inntreffer. I denne vekst- eller oppbygningsfasen vokser brannen primært som funksjon av brennbart materiale. Tidlig i denne fasen er det som regel alltid tilstrekkelig med både brensel og oksygen, dermed har selve rommet liten innflytelse. Hvis brannrommet er utstyrt med et sprinkleranlegg, vil dette aktiveres innunder denne fasen da temperaturen blir for høy. Dette er gitt at sprinklerhodene ikke er tildekket, eller beskyttet bak himling. Selv om sprinkleranlegget ikke direkte slukker brannen, vil det forhindre at brannrommet overtennes.

Et annet viktig moment som er avgjørende for hvor fort en brann vil nå overtenning, er brenselstypene brannrommet inneholder. Hvilke type brensler det er, egenskapene de besitter, samt konsentrasjonen og plasseringen deres er med på å avgjøre lengden av vekstfasen. Hvis brannen har mulighet til raskt å omfavne store mengder brennbart materiale, har den også ha mulighet til raskt å vokse seg stor W.D. Walton og P. H. Thomas (2016).

3.3.4 Overtenning

Overgangen fra vekstfasen til en fullt utviklet brann kalles for overtenning. Det er likevel slik at denne overgangen kan skje uten at overtenning inntreffer, dermed er ikke overtenning en av brannens faser. For at brannen skal kunne bli fullt utviklet holder det ikke med høy temperatur, og mye brensel, den trenger også oksygen. Dermed kategoriseres en brann som går til overtenning for å ha hatt god tilgang på oksygen.

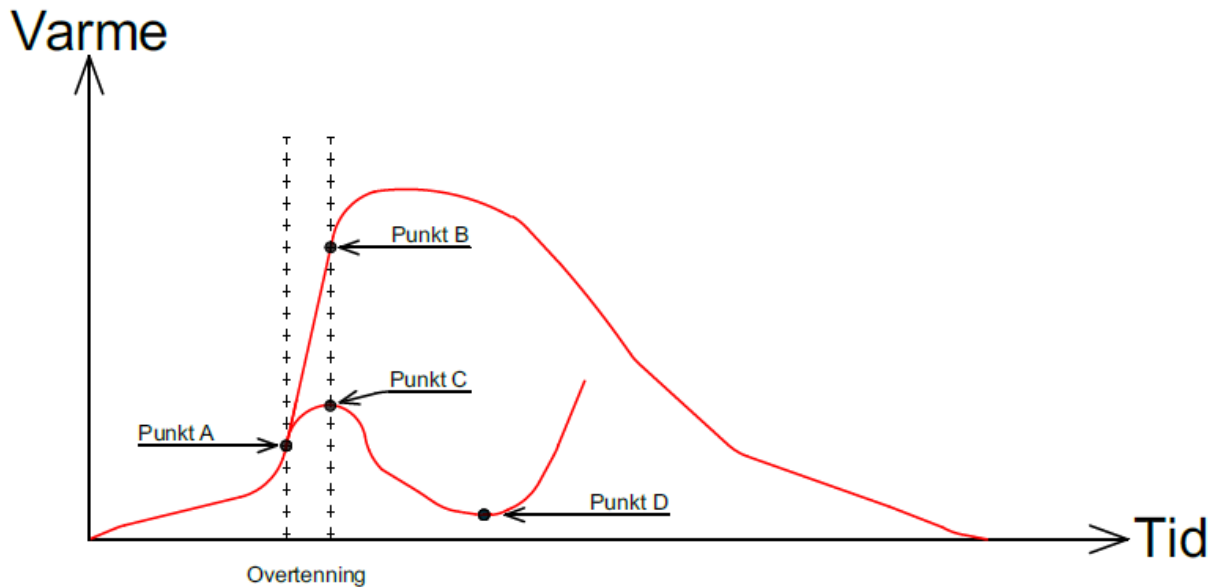
Kjennetegn på at brannen har nådd overtenning er at alt brennbart overflatemateriale i branncellen vil være antent. Dette skyldes at varmestrålingen fra røyklaget til gulvet overskrider en bestemt verdi for eksempel 20kW/m^2 og vil være enda mer intens for mer nærliggende flater. Slike høye varmestrålingsflukser inntreffer først når røyksjiktet nærmer seg temperaturer på $500\text{-}600^\circ\text{C}$. Dette er dermed en kvantitativ måte å karakterisere overtenning på. Uten sensorer og målere må karakteriseringen av overtenning skje på følge av kvalitative forhold. Ett av disse kan være observasjonen av når flammer står ut fra vindus- og ventilasjonsåpningene. W.D. Walton og P. H. Thomas (2016).

3.3.5 Forsinket overtenning – Backdraft

Backdraft kan sammenlignes med en forsinket overtenning, som skyldes en brå re-introduksjon av oksygen inn i en svært oksygenfattig branncelle. Underveis i vekstperioden kan brannen nå et punkt der oksygenivået er for lavt til videre temperaturøkning, men hvor det fremdeles produseres uforbrente brenngasser. En brå re-introduksjon av oksygen skyldes vanligvis at branncellens tynneste sperresjikt; dør eller vindu, blir åpnet eller knust. Når luft blir introdusert i en brann som har pågått med begrenset tilgang på oksygen, vil oksygentilførelsen medføre en veldig rask forbrenning av uforbrente gasser. Den hurtige volumøkningen av branngassene gir en eksplosjon som kan presse flammer langt ut av brannrommet, enkelte ganger i form av en ildkule.

Fenomenet backdraft kan forklares med figur 3. Ved overtenning vil brannforløpet følge brattest varmevekstkurve; fra punkt A til B. Hvis oksygenivået er for lavt til videre temperaturøkning vil varmeveksten stagnere, og brannforløpet vil da følge retningen fra punkt A til C. Punkt D viser til når brannrommet får en brå re-introduksjonen av oksygen, og forbrenningsprosessene starter igjen for

fullt. For at en forsinket overttenning skal kunne inntreffe må romtemperaturen være høy nok til å kunne antenne materialene i rommet.



Figur 3: Forsinket overttenning

Backdraft blir ofte sammenlignet med en branngasseksplisjon, noe som kan skape forvirring. I forkant av begge hendelsene produseres det store mengder uforbrente røykgasser, som følge av utilstrekkelig tilgang på oksygen. Felles er at disse røykgassene forbrennes, men en branngasseksplisjon inntreffer ikke som følge av at brannen introduseres for oksygen.

Branngasseksplisjoner inntreffer vanligvis i brannens nærliggende rom der det allerede er rikelig med oksygen, mens en backdraft skjer i selve brannrommet. Det som skjer er at brannrommet ikke alltid er ordentlig tett, dermed vil uforbrente gasser kunne lekke til naborommene. Vanligvis er disse utetthetene i størrelsesorden gass- ikke flammegjennomtrengning. Dette medfører at de uforbrente gassene fortsetter å blande seg med luften i naboværelset, selv etter innblanding av en tennekilde. Eksempel på en tennekilde kan være en stikkflamme fra brannrommet. Hvis blandingsforholdet ligger mellom nedre og øvre eksplosjonsgrense, altså verken under- eller overmettet av gass, er det fare for eksplosjon.

For personer som oppholder seg på innsiden eller i nærheten av en bygningen i brann, vil en backdraft eller branngasseksplisjon være svært alvorlig. Det skapes en enorm trykkoppbygning som kan medføre kraftige deformasjoner på bygningskonstruksjonen. Dette kan medføre lokal kollaps, og rask brannspredning da sperresjikt sprenges opp.

3.3.6 Fullt utviklet brann

Når brannen har blitt stor nok til å involvere alt brennbart overflatemateriale i brannrommet defineres den som fullt utviklet. Ved dette tidspunktet kan ikke brannen bli større uten at den sprer seg til andre rom. Det er i denne fasen varmeavgivelsesraten er høyest, noe som gjør at forbruket av brennbart materiale er svært stort. For store og åpne rom kan varigheten på denne fasen være mange timer. Lokalt brenner det gjerne bare 15 minutter, men deretter beveger brannen seg langsgående gjennom bygningen til det ikke lengre er brennbare materialer igjen. Det er ved fullt utviklet brann motstandstiden til bygningsdeler blir testet. Bygningsdelene skal nemlig kunne motstå brannpåvirkning innenfor en gitt tidsramme når brannen er på sitt største.

3.3.7 Nedkjølingsfasen

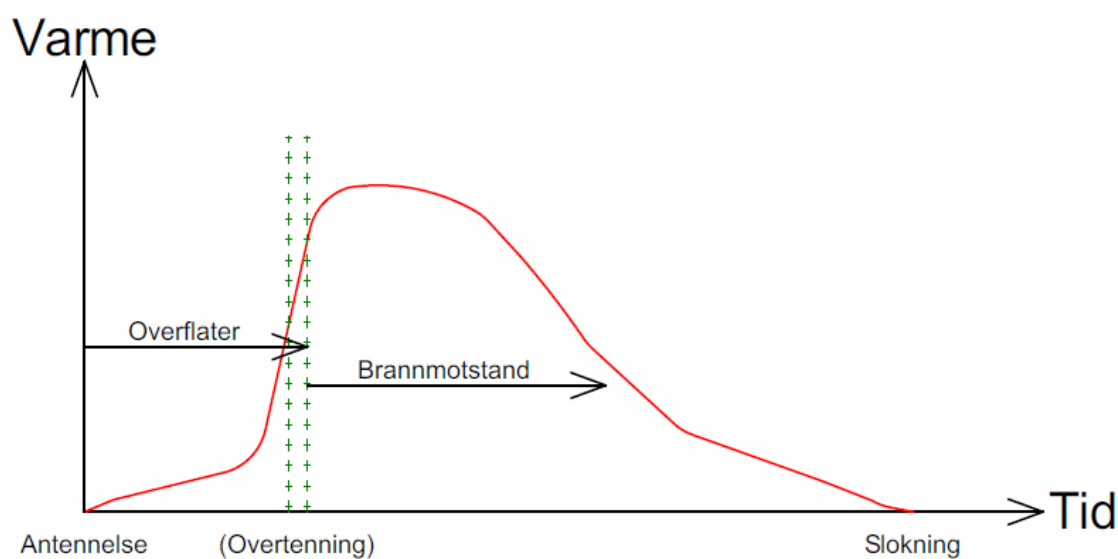
Etter en stund vil nesten alt materiale være brent opp, og brannen vil minske i omfang. Dette skjer med mindre brannen sprer seg til nærliggende rom, og opplever en ny vekstfase. Nedkjølings- eller utbrenningsfasen er brannen siste fase, og den gjenkjennes ved at varmeavgivelsesraten synker. Her kan ofte en brann gå fra ventilasjonsstyrt til brenselstyrt igjen.

3.4 Brannklassifisering

3.4.1 Bakgrunn

Det finnes to typer brannklassifisering; materialers egenskaper ved brannpåvirkning, og brannmotstand. Førstnevnte velges på bakgrunn av en rekke parametere som er avgjørende tidlig i et brannforløp. Disse parameterne er blant annet avgjørende for om en får antennelse, hvor fort brannen sprer seg til nye flater og gjenstander, samt hvor fort overtenning vil inntreffe. Brannmotstand derimot, velges på bakgrunn av en bygningsdels brannbeskyttende evne med hensyn på isolasjon, integritet og bæreevne. Disse tre kriteriene i samsvar med faktorer som reduserer tverrsnittet utgjør den totale brannmotstanden for en bygningsdel.

Kjent fra kapittel 3.3 gjennomgår en brann flere faser fra den antennes til den har sløket. Figur 4 viser eksempel på et brannforløp med rolig brannutvikling. Her kan en se at materialers egenskaper ved brannpåvirkning har stor innflytelse tidlig i brannforløpet, vist med benevnelsen «overflater». Det er først når brannen er fullt utviklet at bygningselementene blir klassifisert etter brannmotstand. Denne klassifiseringen tilsier minimumstiden en bygningsdel skal opprettholde sine vesentlige funksjoner. Minimumstiden kalles også for motstandstid, ettersom bygningdelen skal motstå brannpåkjenning når brannen er på sitt største. Det vil si at om en vegg er brannpåvirket underveis i vekstfasen, skal den fortsatt kunne motstå brannpåkjenning gjennom hele motstandstiden når brannen er fullt utviklet (DiBK, 2014).



Figur 4: Brannklassifiseringens innflytelse på brannforløpet

3.4.2 Materialers egenskaper ved brannpåvirkning

Parameterne som ligger til grunne for klassifiseringen av materialers egenskaper ved brannpåvirkning er: Antennelighet, forbrenningsvarme, varmeavgivelse, flammespredningsevne, røykproduksjon, giftighet av røykgassene og brennende dråper. Alle disse egenskapene kan finnes ved branntesting, noe som er standardisert i dag, men som har endret seg stort gjennom tidene.

Situasjonen på 1900-tallet

Utviklingen av branntestingsmetoder spores tilbake til tidlig 1900-tallet. På den tiden var testene primært basert på empiriske data, og evalueringer fra resultater av tidligere branner. Rundt om i Europa fantes det mange forskjellige testmetoder, noe som betyr at det samme produktet ble klassifisert med ulike materialeegenskaper. Resultatene av disse testene var ikke sammenlignbare i det hele tatt, da observasjonene og testmetodene var veldig forskjellige. Det foregikk allikevel byttehandel av en rekke produkter mellom landegrensene, da denne informasjonen ikke var kjent J.I.B. Knarud (personlig kommunikasjon, 27. mars 2015).

Rundt år 1940 begynte en å se fremgang i testmetodene, men korrelasjonen mellom laboratoriene var fremdeles veldig dårlig. Den dårlige korrelasjonen skapte grobunn for et internasjonalt samarbeid. I London, år 1946, samlet det seg en gruppe mennesker fra 25 land for å diskutere fremtiden av internasjonal standardisering. Året etter begynte ISO (International Organization of Standardisation) offisielt å eksistere, med hensikt å utvikle felles testmetoder og klassifiseringsbestemmelser for alle de involverte landene. ISO hadde på den tid 67 komiteer innen tekniske fag, hvorav hver komite var en gruppe eksperter som fokuserte på ett spesifikt tema. Den første standarden ISO utgav kom i år 1951, men har siden den gang blitt oppdatert og revidert flere ganger. Samarbeidet ISO lykkes, og eksisterer per i dag med samme navn, men med langt flere medlemmer fra hele 161 ulike land. Fra år 1970 nådde utviklingen nye høyder, og testene ble langt mer troverdige. Dette skyldes at forståelsen for brannfysikk og -utvikling økte, samt at testene ble finjustert mot den nye informasjonen. J.I.B. Knarud (personlig kommunikasjon, 27. mars 2015) og (Kuert og Maréchal, 2012).

Dagens testmetoder

I dag finnes det tre standardiserte testmetoder for å avgjøre materialets egenskaper ved brannpåvirkning, hvorav kun to kan brukes for å gi endelig klassifiseringsbekreftelse. Gyldig klassifisering kan fås ved bruk av testene; room corner (RC) eller single burning item (SBI). Begge disse testene er kostbare å utføre, da materialene skal testes i stor skala, i egnet laboratorium av sertifiserte personer. Utgangspunktet for begge testene er en indeks som angir hastigheten for brannutvikling kalt FIGRA (Fire Growth Rate). Tankene med å basere klassifiseringen på denne indeksen, er at en stor brann er farligere enn en liten brann, og en raskt voksende brann er farligere enn en tregt voksende brann.

Etter at materialene har gjennomgått RC eller SBI testen klassifiseres de etter euro- og tilleggsklasse. Euroklassen forteller om materialets bidrag til brannutvikling gjennom en bokstavkarakter fra A til F, hvor A er best. Tilleggsklassene forteller om mengden røyk og brennende dråper som avgis av materialet under en brannprøving. Giftigheten av røykgassene er også en viktig faktor, men den blir hovedsakelig beskrevet, ikke inkludert i selve klassifiseringen (DiBK, 2014).

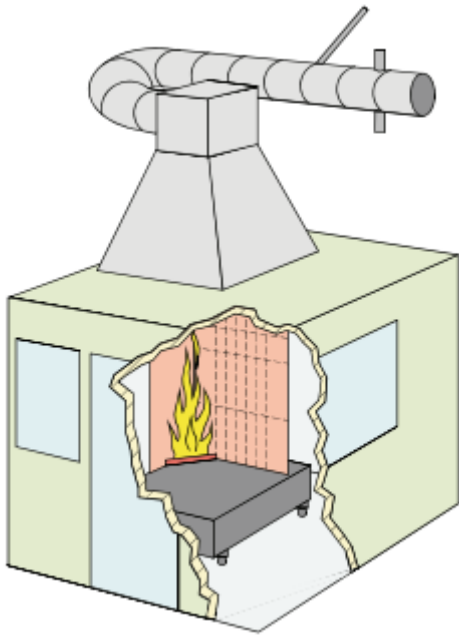
Både RC og SBI testen tar utgangspunkt i FIGRA-indeksen, men grenselinjene mellom euroklassene er veldig forskjellige. Dette skyldes at testene tar utgangspunkt i forskjellige deler av brannforløpet, noe som kommer frem i de påfølgende avsnitt; beskrivelsen av testprosedyrene.

Single burning item (SBI) – testen

Denne testen ble utviklet sent på 1990-tallet, og kan teste produkter av mellomstor størrelse. Hvert prøveeksemplar består av to teststykker på henholdsvis 0,5 x 1,5 [m] og 1,0 x 1,5 [m] som monteres fast i et hjørne. I hjørnet utsettes de for en tennkilde i form av en gassbrenner. Varmeavgivelsen fra denne gassbrenneren er 30 kW, og denne påkjenningen er vedvarende gjennom hele testens lengde på 20 minutter (Sundström, 1999).

I SBI-testen foregår det en direkte måling av varmeavgivelses- og røykproduksjonsraten, noe som gir innsikt i brannveksten og lysdempingsarealet som følge av valgt produkt. Brannvekstegenenskapene og forekomsten av brennende dråper kan også observeres gjennom denne testen. Like over prøveeksemplaret installeres en avtrekkskanal som forhindrer oppbygningen av et røyksjikt, dermed vil aldri brannen nå overtenningsstadiet. Avtrekkskanalen er utrustet med sensorer og måleapparater,

slik at strømnings- og gassmålinger kan bli foretatt. Denne testen skal simulere en liten brann i hjørnet av en bygning med veggoppbygning av valgt produkt (Exova, 2016).



Figur 5: Single Burning Item test, 1999

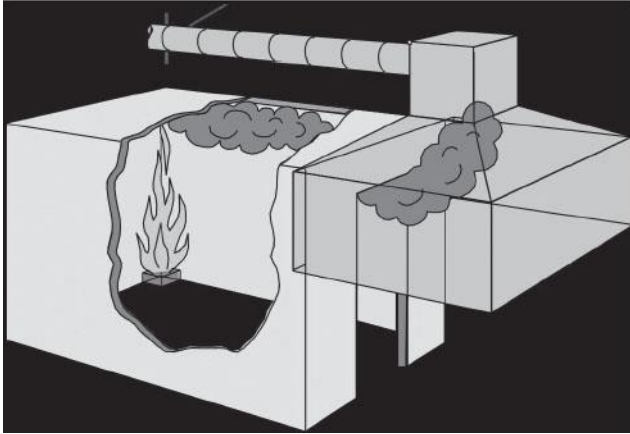
Room corner (RC) – testen

Denne testen er noe eldre enn SBI-testen, og har sin opprinnelse fra 1982, da ASTM (A standard development organization) foreslo en ny branntestingsmetode. I likhet med SBI-testen blir det gjennomført en direkte måling av varmeavgivelses- og røykproduksjonsraten, men denne testen er i storskala til sammenligning. Brann testen foregår i en branncelle med innvendige mål 2,4 x 3,4 x 2,4 [m] (b x l x h), hvor himlingen og de tre innerste veggene kles med testproduktet som skal klassifiseres.

Antenningskilden er også her en gassbrenner, som plasseres i en av de bakre hjørnene, men den har noe høyere varmeavgivelse. Gassbrenneren starter med en varmeavgivelse på 100 kW i de første 10 minuttene, deretter stiger den til 300 kW de siste 10 minuttene. Disse spesifikke nivåene av varmeavgivelse er ment for å utsette testproduktet for en brannpåkjenning som er nær reelle forhold. 100 kW tilsvarer maksimal varmeavgivelse som følge av antennelse i en stor papirkurv, mens 300 kW skal simulere antennelse i en liten polstret stol (Sundström, 1999) og J.I.B. Knarud (personlig kommunikasjon, 27. mars 2015).

Til motsetning fra SBI-testen monteres avtrekkskanalen på utsiden av branncellen, dermed vil det her bygges opp en røyklag som gir stor tilbakestråling. Døråpningen starter hele 0,4 m under himling, noe

som gir røyksjiktet anledning til å trekke seg nedover slik at intensiteten på varmestrålingen øker. Testproduktet utsettes for branneksponeering i 20 minutter eller frem til overtenning inntreffer (Sundström, 1999).



Figur 6: Room Corner test, 2009

3.4.3 De ulike egenskapene

Antennelighet, varmeavgivelse og forbrenningsvarme

Egenskapen antennelighet er et mål på hvor lett et prøvelegeme kan antennes av en ekstern varmekilde under angitte prøvingsbetingelser. Varmeavgivelse forteller om evnen et materiale har til å avgi varme under en forbrenning. Forbrenningsvarmen er en egenskap for varmemengden per materialenhet [MJ/kg] som frigjøres ved forbrenning av et materiale.

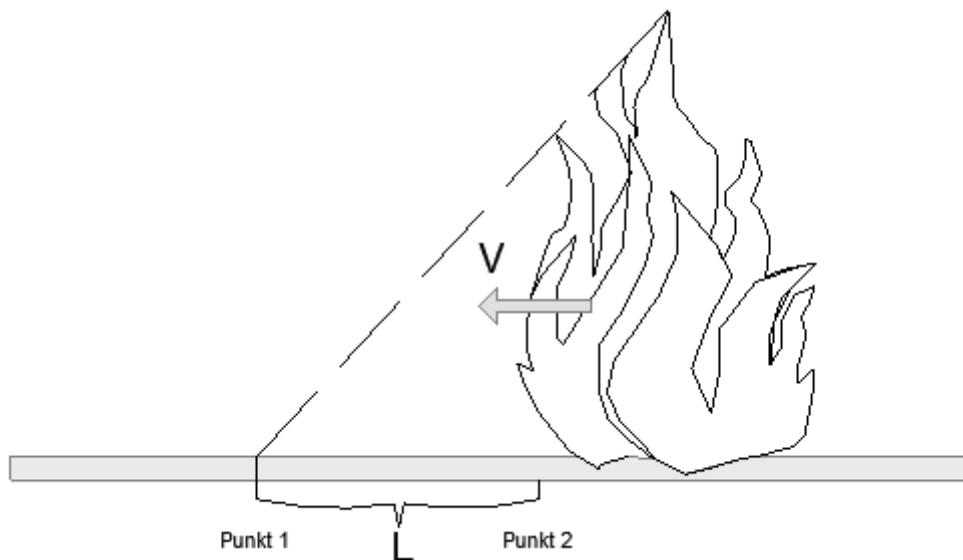
Flammespredningsevne

Flammespredningsevnen er evnen et materiale har til å spre en flammefront. Sprednings- eller forplantningsevnen til flammene avhenger mye av helningen på flaten som brenner. Med en helt vannrett flate vil det strømme til luft fra alle kanter, og brannen vil oppføre seg som en tradisjonell utendørs brann. Her er det hovedsakelig varmestrålingsfluks fra brannen som vil varme området rundt brannen til antennelse. Varmestråling vil virke i området rundt hele brannen, dermed kan flammespredning skje både med eller mot retningen på en luftstrøm.

Straks helningen begynner å stige, vil kun begrensende mengder luft kunne strømme inn fra den øvrige siden. Dette medfører at luftstrømningen fra undersiden blir dominant, og får evnen til presse flammene ned mot den skrånede flaten. Når brannsøylen presses nedover vil varmefluksen bli mer intens som følge av redusert avstand, og flaten vil antennes raskere. Selv om flammespredning

hovedsakelig skjer som følge av varmestråling, vil også varmeledning og konveksjon spille en rolle. Varmeledning har for eksempel stor påvirkningsgrad ved brannspredning nedover for en vertikal flate. Dette kan være ved brann ut av vindu, der de naturlige oppdriftskreftene leder flammene oppover. Da blir det begrensende varmeflukser mot underliggende flater, og brannspredningen skjer da hovedsakelig som varmeledning.

Vanligvis klassifiseres flammespredningsevnen etter hvor lang tid det tar for brannen å varme opp sideliggende område nok til at den spres dit. Dette kan vises med en simpel figur der flammespredningsevnen er hvorvidt flammen kan spres fra punkt 1 til punkt 2, og hvor enkelt dette gjøres. Da kan det for eksempel regnes på tiden det tar for flammen å bevege seg denne distansen. Denne tiden kalles «tid for antennelse» og har benevnelse t_{ig} .



Figur 7: Flammespredningsevne

Brennende dråper

Brennende dråper er smeltet materiale som kan bli avgitt fra et brennende objekt, og som fortsetter å flamme på stedet det faller. Produkter og overflatematerialer blir testet, og det registreres hvor mange brennende dråper som blir avgitt. Deretter klassifiseres bygningsdelen eller produktet inn i d0, d1 eller d2, etter hvilke kriterier de oppfyller gjennom testens første 10 minutter. Klassifiseringen d0 tilsier at det ikke skal avgis noen flammende dråper/partikler. For d1 skal ingen flammende dråper/partikler være lengre enn 10 sek. Hvis et materiale eller produkt overskrider kriteriet for d1, eller hvis det er utestet, vil det få klassifiseringen d2 (VTT, 2016).

Røykproduksjon

Røykproduksjon forteller om mengden røyk et produkt eller en overflate produserer i en brann eller en brannprøving. Utgangspunktet for denne klassifiseringen er en indeks som angir hastigheten for røykutvikling kalt SMOGRA (Smoke Growth Rate), og total røykproduksjon kalt TSP600s (Total Smoke Production). Både SBI og RC testen kan benyttes for å måle disse egenskapene, og de er grunnlaget for klassifiseringen produktet får som følge av røykproduksjon. Bygningsdelen eller produktet oppnår enten kriteriet s1, s2 eller s3, hvor s1 har de strengeste kravene. Vurderingen skjer på basis av fastgitte grenselinjer, der produktet går ned en tallklasse hvis det overskrider en av disse. Produkter som ikke er testet vil automatisk få klassifiseringen s3. For SBI-testen er grenselinjene som følger (VTT, 2016):

Tabell 1 – SMOGRA verdier.

s1	$SMOGRA \leq 30 \frac{m^2}{s^2}$	$TSP600s \leq 50 m^2$
s2	$SMOGRA \leq 180 \frac{m^2}{s^2}$	$TSP600s \leq 200 m^2$
s3	ikke s1 eller s2	ikke s1 eller s2

Giftighet av røykgassene

Alle materialer som forbrennes vil produsere gasser, uavhengig av om de er organisk eller syntetisk framstilt. Eksempelvis ved forbrenning av polyvinylklorid (PVC) vil det fremkomme gasser som; karbonmonoksid (CO), karbondioksid (CO₂), vann (H₂O) og saltsyre (HCl). Gasser som frigis under forbrenning kan deles inn i en av to grupper; narkotiske eller irriterende gasser. Narkotiske røykgasser er gasser som forårsaker nedsatt bevissthet (narkose), samt død på grunn av kvelning. Eksempler på narkotiske gasser er; CO, CO₂ og hydrogencyanid (HCN). Irriterende røykgasser forårsaker ofte får vanskeligheter med rømning, da offeret får virkninger på øyer, luftveier og sinn. Eksempler på irriterende gasser er; hydrogenklorid (HCl), ammoniakk (NH₃), svoveldioksid (SO₂) og nitrogenoksider (NO_x) J.I.B. Knarud (personlig kommunikasjon, 26. februar 2015 og (Reitan, Mikaelson og Andersson, 2014).

Ved forbrenning av materialer er det vanskelig å fastsette giftigheten av produserte gasser da komposisjonen av disse vil endres kontinuerlig. Dette skyldes at det produseres ulike

gasskombinasjoner avhengig av forbrenningstemperaturen, som vil variere stort gjennom et brannforløp.

Giftige gasser deles inn i tre kategorier; kategori 1, kategori 2 eller kategori 3, der kategori 3 har høyest konsentrasjon og er mest giftig. Selve giftigheten måles i enhet per million volumbasert (ppmV) eller enhet per million (ppm), der forsøksdyrene har en dødelighet på 50 % som følge av konsentrasjonene på kjemikaliene i lufta (CCOHS, 2016).

De giftige gassene kategoriseres som følger (Lovdata, 2009):

Giftig gass, kategori 1 er der $LC_{50} \leq 100$ ppmV

Giftig gass, kategori 2 er der $100 < LC_{50} \leq 500$ ppmV

Giftig gass, kategori 3 er der $500 < LC_{50} \leq 2500$ ppmV

Denne kategoriseringsmetoden kompliseres ved at mange giftige gasser inntreffer samtidig, noe som kan gi forskjellig påvirkning enn enkeltpåvirkningen en gass ville ha hatt. Dette skyldes at gasser kan ha en synergisk effekt som forårsaker en gjensidig forsterkning gjennom å virke samtidig. I tillegg er det veldig vanskelig og tidkrevende å fastsette alle stoffer som dannes i løpet av ufullstendig forbrenning av et materiale J.I.B. Knarud (personlig kommunikasjon, 26. februar 2015)

Mennesker reagerer ulikt på forbrenningsgasser, ofte kan reaksjonene knyttes til en eller flere av disse faktorene: Røykgassens giftighet, nedsatt siktbarhet og varmpåkjenning.

3.4.4 Brannmotstand

Brannmotstand er den andre formen for brannklassifisering, hvor hensikten er å finne den brannbeskyttende evnen en konstruksjon har. Følgende konstruksjoner kan testes for brannmotstand: Brannskiller, dører og vinduer, bygningselementer, verdiskap og gjennomføringer. Til gjennomføring av testen kreves en stor ovn som kan teste produktet slik det skal brukes. Dette innebærer å kunne varme både vertikale og horisontale bygningsdeler, en søyle fra alle sider, vegger fra begge sider, og bjelker fra tre sider. Der skillekonstruksjoner bare krever brannmotstand fra én side, skal kun den utsatte siden bli testet.

Jamfør NS-EN 1363-1:2012 s. 10-11 skal testobjektet oppføres på samme måte som det tenkes brukt for i etterkant. Det betyr at oppbygningen, innfestningsmetoden, lagdelingen og orienteringen må stemme overens med ferdig løsning. Hvis bygningsdelene testes i fullskala er sjelden dette et problem. Temperaturen i ovnen er bestemt på bakgrunn av en standard tid-temperaturkurve, slik at påvirkningen testobjektet får skal simulere en fullt utviklet brann i en branncelle.

Brannbeskyttende evne

Etter testingen oppnår bygningsdelen en klassifisering for brannbeskyttende evne som består av en eller flere kriterier. Alle disse kriteriene etterfølges av en motstandstid i minutter, som tilsvarer minimumstid bygningsdelen skal opprettholde sine vesentlige funksjoner. Hvert kriterium har en egen klassifiseringsbetegnelse som brukes for å beskrive bygningsdelen, og disse kan kombineres om en annen. Eksempelvis kan en dør ha krav til både integritet og varmeisolasjonsevne i 30 minutter, og klassifiseres da som EI 30.

Isolasjon - I

Klassifiseringsbetegnelsen I angir en bygningsdels varmeisolasjonsevne, og den forteller om evnen en bygningsdel har til å motstå temperaturøkning på ueksponert side av brannen. Dette kriteriet har sin opprinnelse fra tidlig 1900-tall og gjelder både for gjennomsnittlig og maksimal temperaturøkning av brannvegger. Det vil si at om ueksponert side oppnår en gjennomsnittlig eller maksimal temperaturøkning på henholdsvis 140 og 180 °C innen motstandstiden, oppfylles ikke dette brannkriteriet. Hensikten med disse temperaturkriteriene er å unngå at brannen overføres til ikke-eksponert side som følge av varmeledning. Ved høye temperaturer i naboværelset til en brann kan lettantennelige eller normalt antennelige materialer (papir og trevirke) nær veggen ta fyr.

Dagens regelverkskriterier følger dette systemet, til tross for at det har blitt kritisert fra ulike hold. V. Babrauskas gjennomførte i 2009 et litteraturstudie der han vurderte kriteriene til isolasjonskravet. I denne rapporten foreslås det at gjennomsnittlig temperaturmåling ikke burde anvendes. Dagens maksimumskriterium på 180°C påpekes også for å være altfor konservativt, med mindre naboværelsene besitter en eksplosjonsfare. Det foreslås at 400°C heller burde gjelde som nytt maksimumskriterium for temperatur. Videre poengteres det at kriteriene burde gjelde for den faktisk målte temperaturen, fremfor temperaturøkningen Hansen et al. (2014) og (Babrauskas, 2009).

Integritet - E

Klassifiseringsbetegnelsen E angir en bygningsdels integritet. Med integritet menes at ingen røyk eller flammer skal penetrere bygningsdelen innenfor en motstandstid. Hvis en bygningsdel slipper gjennom røyk eller flammer på ikke-eksponert side innenfor motstandstiden, opprettholder den ikke kravet til integritet. Svikt på integritetskriteriet kan medføre økt brannspredning, og vanskeligere rømningsforhold. I tillegg kan det ved enkelte tilfeller danne grunnlag for en branngasseksplasjon med katastrofale følger, som nevnt i underkapittel 3.3.5.

Bæreevne – R

Klassifiseringsbetegnelsen R angir en bygningsdels bæreevne ved brann. Bæreevnen forteller om bygningsdelens evne til å motstå brannpåkjenning på én eller flere sider i en motstandstid. Denne motstandstiden er sikkerhetsnettet før bygningsdelen minster nødvendig stabilitet og bæreevne, når den samtidig er påført en mekanisk last.

Mekanisk motstandsevne – M

Klassifiseringsbetegnelsen M angir en bygningsdels mekaniske motstandsevne etter brannpåkjenning i en gitt tid. Den mekaniske motstandsevnen skal forsikre seg om at bygningsdelen holder seg stabil og oppreist ved ytre påførte laster. Dette innebærer hovedsakelig trykklast, men kan også gjelde for strekk der bygningsdelen blir forsøkt nedrevet ved kollaps av andre komponenter. Trykklast kan være både i form av tunge støt eller tynne punktlaster. For eksempel ved støt fra andre bygningsdeler som søyler og vegger med påfølgende penetreringer av armeringsjern.

3.5 Vinduer

Arkitekter er veldig opptatte av helhetsinntrykket på bygningen de tegner, og vindusvalg er dermed en sentral brikke i utformingen av bygningens utvendige ansikt. Det vies mye tid til å dekke ulike behov for de fremtidige brukerne. Behovene kan blant annet være tilgjengeligheten på daglys og solvarme, samt utluftings-, og utsynsmulighetene. En rekke forhold, deriblant akustiske, bygnings- og branntekniske, blir direkte påvirket av plasseringen, størrelsen og egenskapene på vinduene.

3.5.1 Mange valg

Vinduer finnes i all verdens former og fasonger, med ulike farger, nyanser og egenskaper. Opprinnelig er vinduets funksjon å slippe inn daglys, gi fri gjennomsikt, og muliggjøre åpning for friskluft. Vinduer kan også anlegges som alternative rømningsveier. Dette kan være en rimelig løsning sammenlignet med kostnadene for ett ekstra trapperom. Velges de riktige vindustypene for den aktuelle bygningen, vil brukerne på best mulig måte få benyttet de positive bidragene fra sola og himmelen. Besparelser i form av energi til oppvarming og nedkjøling, eller pærer til kunstig lys, er positive effekter av gode vindusvalg. Effekter som ikke er like heldige er at vinduer vanligvis er en bygningens svakeste punkt med tanke på brannmotstand og varmetap (Pilkington, 2015).

3.5.2 Eksponeringsretning

Glassflater involvert i en brann kan oppleve to distinktive typer termisk påkjenning. Den ene er når et vindu eksponeres for en utvendig brann, ved for eksempel brann i nær bebyggelse eller vegetasjon. I slike tilfeller oppvarmes glasset primært som følge av varmestråling, da slike branner sjeldent medfører direkte flammeeksponering av veggflaten. Branneeksponering utenfra gir en relativt lik påkjenning over hele vinduet. En annen form for utvendig branneeksponering er der brannårsaken er skyldes direkte flammeeksponering. Dette kan eksempelvis forekomme som følge av varme arbeider like ved ytterveggen, der det utvikles til brann. Innvendig vil glassflaten hovedsakelig utsettes for varmestråling fra et oppbygd røyksjikt.

3.5.1 Glasstyper

Opp gjennom tidene har det blitt produsert glass på mange ulike måter, men i 1952 ble en oppfunnet en ny måte å fremstille glass på, og den tok verden med storm. Alastair Pilkington var oppfinneren av et såkalt «floatglass», som i dag gjenkjennes som ordinært eller vanlig glass (Pilkington, 2016).

Det er vanlig å skille mellom to glasstyper; floatglass og sikkerhetsglass, hvorav egenskapene og kvalitetene er nokså forskjellige. Enkelte av egenskapene komplimenterer hverandre, noe som gjør at løsninger med ulike glasstyper fungerer veldig bra. Blant typene sikkerhetsglass finnes det varmeforsterket glass, herdet glass og laminert glass. Glasstypen i et laminert glass er ikke unikt, da det i grunnen består av de overnevnte glasstypene. Denne typen glass får først navnet sitt når det benyttes to glassplater som blir limt sammen av en mellomliggende lag av polyvinylbutyrat (PVB).

Varmeforsterket og herdet glass skiller seg fra floatglass ved at de er langt mer motstandsdyktige mot tunge støt. Dette kan være støt fra kroppskontakt for eksempel ved albue, knyttneve eller skulder. Her oppnår varmeforsterket glass omtrentlig 2,5 ganger motstandsevnen til floatglass, mens herdet glass er oppe i 5 ganger. Der sikkerhetsglassene kommer i kontakt med spisse gjenstander, er de like svake som et floatglass.

Produksjonsprosessen

Uavhengig av glasstype er produksjonsprosessen veldig lik. Glass er laget av smeltet silisiumdioksid, tidligere kalt silika, og finnes naturlig ute i naturen som sand. Det kreves temperaturer oppimot 1700°C for å starte smelteprosessen. Dette er ikke reelle temperaturer selv i en rombrann, da mye av varmen forsvinner ut av vindusåpningene (Jelle, 2016).

For å muliggjøre smelting ved lavere temperaturer tilsettes natriumkarbonat (soda aske). Avhengig av tilsetningsmengden reduserer soda asken smeltepunktet til omtrentlig 800°C. Natriumkarbonat og silika smeltet alene vil ikke gi et funksjonelt glass, da det vil mangle stabilitet, og i tillegg være løselig i vann. For å unngå et vannløselig glass tilsettes kalk som stabiliserer prosessen. En typisk glasskomposisjon vil være 65 % sand, 20 % natriumkarbonat og 15 % kalk (Jelle, 2016).

Herdet og varmebehandlet glass, er glass som ved varmebehandling eller kjemisk behandling får økt sin mekaniske styrke og varmebestandighet. Herdebehandlingen sørger for trykkspenninger i overflatesjiktene og strekkspenninger i midtsjiktet. Dette gir sikkerhetsglassene forbedrede egenskaper. De ulike glasstypene har veldig forskjellig nedkjølingsprosesser, noe som effektivt bidrar til forskjell i

egenskaper. Varmebehandlet og herdet glass fremstilles ved at floatglasset varmes til rundt 650°C, og deretter bråkjøles. Overflatesjiktene er de første som stivner, og når midtsjiktet blir avkjølt og krymper oppstår de indre spenningene (Jelle, 2016).

3.6 Sval- og altanganger

Dette er en form for atkomstvei over bakkeplan som finnes for mange bygninger i Norge. Disse atkomstveiene har mange fordeler, men det også noen uheldige sider ved en slik konstruksjon. Å benytte sval- eller altangang som atkomstvei for leiligheter eller hybler er en veldig rimelig måte å oppnå tilgjengelighet for alle de beboende på. Slike atkomstveier kan være veldig kostnadseffektive, da de krever minimalt med vedlikehold. I tillegg er de langt rimeligere å innføre enn innvendige trapperom med tilhørende korridorer.

3.6.1 Begrense vertikal brannspredning

En fordel er at de kan forhindre rask spredning til øvrige etasjer, men det er på bekostning av brannspredning horisontalt. Brannsøylen ut fra en vindusåpning opptrer vanligvis som en åpen brann som hovedsakelig styres av termisk oppdriftskraft og vind. Utkragningen fra sval- eller altangangen fungerer som en geometrisk interaksjon som fysisk hindrer flammene og brenngassene å passere. Brannsøylen tvinges i retningen av minst motstand, noe som vil være utover og sidelengs. Med gode prosjekterte løsninger kan denne brannsøylen tilnærmet tvinges utover, ved å ha en skråning oppover fra vegglivet.

3.6.2 Allsidige rømningsmuligheter

Sval- og altanganger kan være en rimelig løsning for rømningsvei. Disse tillater umiddelbar rømning ut til det fri fra egen hushold, til motsetning fra løsninger innendørs. Innvendige trapperom og korridorer er mye dyrere både i investering og i vedlikehold. Det kan også hende at disse fylles med røyk ved dårlig planlagte ventilasjonsløsninger. Ett eksempel på dette er der trapperommet dimensjoneres med undertrykk, da vil røygasser forsøke å trenge seg inn dit via overstrømning. I slike tilfeller er spalter mellom dør og karm vanlige lekkasjepunkt.

Hvor effektiv en sval- eller altangang er til rømning vil avhenge av antall nedgangspartier. Begrenses antall personer som må bruke samme nedgangsparti vil rømningen bli langt mer effektiv, men det

skjer på bekostning av vinduene i underetasjen. Sval- og altanganger med mange nedgangspartier skjermer for tilgangen til naturlig dag- og sollys.

Hvis tilgangen på disse tilskuddene begrenses vil besparelser i form av oppvarming og kunstig belysning ikke være like signifikante. Tilretteleggelse med mange nedgangspartier er i tillegg veldig plasskrevende, og kan ta opp unødig plass som kunne vært brukt til andre formål, som for eksempel parkering eller grøntareal. Hvis sval- eller altangangen tenkes brukt til rømningsvei, stilles det langt strengere krav til overflater og bestanddeler på selve gangen og på tilgrensende elementer.

3.6.3 Akustiske forhold

Sval- og altanganger kan by på en rekke problemer på teknisk, funksjonelt eller estetisk plan. Akustiske vanskeligheter er ofte et ledende problem, men brannsikkerhet, innsyn og andre forhold spiller også inn.

Leilighetene trenger gode planløsninger for å kunne bevare akseptable lydforhold for de beboende. Dette innebærer at fasaden mot sval- eller altangang hovedsakelig bør bestå av sekundære rom som bad, bod, entré osv. Det kan gjøres unntak der det innføres mange trappenedganger slik at fremmedtrafikken ikke blir problematisk. Fremmedtrafikk kan gi akustiske problemer både ved luftlyd, trinnlyd og flanketransmisjon. Trinnlyd blir først et problem der gangene er trukket inn i fasaden, men dette er en vanlig løsning da det gir bedre daglysforhold for underliggende rom. Slik slipper en et overhengende dekke med permanent skjerming, nå er dette bare et problem ved trappenedgangene.

Det kan komme ekstra luftlydsstøy for sval- og altanganger som følge av at personer prater, dersom det er vinduer i den retningen. Hvis det finnes mange trappenedganger eller er installert lydisolerende vinduer vil ikke luftlydsstøy være et stort problem. Flanketransmisjon er likevel oftest den største kilden til støy i forbindelse med sval- og altanganger. Denne formen for uønsket lyd er vanskelig å skjerme seg fra da den brer seg gjennom bygningen via vibrasjoner. Sval- og altanganger utformet med gittertrinn av stål er ekstra utsatte for dette da de enkelt settes i sving, noe som kan medføre kraftig lydoverføring.

3.6.4 Estetikk og innsynsproblematikk

Et annet vanlig problem med inngangsparti over bakkeplan er innsyn fra forbipasserende. Selv ved sekundære rom kan dette oppleves ubehagelig dersom det finnes mange vinduer i denne retningen. Hvis det finnes mange trappenedganger vil problematikken med innsyn være liten, da fremmedtrafikken begrenses.

Sval- og altanganger utformet som stålverk er ikke veldig estetisk, da det kan minnes om stillas som er permanent oppført. En vanlig løsning på dette er å kle stålverket med plater, eller velge bæresystem av annet materiale. Dette gjør sval- eller altangangen om til en tett konstruksjon slik at daglysforholdene for underliggende rom minsker. Selv om daglysforholdene er et veldig viktig element for trivsel og energibesparelse, er det sjelden disse som avgjør utformingen på en sval- eller altangang. Det er nemlig noe som utgjør en langt større trussel enn manglende daglysforhold; brann.

3.6.5 Eksponeringsretning

For at sval- eller altanganger skal være en kritisk sone, som muliggjør ytterligere brannspredning, må eksponeringsretningen være innenfra. Dette kommer av at problematikken med en geometrisk innblanding først trer i kraft når sperresjiktet utsettes for en brannsøyle ut av en vindusåpning.

Hvis en svalgang i brennbart materiale eksponeres for en utvendig brann, ved for eksempel brann i nær bebyggelse eller vegetasjon, kan den antennes. Den vil nemlig være blant bygningsdelene som opplever den mest intense varmekilden, grunnet kort avstand til varmekilden. Antennings langs yttersiden av en svalgang vil likevel ikke bidra til rask horisontal brannspredning.

3.6.6 Balkonger

En balkong er en annen form for horisontal sperresjikt utenfor bygningskroppen som kan by på lignende utfordringer. Disse er likevel ofte begrenset i størrelse, og strekker seg ikke langs flere brannceller. Fokuset i denne rapporten rettes dermed mot sval- og altanganger, men tiltak kan også brukes for balkonger.

3.7 Raft og loftsrom

Dette kapitlet vil inneholde informasjon om raft og loftsrom i forbindelse med brann- og fuktsikkerhet.

3.7.1 Ulike typer loftsrom

Det finnes en rekke varianter av både varme og kalde loftsrom, hvor utførelsesmåte og lufteprinsipp varierer stort. Enkelte loftsrom har både en kald og en varm sone, men det skilles mellom hvorvidt det er åpent langs raft eller ikke. Slik deles loftsrom inn i kategoriene; luftede eller uluftede konstruksjoner.

3.7.2 Bæresystem

Uavhengig av type loftsrom må takets egenlast, samt snø- og vindlaster tas opp av et innvendig bæresystem. Dette kan løses på ulike måter, avhengig av planløsningen det ønskes på loftsrommet. Hvis det er ønskelig å benytte arealet helt ut til raft, kan et sperretak med knevegger være attraktivt. Da hviler taksperrene på takbjelker eller en mønsås, som understøttes av søyler eller en bærevegg. Om det heller ønskes stor uhindret rombredde, kan spesialdesignede loftsromstakstoler benyttes. Denne typen fagverkskonstruksjoner er vanligvis prefabrikkerte, men kan også bestilles som byggesett. Takstoler generelt, er den mest vanlige måten å sikre bæring av skråtak på. Det skyldes at de har et veldig enkelt oppsett, og at de kan leveres ferdig monterte (Edwardsen og Ramstad, 2010).

3.7.3 Varme og kalde loft

Kalde loft er veldig utpreget på verdensbasis, men i Norge er det mest vanlig med varme loft. For å oppnå varme loft kreves det at lufttilførselen stenges, og at takplanet isoleres. I tillegg må det være kontinuerlige lufttette sjikt i form av vind- og dampsperre, for å unngå luftlekkasjer. Prinsippet for å unngå snøsmelting blir helt annerledes for varme loftsrom. Taktekningen som er i direkte kontakt med snøen må holdes kjølig for å unngå snøsmelting og isdannelse langs takrennene. Dette gjøres ved å ha gjennomlufting i en luftespalte mellom taktekningen og undertaket. For nybygg kan dette planlegges ved å anrette bygningen med et sperretak, der dette lufteprinsippet fungerer optimalt. Det er også gjennomførbart med takstoler på varme loft, om det planlegges godt i forkant slik at tettesjiktene blir kontinuerlige.

I kalde loft vil innetemperaturen simulere utetemperaturen, da det er nok luftgjennomstrømning til å oppheve varmetilskudd fra underetasjen. Snø på taket vil dermed ikke smelte og medføre isdannelse langs takrennene som følge av høye temperaturer på loftsrommet.

3.7.4 Brannspredning til loftsrom

Kalde loftsrom blir ofte brannpåvirket tidlig, særlig i eldre bebyggelse, der branner sprer seg hurtig oppover gjennom hulrom og fasade. Hvis lufting av loftsrommet skjer langs raft, vil også flammer og røygasser kunne spre seg gjennom disse åpningene.

Rask brannspredning til loftsrom kan skje via lufteåpning langs raft, gjennombrenning av enkle sperresjikt som dører og luker, eller via utettheter. Raft er utsatt hvis det velges løsninger hvor isolasjonen plasseres langt inn i takkonstruksjonen. Da står området mellom takbjelkene uten isolasjon, og vil raskt bli brannutsatt.

3.7.5 Eksponeringsretning

Raft og loftsrom kan være kritiske soner både for eksponeringsretning innen- og utenfra. Branner i fleretasjes trehus med arnested i de nedre etasjene kan overtennes, slik at flammer står ut av vindusåpningene. Ved brannsøyle ut fra et vindu kan flammer og røygasser raskt spre seg til å omfavne fasaden. Derfra kan brannen spres opp etasjer og frem til taket i en bygning via luftespalte eller ytterkledning. Hvis bygningen har et loftsrom med åpninger for lufting langs raft, kan røygassene fritt inntre dette området.

Ved utvendig flammeeksponering i form av varme arbeider eller lignende, kan fasaden antennes og påkjenne fasaden til brann. Derfra kan den spre seg videre oppover etasjene og frem til tak via luftespalten.

3.7.6 Loftsrom som arnested

Varme loft er mer utsatte for brann som følge av elektrisk årsaker, da slike loft er mer egnet for oppbevaring og bruk av elektriske apparater. Dette kan være i forbindelse med kjøkkenapparater som vannkoker, mikrobølgeovn og platetopper eller apparater som gir lyd eller bilde. Til motsetning er kalde loft vanligvis kun brukt som oppbevaringsplass, og sjelden utsatte for antennelse. Det finnes noen unntak som for eksempel ved ulmebrann, som nevnt i underkapittel 3.1.4.

3.7.7 Brannutvikling på loftsrom

Hvor hen på loftet brennbare objekter oppbevares, om alt plasseres i en ende, eller fordeles jevnt, spiller stor rolle på brannutviklingen. Oppsamling av mange brennbare gjenstander på et sted er mest vanlig for kalde loft som brukes til oppbevaringsplass. Branner kan spres til, starte, og utvikle seg både i kalde og varme loft. Likevel oppnår en som oftest langt mer kritiske situasjoner for kalde loft, der en har rikelig med tilgang på oksygen som gir gode vekstforhold for brannen.

3.7.8 Gjennombrenning av etasjeskiller og tak

Branner i loftsrom er svært vanskelig å få slukket, og brannvesenet blir dermed ofte tvunget til å la hele taket brenne bort. Da oppstår det en reell fare for brannspredning til nabobebyggelsen via flyvebrann, og sterke varmekulser. Brann i et loftsrom skaper også problematikk for etasjeskilleren, da denne ofte består av trevirke, og kan dermed gjennombrennes.

Det er mange forhold som spiller inn på gjennombrenning av etasjeskiller som for eksempel tilgang på oksygen og brensel, oppbygning av etasjeskiller, branncelleinndeling og materialvalg. Selve etasjeskilleren har ofte svakere oppbygning for varme loft enn for kalde, da det ikke trengs like mye isolasjon for disse. Når isolasjon blir plassert i takplanet vil det ikke lengre være nødvendig å putte isolasjon i etasjeskiller som følge av varmeisoleringssevne. Dermed er det bare lyd- og brannkrav som sikrer at denne skillekonstruksjonen må fylles med isolasjon.

Hvis ingen av rommene på loftet er ment som faste oppholds- eller soverom, kan også lyd- og brannkravene lettes. Dette kommer av trinn- og luftlyd mellom rommene ikke vil være av noen særlig betydning. Alle disse faktorene spiller inn på hvordan oppbygningen på etasjeskilleren blir. Gjennombrenning av etasjeskiller og tak er mulig for både varme og kalde loft.

Der loftsrom har vertikal branncelleinndeling vil gjennombrenning av tak og etasjeskiller medføre langt mindre brannskader enn der hele loftet står åpent. Da vil kun den eksponerte delen av tak og etasjeskiller gjennombrennes med det første. Hvis loftsrommet står ubeskyttet vil hele underetasjen utsettes for et ildhav av brennende dråper, partikler og gjenstander om etasjeskilleren gjennombrennes. Nabobebyggelse vil også være langt mer utsatt for flyvebrann og kraftige varmekulser om hele taket gjennombrennes (Edvarsen og Ramstad 2010).

3.7.9 Snøsmelting

Snøsmelting på skråtak kan være et problem om lufteprinsippet ikke er gjennomtenkt. Da vil vann renne ned til takutstikk, fryse, og legge seg som istapper. For flate tak unngås dette problemet ved å ha innvendige taknedløp med varmekabler.

4 Fasadeproblematikk

4.1 Bygningens skjold

Tradisjonelt sett gjennom en bygnings livsløp gjøres det få endringer på ytterveggene, med unntak av noen lag maling av estetiske grunner. Dette medfører at ytterveggene går gjennom en umåtelig lang aldringsprosess. Vedvarende gjennom hele denne perioden forventes det at de opprettholder sine vesentlige funksjoner. Dette innebærer blant annet å ha uttørkingsmuligheter, akustiske og varmeisolerende egenskaper, lufttetthet, samt fukt- og brannsikkerhet.

Yttervegger påvirkes av en rekke faktorer både innen- og utendørs, og må kunne tåle store variasjoner i disse. Snø, vind, temperatursvingninger, relativ fuktighet (RF), mikroorganismer, sol og regn er eksempler på slike faktorer. Foruten om å utholde de overnevnte belastningene må ytterveggen tåle ulykkeslaster. Dette er laster ytterveggen kan utsettes for ved uriktig bruk, teknisk svikt eller uønsket ytre påvirkning. Jordskjelv, påkjørsel og brann er eksempler på ulykkeslaster som ytterveggen må være utrustet til å fungere mot B.P. Jelle (2011) og (STORE NORSKE LEKSIKON, 2009a).

4.1.1 Prinsipper for oppbygning

Det finnes en rekke forskjellige veggmaterialer, med ulike utforminger og oppbygninger. En god sammensetning av disse materialene danner grunnlaget for en værbestandig yttervegg. Slike yttervegger kan forhindre vanddamptransport i form av luftlekkasjer og diffusjon, være motstandsdyktige mot slagregn, samt være brannbestandige. Yttervegger kan bygges både som luftede og uluftede konstruksjoner. Denne rapporten vil fokusere på luftede konstruksjoner da disse er mest vanlige i vårt nordiske klima, samt farligst med tanke på brann.

Luftede konstruksjoner

Veggoppbygningen på luftede konstruksjoner starter vanligvis med et vannbestandig eller -avvisende yttersjikt. Etter kledningen følger en luftespalte som skal sørge for sirkulasjon av luft bak kledningen. Deretter følger vindsperran som skal tette bygningen mot vann- og luftlekkasjer. Innover dette varierer konstruksjonen stort med tanke på materialvalg for bæresystemet, og hvordan bæringen er utført. Tradisjonelt sett kommer isolasjonslagene og bæresystemet først, deretter følger dampsperran og den innvendige kledningen.

4.2 Regn og vind

4.2.1 Totrinns tetting

Dette er et prinsipp som baseres på å adskille regntetting og vindtetting med et ventilert og drenert hulrom. Regn og fukt som treffer bordkledningen har da mulighet til å tørke ut, ved at luft kan sirkulere bak kledningen. Vindsperrens funksjon er å lede vekk vann som trenger gjennom bordkledningen som følge av slagregn og kapillærsuging. Dette forutsetter at vindsperren er regntett eller vannavvisende for effektivt å kunne lede vekk vann fra isolasjonen som ligger bak (STORE NORSKE LEKSIKON, 2009b).

4.2.2 Slagregn og kapillærsugingsevne

Hvis vind og regn forekommer samtidig kan regn med vannrett bevegelse kalt slagregn oppstå. I strøk hvor det er vanlig for slagregn å inntreffe, må det tas hensyn til fasadens kapillærsugingsevne. Dette er en benevnelse på et material, herunder en ytterkledning, sin evne til evne til å suge opp vann. Lufting av fasaden sørger for at ytterkledninger med høyt vannopptak har vanskeligere for å mettes, da tørking kan skje både inn- og utover. Luftespalten forhindrer også direkte kontakt mellom ytterkledning og vindsperre, foruten om langs lektene. Slik unngås det stående vann direkte mot vindsperre, der ytterkledningen er mettet med vann. Svakhetssoner i vindsperre; som skjøter uten tilstrekkelig klemming, hull og gjennomføringer, blir mindre kritiske for vannpenetrasjon der dette unngås. Med en luftspalte kan konstruksjonen tørke ut innenfra selv når regnet slår ned for fullt (STORE NORSKE LEKSIKON, 2009c) og (Rockwool, 2016).

4.3 Luftlekkasjer

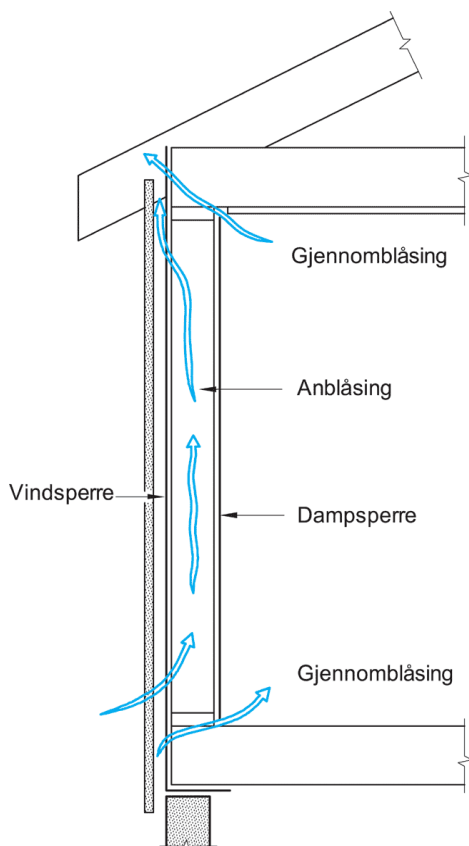
Dårlig tetningsarbeid, og hull i forbindelse med installasjoner er hovedgrunnen til luftlekkasjer i et sperresjikt. Disse lekkasjepunktene kan oppstå naturlig der skjøter ikke klemmes eller der det ikke tettes for gjennomføringer. Det kan også skyldes at sperresjiktet penetreres ved ulike installasjoner; for eksempel spotlights. I overgangen mellom vegg og etasjeskiller føres sjelden dampsperran kontinuerlig, noe som medfører at folien må klemmes mot etasjeskilleren. Hvis det da brukes etasjeskillere av betong kan det bli utfordrende å oppnå en tett skjot mellom platen og betongen. Der det er utettheter, er det luftgjennomgang som styres av ulike drivkrefter. Disse er henholdsvis temperaturforskjell mellom inne og ute, vind, og vifter i ventilasjonsanlegg og kjøkkenhetter (Blom og Uvløkk, 2012).

4.3.1 Strømningsretning

Strømningsretninger innover i bygninger er ikke kritisk med tanke på fukt. Dette er likevel uheldig da brukerne kan oppleve trekk i rommet der kald luft møter varm inneluft. Strømningsretninger utover i konstruksjonen er langt mer kritisk med tanke på fukt. Her vil varm og fuktig luft bli nedkjølt til duggpunktstemperaturen når den møter kald luft i ytterveggen. Dette gjør at den kondenserer og legger seg som vandrdåper inne i konstruksjonen. Større luftlekkasjer medfører større risiko, da virkningen blir mer konsentrert (Blom og Uvløkk, 2012).

4.3.2 To former for luftlekkasjer

Det skilles mellom to former for luftlekkasjer; gjennomblåsing og anblåsing. Med førstnevnte menes luftstrøm gjennom veggen, både innover og utover. Ved anblåsing strømmer luft gjennom vindspærren på ett sted, før det strømmer ut igjen gjennom andre utettheter et annet sted. Anblåsing skyldes varierende vindtrykk oppover langs veggen og inntreffer kun når det er utettheter i vindspærren. Denne type luftlekkasje vil medføre økt varmetap da isolasjonen kjøles ned, men lekkasjetallet blir ikke nødvendigvis påvirket. De ulike begrepene er illustrert i figur 8 (Blom og Uvløkk, 2012).



Figur 8: Anblåsing og gjennomblåsing

4.4 Vanndampdiffusjon

Kjent fra kapittel 4.3 kan vanndamp trenge ut i ytterkonstruksjonen gjennom luftlekkasjer, men det kan også skje gjennom vanndampdiffusjon. Fukttransport gjennom en yttervegg må begrenses slik at det ikke oppstår kondens og fare for muggvekst. Dette kan løses ved å ha et sperresjikt med høy dampmotstand på varm side av konstruksjonen, kjent som en dampsperre eller -brems. Korrekt ventilering er en annen måte å unngå kondens i ytterveggen på, slik at innelufta har en moderat RF. God lufttetthet både på varm og kald side av ytterveggen vil også bidra til å unngå muggvekst.

4.4.1 Diffusjonsekvivalent luftlagstykkelse

Vanndamppermeabiliteten til et materiale angir hvor hurtig vanndamp kan transporteres gjennom materialet ved diffusjon. Jo større denne er, desto hurtigere går vanndamptransporten. Materialer uttrykkes ofte for å være damptette eller -åpne. Dette er uttrykk for evnen de har til å transportere vanndamp. Diffusjonshastigheten kan også uttrykkes på andre måter, for eksempel som diffusjonsekvivalent luftlagstykkelse. Dette uttrykket angir hvor tykt et stillestående luftlag må være for å ha samme vanndampmotstand som materialsjiktet. Materiallag med en gitt tykkelse er mest egnet for å bruke denne benevnelsen, da de kan inndeles etter en såkalt SD-verdi. Denne verdien måles i meter, og dess høyere SD-verdi dess mer motstand for vanndamp å transmittere gjennom materialet (Geving og Thue, 2002).

4.5 Brann

Brann i en fasade kan foreligge i ytterkledningen, luftespalten, sjiktene lengre inn i veggen, eller flere av disse områdene samtidig. I dette kapitlet fokuseres det på hvordan brannen vil utfolde seg om den spres til disse sonene, mens kapittel 5 vil omhandle ulike scenarioer for hvordan dette kan inntreffe.

4.5.1 Rask spredning gjennom bygget

Branner i fasadelivet er veldig skummelt da disse kan omgå de tradisjonelle branncellebegrensende bygningskomponentene, som for eksempel vegger, dører og etasjeskillere. Til motsetning fra innvendige branner kan fasadebranner raskt kan spre seg opp etasjer og frem til taket i en bygning. Konsekvensene av fasadebranner blir straks større hvis bygningen har et loftsrom som luftes langs raft. Da kan hulrommene ment for gjennomlufting føre til umiddelbar spredning til loftsrom. Tak og loft er ofte ubeskyttet mot brann da det foregår lite aktivitet i disse rom. Eksempelvis kan det være fullstendig mangel på vertikal branncelleinndeling der oppe, og samtidig ikke finnes isolasjon i takplanet. Resultatet av en fasadebrann kan da være brannutvikling langsgående gjennom hele loftsrommet noe som gir fare for gjennombrenning av tak og etasjeskiller. Situasjonen vil da ytterligere forverres ved at nabobyggene kan bli utsatt for flyvebrann som følge av gnistregn.

4.5.2 Vanskelig å slokke

Det er heller ingen enkel oppgave å forhindre brannspredning ved hjelp av aktive slökkemidler, med mindre disse er montert bak kledningen. Brannspredningen kan nemlig skje bak kledningen, og yttersjiktet som skal avvise regnet vil da fungere som et skjold, og beskytte brannen. Dette gjør det nærmest umulig for brannvesenet å slukke brannen frem til kledningen gjennombrennes.

4.6 De ulike sjikt

4.6.1 Ytterkledning

Fra utsiden er ytterkledningen veggens første barriere, og det er langs denne at mesteparten av regnet skal avvises. Det kan benyttes kledninger av trevirke med høy kapillærsugingsevne, selv på slagregnsutsatte områder, sett at en behandler overflaten. Eksempler på dette treverk med maling. Ytterkledningen skal også beskytte lagene innover i konstruksjonen som ofte tåler mindre. Dette innebærer blant annet beskyttelse mot ultrafiolett stråling (UV-stråling) fra sola, mikroorganismer, vind og hærverk. Liggende kledning er i utgangspunktet tryggere mot regninntrengingen, spesielt på steder der ytterveggen utsettes for slagregn.

4.6.2 Luftespalten

Hovedhensikten med å la en eksponert veggkledning ha luftespalte bak seg er for at den skal ha tørkingsmuligheter både inn- og utover. Vann som trenger gjennom kledningen via utettheter og kapillærsuging, eller som følge av slagregn må dreneres bort. Det samme gjelder for fukt innenfra, både innebygd og det som trenger gjennom damp- og vindsperre. Sirkulasjonen av luft sikrer at fukt i denne åpningen ventileres vekk. Luftespalten i en ytterkledning gir som nevnt mange fordeler med tanke på fukt, men den kan også være en sårbart punkt med tanke på brann. Luftespalten besitter nemlig ingen krav om brannmotstand, noe som gjør at brannspredning vertikalt og horisontalt til andre brannceller, kan skje veldig raskt.

4.6.3 Vindsperre

Vindsperre utgjør sammen med dampsperran en konstruksjons tettesjikt. Disse sjiktene er tette i den forstand at det ikke skal oppstå luftlekkasjer gjennom konstruksjonen via tilslutninger, skjøter eller fuger. Slik unngås problemer med kondens, høy luftfuktighet eller nedkjøling inne i veggen. En vindsperre bør være vindtett, vanntett og diffusjonsåpen. Dette forsikrer at bygningen er beskyttet mot vær og vind, samtidig som den tillater uttørring av innebygd fukt.

Diffusjonstetthet

I motsetning til dampsperreren ønskes det å tillate fukttransport gjennom dette tettesjiktet. Hensikten med dette er at fuktighet som befinner seg inne i konstruksjonen skal få unnslippe. Dette gjelder både for fukt som trenger seg inn i veggen, og for innebygd fukt. Innebygd fukt kan være et problem der materialer med høyt fuktopptak ikke har blitt oppbevart ordentlig gjennom bygningsperioden. Måten å oppnå fukttransport gjennom dette sperresjiktet er å velge vindsperre med høy dampåpenhet. Jmfør underkapittel 4.4; diffusjon, må det da velges en vindsperre med lav SD-verdi. SINTEF Byggforsk anbefaler for eksempel en SD-verdi på mindre enn 0,5 m for vindsperrer (Blom og Uvløkk, 2012).

Det er ikke krav eller lover mot lav dampåpenhet for vindsperrer, bare anbefalinger. Hvis en motstrider anbefalingene bør en unngå bruken av organiske materialer inne i veggen. Cellulose- eller trefiberisolasjon bør for eksempel ikke ligge mellom to tette sjikt, det samme gjelder for bæresystem av trevirke. Er det organiske materialer mellom disse tettesjiktene vil disse være utsatte for muggvekst og råte, da fuktigheten ikke kan tørke ut (Geving og Thue, 2002).

Branntekniske egenskaper

En vindsperre kan finnes i ulike former av folie og platemateriale avhengig av egenskapene en ønsker. De aller fleste vindsperrertyperne er veldig gunstige med tanke på regntetthet, men de har varierende branntekniske egenskaper. I tabell 2 vises det tre ulike eksempler med forskjellige egenskaper. Tabellen er basert på virkelige produkter, se vedlegg 1, 2, 3, og 4 for ytelseserklæringer.

Tabell 2 – Vindsperrertyper

Vindsperretype	Branntotstand	Vanndampmotstand (SD-verdi)	Vanntetthet	Fordeler
Ordinær folie	E*	0,015 + 0,015 / -0,01	W1	Billig
Xtra soft folie	E*	0,02	W1	Billig
Brannhemmende folie	B, s1, d0	0,04 ± 0,02	W1	Brannsikker
Asfaltimpregnert papp	F** (D, s2, d0)	0,29	W1	Robust

* På mineralull og tre.

** Den gitte asfaltimpregnerte pappen er utestet for brannmotstand, men lignende typer som vist i vedlegg 5 gir brannmotstand D med tilleggsklasser s2 og d0.

4.6.4 Isolasjonssjikt

Isolasjonssjiktet har mange viktige oppgaver. Det skal blant annet begrense varmegjennomgangen slik bygningen ikke mister for mye varme til utsiden, og forhindre overoppheting om sommeren.

Isolasjonssjiktet skal redusere støy, noe som gjøres ved å øke luftlydisolasjonen mellom to rom.

Isolasjonsmaterialer er typiske porøse absorbenter. Disse absorbentene har høy absorpsjonsfaktor ved høye frekvenser, og vil hjelpe på diskanten. En annen hensikt er å gi tilstrekkelig brannmotstand til veggen; jamfør underkapittel 3.4.4. Ved å ha en viss tykkelse, og en god euroklasse forhindres brannen i raskt å nå ueksponert side, men det avhenger av materialet.

Ulike typer

Her finnes det en rekke ulike produkter med ulike fremstillingsmetoder, priser og egenskaper. De vanligste isolasjonsproduktene i en husstand er; mineralull, skumplast, celluloseisolasjon, skumglass og løs lettklinker (Isolasjonprodusentenes forening, 2016).

Mineralull er en fellesbetegnelse for glass- og steinull. Hovedsakelig finnes dette isolasjonsproduktet i matter og plater, men kan også finnes som løst til innblåsning i lukkede hulrom. Skumplast er en fellesbetegnelse for en rekke ekspanderte plasttyper, deriblant polystyren og polyuretan. Polyuretan har noen gode egenskaper som for eksempel lavere varmekonduktivitet enn vanlig mineralull.

Problemet er at det er veldig antennelig, og må integreres inn i en konstruksjon (sandwich). Hvis det antennes kan det friggi hydrogencyanid som kjent fra 3.4.3 er en svært giftig narkotisk gass.

Celluloseisolasjon omfatter isolasjon laget av trefibermasse eller returpapir. Dette materialet er et typisk innblåsingsprodukt (Isolasjonprodusentenes forening, 2016).

Framtiden

I nyere tid har det kommet mange «state of the art» isolasjonsprodukter som aerogel, VIP og GFP med utmerkede varmeisolasjonsegenskaper. Likevel er de ikke særlig konkurransedyktige i dagens marked, da det er mange problemer i forbindelse med aldring, punktering, pris og kuldebroer.

4.6.5 Dampsperre

Dampspærren er en bygnings innerste sperresjikt, og den har flere funksjoner. Den viktigste er å hindre at fuktig luft innenfra kan trenge inn i vegger og tak gjennom diffusjon og luftlekkasjer. Ved å forhindre fuktig luft gjennom dette tettesjiktet, unngås det problemer med kondens. For at dampsperreprodukter i dagens marked skal være konkurransedyktige og få SINTEF godkjenning er de avhengige av å ha en god vanndampmotstand. De aller fleste dampsperrere besitter dermed denne egenskapen, og problemet befinner seg da for luftlekkasjene. Hadde det ikke vært noen gjennomføringer, og alle skjøtene ble tettet på korrekt måte, ville ikke luftlekkasjer vært noen problem. Det er derfor tetterarbeidet i forbindelse med gjennomføringer, overganger til andre materialer, og skjøter som avgjør om dampspærresjiktet er tilstrekkelig lufttett.

Diffusjonstetthet

Dette løses ved å at dampspærren har stor motvilje til å la vanndamp passere, altså en høy SD-verdi. SINTEF Byggforsk anbefaler for eksempel en SD-verdi på mer enn 10 m for vindsperrer i bygninger. Det finnes unntak for bygninger med veldig høyt relativt fuktighetsnivå, for eksempel svømmehaller. Der anbefales det en SD-verdi på hele 50 m (Blom og Uvløkk, 2012).

Branntekniske egenskaper

Den vanligste formen for dampsperre er en tynn folie med som er damp- og lufttett. Denne er likens som folie for vindsperre, med euroklasse E sett at den brukes på mineralull og tre, bare med høyere på vanndampmotstand. Det finnes også noe som heter smarte dampsperrer, eksempelvis isola sin, som har euroklasse E. Disse skal angivelig gi veggen mulighet til å regulere fuktinnholdet.

Vanndampmotstanden vil reguleres avhengig av hvilken relativ fuktighet det er inne i konstruksjonen (vedlegg 1) og (vedlegg 6).

Dampbrems er en annen form for dampsperre, en såkalt lettversjon, der SD-verdiene rangerer mellom 2-6 m. Målet med bruken av dampbrems er å gi veggen mulighet for å tørke innover. Brukes det dampbrems økes risikoen for kondens og høye verdier av RF. Det er heller ikke påvist å ha noen nevneverdig effekt på tørkingen. Ordinære produkter kan fungere som en dampbrems; se tabell 3 (Geving og Thue, 2002).

Tabell 3 – Ordinære dampbremsere

Materiale	SD-verdi (m)
Kryssfiner, 13 mm	0,6 - 3,2
Sponplate, standard, 13 mm	0,6 - 1,6
OSB-plate, 13 mm	0,4 - 0,6
Akryllateksmaling	0,1 - 0,5
Vinyltapet	1,9
Alkydlakk, to strøk blank	3,7 - 7,6

4.6.6 Innvendig kledning

Innvendig kledning besitter ofte gode akustiske egenskaper, oftest i form av lydisolasjon i de lave frekvenser. For å dempe bass mellom to rom er det dermed vanlig å kle innervegger med to lags gips.

De vanligste produktene for innvendig kledning er spon- og trefiberplater. Disse produktene kan være ubehandlede, være påført et beskyttelsessjikt i form av maling, lakk, olje, eller være påført et dekorativt sjikt som for eksempel tapet.

Branntekniske egenskaper

Platekledningen kan i seg selv være brannbestandig, eller den kan være påført et beskyttelsessjikt. Brannbestandig innerkledning er en form for passiv brannbeskyttelse som ved brann vil gi termisk beskyttelse, med hensikt å redusere varmeoverføringshastigheten til området bak kledningen.

4.7 Lav tilpasningsdyktighet

Trehus og bygninger generelt må være tilpasningsdyktige. Selv om bruksformålet alltid vil være som bolig, vil det gjennomføres en rekke endringer og variasjoner med bygningen. Endringer i bygningskroppen kan ha stor innflytelse på brann- og fuktsikkerheten, i tillegg til de akustiske forholdene. Eksempler på slike endringer kan være; nedrivning av vegger, utskiftning av vinduer, bygging av terrasse og balkong, eller omgjøring fra kaldt loft til varmt loft.

Mange av disse endringene innføres uten omtanke, selv om de prinsipielt kan endre på en rekke forhold som nevnt ovenfor. Selv et simpelt tiltak som å installere et sjikt for solskjerming over vinduene kan ha innvirkning på hvordan flammer og røykgasser brer seg i vindusflaten. Ved prosjektering er det viktig å vie mye tid til generelle behov, som skal dekke ønsker og krav fra en flest mulig potensielle brukere. Det ønskes ikke overflødighet i brannsikringstiltak, men om kritiske soner i en bygning står ubeskyttet som følge av et sikringstiltak en annen plass i bygningen, må disse fungere. For eksempel hvis det eneste brannsikringstiltaket er et sprinkleranlegg, kan det ikke godtas at dette tildekkes, fjernes, eller ikke vedlikeholdes.

5 Brannspredning til fasade

Basert på brannårsakene finnes det flere måter fasaden kan bli brannutsatt på. Branner kan starte utvendig, innvendig eller i hulrom i bygningen. Innvendig spres de som oftest til fasade via vindus- og ventilasjonsåpninger, eller via utettheter og hulrom. Rask spredning til fasade skyldes ofte slurv i utførelse eller dårlig prosjekterte løsninger (DSB, 2010).

5.1 Brann ut av en vindusåpning

En brann kan spre seg til utsiden via utvendige dører eller vinduer i forskjellige deler av brannforløpet. Hvis de ytre sperresjiktene står åpne fra antennespunktet, er det fare for at brannen spres til utsiden før overtenning. Er disse sperresjiktene stengt, vil spredning først inntreffe ved temperaturer over tålegrensen for vinduene.

5.1.1 Retning på luftstrøm

Ved brudd på glasset får brannen kontakt med luft utenfra, og det blir luftstrømning gjennom denne åpningen. Retningen på luftstrømningen styres av trykkdifferanser mellom ute og inne, mens den innvendige luftbevegelsen styres av overstrømning og termisk oppdrift som nevnt i kapittel 3.2. Luftstrømningen kan være todelt med strømning både inn- og utover for ett og samme vindu, eller en kan ha ensrettet luftstrømning en av retningene.

Retningen på luftstrømmen er veldig viktig, da dette er en faktor som kan spille stort inn på størrelsen og retningen (prosjektilet) av en brannsøyle ut et vindu. Dette går allikevel ikke an å fastsette på forhånd, da strømningsretningen vil avhenge av vindforhold og årstid. Retningen på denne luftstrømmen vil ha innspill på brannsituasjonen i bygningen. Alle vinduer må dermed planlegges for å kunne ta høyde for de ulike strømningsretningene.

5.1.2 Brannsøylelengde

Fra et branndynamisk standpunkt er det kjent at flammer fra et vindu kan strekke seg høyere enn 5 m over toppen på vinduet. Dette ble bekreftet av Yokoi allerede i 1960, hvor testrommet hadde en brannlast på 40kg/m^2 . Testen skulle simulere tradisjonelle boligforhold, som antageligvis stemte i året testen ble utført. I dag er en slik brannlast ansett som veldig liten, selv i boliger med få beboere og inventar (Yokoi, 1960).

Geometrisk innblanding

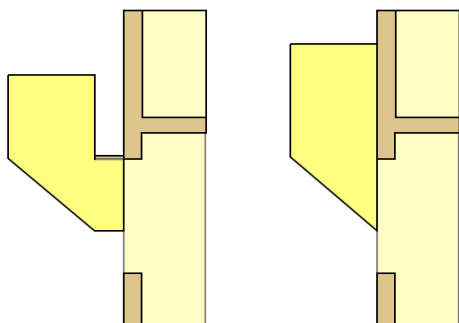
Brannsøylen ut fra et vindu vil ha en retning ut og oppover, sett at den får strekke seg i sin fulle lengde uten noen geometrisk innblanding. Eksempler på geometriske innblandinger kan være sval- og altanganger, balkonger, flammeskjermer og takutstikk. Straks den møter et tett hinder ovenfor vinduet, vil flammene og brenngassene spre seg horisontalt og utover.

Tvungen trekk

Hvis branncellen har åpning til det fri i to ulike ender kan en situasjonen ytterligere forverres ved at det oppstår tvungen trekk. Dette er et fenomen som skyldes kryssventilasjon, der branncellen har tilgang på oksygen fra åpninger i motstående ender. Når all oksygentilførsel kan komme fra den ene åpningen, kan flammene i den andre enden fritt fylle vinduet fra topp til bunn. En opplever da en ensrettet luftstrømning utover, noe som gir brannen ekstra drivkraft.

Ved tvungen trekk vil brannsøylen både bli bredere og lengre, noe som gjør situasjonen på utsiden av vinduet mye mer alvorlig. En defekt brannspjeld kan gi nok oksygentilførsel til at brannsøylen er tilnærmet ensrettet utover i motsatt ende. Retningen på luftstrømningen kan endres underveis, og er ikke mulig å kontrollere. Dette er viktig å ta i betraktning ved valg av tiltak mot brannspredning mellom etasjer (One Stop Shop in Structural Fire Engineering, 2016a).

Tilstanden tvungen trekk er tilsynelatende synlig fra utsiden, ettersom dimensjonene og retningen på flammen gjennom et vindu er nokså forskjellig fra en situasjon uten tvungen trekk. Dette er hvertfall tilfellet når store mengder luft er tvunget inn i bygningen. Her vil luften skape en jet som vil presse flammene langt ut av vinduet. Dimensjonen og retningen på flammen ut et vindu i en branntilstand som dette, antas å være uavhengige av om det er en geometrisk innblanding over vinduet. Variasjoner i vindushøyde og –bredde vil heller ikke påvirke flammebanen eller –lengden (One Stop Shop in Structural Fire Engineering, 2016a).



Figur 9: Brannsøyle ut et vindu med geometrisk interaksjon

Hvis branncellens eneste kilde på lufttilgang er fra det ene vinduet, vil det ikke oppstå tvungen trekk. Da vil dimensjonen og retningen på flammen gjennom vinduet være avhengig av om det er en vegg eller geometrisk innblanding over branncellen. I situasjoner uten tvungen trekk vil flammene bare fylle litt i overkant av øverste halvdel av vinduet, se figur 9 (One Stop Shop in Structural Fire Engineering, 2016b).

Ensrettet luftstrømning innover

Ovenfor ble nevnt at tvungen trekk kan gi ensrettet luftstrømning utover, noe som medfører økt brannsøylelende. Ensrettet luftstrømning innover kan også ha innspill på brannsøylehøyden, der motstående vindu befinner seg på høyere plan. Da kan luftstrømningen ha innspill på den termiske oppdriftskraften, ved at flammer og røygasser får en ekstra drivkraft mot høyere nivå i branncella. Dette skyldes at det skapes store trykkdifferanser nederst i bygningen som må bli utjevnet i et annet vindu, gjerne på et høyere plan (SINTEF Byggforsk, 2006).

5.1.3 Videre spredning

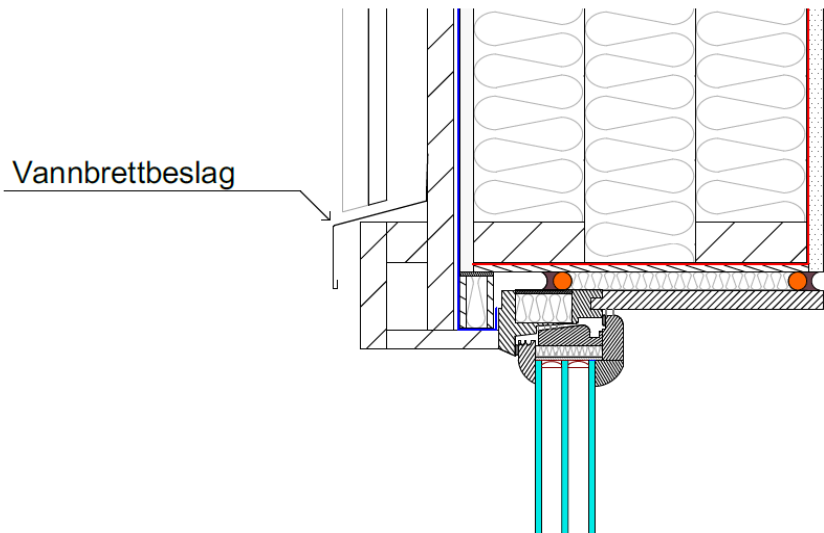
Straks det er flammer ut av et vindu settes hele bygningen, både over- og underetasjen, vel som brannceller på samme plan, i fare. Hvis vindusbruddet skjer i de nedre etasjene av en bygning, vil øvrige etasjer utsettes ved at flammene eksponerer kledningen, luftespalten og vinduene i overliggende brannceller. Hvis avstanden til vindu i overliggende branncelle er liten vil varmekraften og flammeeksponeringen lede glassflaten til brudd.

Ikke bare vinduer er utsatte, selve kledningen vil fort antennes da den opplever direkte flammeeksponering. Jamfør underkapittel 3.1.4, varme arbeider, kan kledningen ta direkte fyr som følge av direkte varmekrafteksponering. Intensiteten på varmekraften fra brannsøylen til en fullt utviklet brann er i tillegg veldig mye større.

Hvis sikringstiltakene ovenfor et vindu ikke er nøye planlagt kan røygasser og flammer spres til luftespalten, da det kreves en åpning her, se figur 10. Vann som renner ned på vindusperra, må nemlig kunne ledes ut på et vannbrettbeslag over vinduet. Ut fra vindusåpningen vil uforbrent brensel forlate rommet i strømmingen av brennbare gasser og forbrennes på utsiden av bygningen. Disse uforbrente

gassene kan sive inn i luftespalten før de rekker å reagere med oksygen. Noe som medfører at de forbrennes der inne og frigir energien sin til ytterkledning og vindsperre. Dette er et eksempel på hvordan brannen kan omgå et brannbehandlet yttersjikt i kledning. Brannsøylen kan også bli ledet direkte inn i luftespalten når vind presser flammene innover.

Vannbrettbeslag over vinduet kan sløyfes når vinduet ligger rett under skjermende bygningsdeler som sval- eller altangang, takutstikk eller tett balkong.



Figur 10: Sårbar sone for brannspredning til luftespalte

Selv med store avstander til overliggende åpninger, glassflater og brennbare flater kan brannsøylen ut et vindu gi store konsekvenser. Jamfør forrige underkapittel kan brannsøylelengden strekke seg veldig høyt ved store vindusåpninger, og kan få ekstra pådriv som for eksempel ved tvungen trekk.

Hvis brannen spres til luftespalten kan flammene bli ledet forbi alle de vertikale sperresjiktene, og bryte ut langs takfot. Herfra er det kort vei til lufteåpninger for tak og loft. Hvis brannrommet er i en av de øverste etasjene trenger ikke brannen å spre seg gjennom luftespalten for å nå tak og loft. Da vil de naturlige oppdriftskreftene selv lede brannen dit.

5.2 Brannspredning via utettheter og hulrom

5.2.1 Problematikk

Branner er relativt enkle å slukke om bygningen er inndelt i ikke altfor store brannceller, samtidig som det unngås store eksponerte flater med euroklasse D og E. Ytterveggene vil da stanse brannen fra å nå utsiden frem til vindusbrudd. Unntaket er når brannspredningen skjer i skjulte hulrom. Branner i hulrom er uforutsigbare og dermed en stor utfordring for brannvesenet. De kan utvikles hurtig eller langsomt, kripe relativt usett gjennom bygnings skjulte hulrom, og bryte ut der en minst venter det. Dette gjør dem er vanskelig å finne, og oppdages ofte for sent. Problemet med hulrom er at de muliggjør intern og ekstern spredning av røykgasser uten at brannskillene må gi etter. Disse gassene kan da antennes utenfor brannrommet; den opprinnelige branncellen.

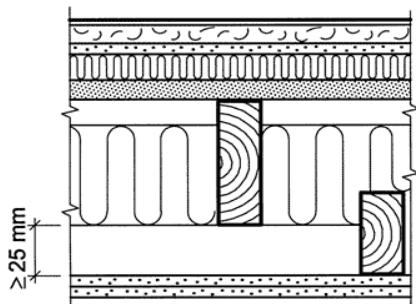
Både flamme- og ulmebranner kan spre seg gjennom skjulte hulrom i en bygning. Branner i veldig oksygenfattige rom er som oftest ulmende, da forbrenningsprosessen er begrenset, men fortsatt aktiv. Eksempel på en slik ulmebrann kan være i et brannrom like før fenomenet backdraft inntreffer. Da er rommet tilnærmet tømt for oksygen, men spaltnings- og forbrenningsprosessene foregår fremdeles, bare veldig rolig.

En backdraft trenger ikke skje i selve brannrommet, det kan også skje i hulrom eller luftlommer som har dannet seg i fasaden under temperaturpåkjenningen. Det finnes også en del naturlige hulrom som kan bli brannpåvirket ved deformasjoner i bygningen eller utette gjennomføringer. Ulmebranner er ikke veldig alvorlige frem til de får lufttilførsel, men straks dette skjer utvikles de i en enorm fart. Dette kan gi voldsomme følger for brannvesenet eksempelvis der de bryter opp veggpanelet, da flammen kan forme en ildkule.

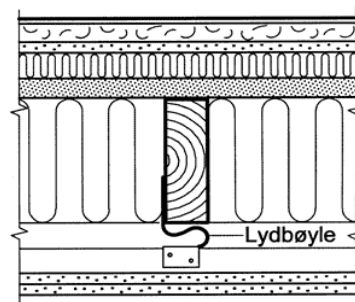
5.2.2 Utsatte soner

Naturlige hulrom

Luftespalter for vegg og tak, lufteåpning langs raft, og ventilasjonsåpninger er eksempler på naturlige hulrom i bygningsskallet, men de kan også finnes innendørs. Det er eksempelvis ganske vanlig for etasjeskillere, da de ofte har separate himlingsbjelker, se figur 11. En annen løsning kan være med himling i vibrasjonsisolerende opphengssystemer, for eksempel ved lydbøyle, se figur 12.

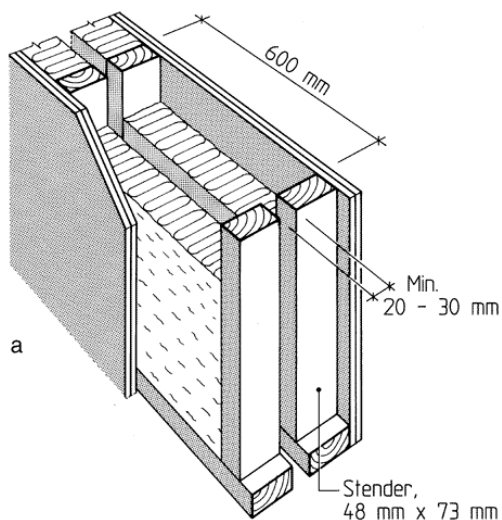


Figur 11: Separat himlingsbjelke, 2002



Figur 12: Himling i vibrasjonsisolerende opphengssystemer, 2012

Naturlige hulrom kan også finnes i innervegger hvor det brukes dobbelt bindingsverk. Her er det to veggskall med adskilt topp- og bunnprofil, og et mellomliggende hulrom på minst 20 – 30 mm, se figur 13. Dette gjøres for at direkte lydoverføring skal unngås. Denne luftespalten muliggjør hurtig brannspredning langs hele flaten, sett at brannen klarer å trenge gjennom veggens ytre barrierer.



Figur 13: Platekleddede vegger med atskilte stendere, 2000

Overganger, åpninger og gjennomføringer

Foruten om planlagte luftespalter finnes det mange kilder til hulrom og utettheter. Disse er vanlige å finne i overgangen mellom ulike bygningsdeler, for eksempel der vegg kobles med etasjeskiller, takfot, dør og vindu. En annen kilde er ved ventilasjonsåpninger i fasader og tak.

Den største kilden til hulrom skyldes likevel gjennomføringer av kanaler og rør. Ofte tettes slike gjennomføringer med materialer en tilfeldigvis har for hånden. Dette kan være svært uegnede materialer med euroklasse E og dårlige tilleggsklasser. Isopor er et eksempel på dette, en type ekspandert polystyren (EPS) med veldig dårlige egenskaper ved brannpåvirkning. Slike materialer vil ikke sinke brannspredningen til hulrommet nevneverdig, da det kreves veldig liten varmeeekspandering for å antenne materialet. Der gjennomføringer tettes med produkter godkjent for branntetting, kan slurv med utførelsen medføre utettheter.

Den verste varianten av utettheter ved gjennomføringer er likevel der det ikke gjøres noen tetningstiltak. Gjennomføringer i etasjeskiller eller vegg, vil da stå helt åpne for flammer og røykgasser å inntre hulrommet, se figur 14.



Figur 14: Ingen tettemidler for gjennomføring

5.2.3 Ventilasjonsform

Eldre trehusbebyggelse bruker vanligvis naturlig ventilasjon. Denne ventilasjonsformen kalles også for oppdriftsventilasjon, da det er dette den baseres på. Frisklufttilførselen vil skje gjennom ventilasjonsåpninger i yttervegg og eventuelle utettheter, mens avtrekket foregår på bad, toalett og kjøkken. Tvungen trekk som ble nevnt i delkapittel 5.1, kan forekomme gjennom disse ventilasjonsåpningene, både som luftstrømning innover, og som brann søyle utover. Disse ventilasjonsåpningene bør dermed kunne stenges med brannspjeld. Fordelen med denne ventilasjonsformen sett fra et brannperspektiv er at det sjelden finnes luftkanaler mellom de ulike rom. Avtrekkskanaler føres vanligvis fra forurenset rom rett ut til det fri. Dette gjør at brannspredning mellom rommene som følge av dårlig tetningsarbeid eller defekte brannspjeld har vanskelig for å skje.

5.2.4 Risiko og konsekvens

Risiko for brannspredning i hulrom finns i alle typer bygninger, men kan få mer alvorlige konsekvenser i trehusbygninger. I eldre bebyggelse finnes ofte mange hulrom, og selv når bygningen utbedres vil det være vanskelig å bli kvitt alle disse. Dette skyldes at detaljer og gjennomføringer ikke ble ordentlig planlagt, og prosjekteringsgrunnlaget var minimalt sammenlignet med i dag. Løsninger ble i mye større grad avgjort underveis i byggeprosessen. Etterisolering av laftede hus vil være vanskelig å gjennomføre uten at isolasjonen lager hulrom.

Konsekvensene av at brann spres til hulrom er vanligvis alltid stor, da mange av sjiktene på innsiden av inner- og ytterkledningen har lav euroklasse. Det er mer kostbart å anskaffe seg brannklassifiserte tette- og isolasjonssjikt. Stenderverk i trehus vil nesten alltid være av ubehandlet trevirke, dermed vil disse også kunne antennes, da slikt materiale har euroklassen D. Tilleggsklassene er også av veldig stor viktighet med tanke på brann i hulrom, da røykproduksjon og brennende dråper muliggjør for ytterligere spredning.

5.3 Brannspredning via utvendig flammepåkjening

5.3.1 Utvendig flammeeksponering

En bygning kan utsettes for mange typer av utvendig flammeeksponering. Med denne eksponeringstypen menes påvirkninger veldig nær, eller i direkte kontakt med bygningen. Eksempler på slike kan være lynnedslag, gasseksplosjoner, brannstiftelse, pyroteknikk, varme arbeider.

DEL 2 – Analyse

Denne delen av rapporten presenterer et analysearbeid som undersøker hvilke brann- og fuktproblemer som kan oppstå for en yttervegg i trehusbebyggelse.

6 Analysebyggverket

Selv om denne masteroppgaven i all hovedsak omhandler problematikk i yttervegger, vil det være hensiktsmessig å kunne forestille seg en hel bygningskropp. Brannforløpet vil være veldig avhengig av valg i forbindelse med materialer, romgeometri, ventilasjon, brannmotstand og lignende. Det finnes altså mange parametere som vil ha innspill på hvordan en brann spres til fasaden, hvor hurtig dette skjer, og hvor omfattende konsekvensene er. Det er valgt å forestille seg en bygning, fremfor å ta utgangspunkt i en som er ferdigbygd. Dette ble gjort for å kunne bestemme de kritiske sonene, fremfor å måtte ta hensyn til sonene som finnes på en bygning.

Bakgrunnen for de noen av de mest kritiske valgene er begrunnet i egne underkapittel. Noen av de tidligste kriteriene som ble satt var: Det skulle være en 2-etasjers bygning i tre, med loft, og atkomstvei over bakkeplan langs fasaden. I tillegg skulle ytterveggen være en luftet konstruksjon. Utover dette ble det utforsket flere ulike utforminger frem til den endelige løsningen ble valgt.

6.1 Fysiske forhold

- Analysebygget er et eldre byggverk i oppført i 1987.
- Boligkompleks med 12 boenheter, fordelt på 2 etasjer.
- Beboende i øverste etasje har atkomstvei over bakkeplan langs byggets sidevegg.
- Bygningen har et loftsrom.
- Det er ett aktuelt brannrom lokalisert langs det ene hjørnet av bygningen, i underste etasje.
- Bygningen har et saltak.
- Det er god klarning til andre bygninger, gjerder og andre tette objekter.
- Hver boenhet har sine egne søppeldunker bestående av plast.

6.2 Tekniske forhold

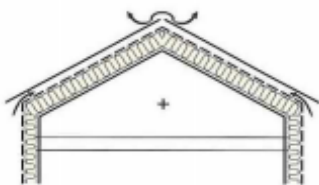
- Ytterveggene er en luftet konstruksjon (totrinns tetting) med trestendere
- Langs gavlvegg er det ingen geometriske innblandinger.
- Liggende bordkledning
- Analysebygningen har tradisjonell branncelleinndeling, med fornuftige avgrensninger.
- Bygningen har ingen aktive brannsikringstiltak.
- Luftespalten er ikke brannsikret

6.3 Valg i forbindelse med loftsrom

6.3.1 Ulike utforminger

Det var i all hovedsak fem forskjellige utforminger å velge mellom. I avsnittene under vil de potensielle utformingene vises, før det endelige valget blir presentert. Hvor hen isolasjon, dampsperre og vindsperre blir plassert spiller en viktig rolle både fukt- og brannteknisk.

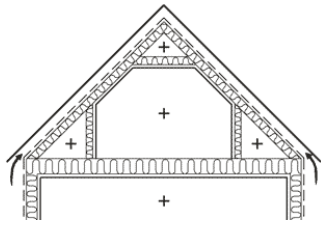
Eksempel 1 – Lukket og uluftet loftsrom (sperretak)



Figur 15: Lukket og uluftet loftsrom (sperretak)

Her vises et tradisjonelt sperretak, hvor takplanet isoleres i sin helhet. Det vil si at området mellom hver takbjelke fylles med isolasjon, da all lufting foregår over disse sjiktene. Dette gir veldig god brann- og fuktsikkerhet da loftsrommet er uluftet. Sperretak gir vanligvis veldig trygge løsninger, der spredning av røykgasser gjennom raft er veldig usannsynlig. Den største ulempen er at slike tak krever et bæresystem som ikke alltid er fordelaktig for planløsningen. Takbjelkene eller møneåsen må understøttes av søyler eller bærevegger. Innvendige søyler og vegger vil inngå i bruksarealet (BRA), men vil resultere i et mindre nettoareal (NTA). Gulvarealet som grenser mot sideveggene (langveggene) er i praksis svært lite nyttige, selv ved bruk av knevegger som figur 15 viser. Dermed forsvinner deler av det mest praktiske arealet på loftet ved en slik takkonstruksjon (Takstogeiendom, 2016).

Eksempel 2 - Lukket og uluftet loftrom (loftromstakstoler)

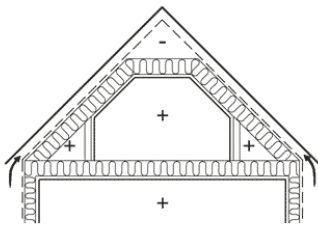


Figur 16: Lattet og uluftet loftrom (loftromstakstoler)

Figur 16 viser et klassisk eksempel med loftromstakstoler, hvor dampsperran blir lagt på innsiden av veggstavene og hanebjelken. Dette er veldig fordelaktig da dampsperran kan legges kontinuerlig, uten noen tetning mot hver takstol. I dette eksempelet er det valgt å fordele isolasjonen i et indre og et ytre sjikt, hvorav vindsperran blir lagt på utsiden av det ytterste. Det innerste isolasjonslaget puttes mellom veggstavene og hanebjelkene, mens det ytre isolasjonslaget følger overgurtene helt opp til mønet.

I denne utformingen foregår all lufting i en egen luftespalte over undertaket og vindsperran. Selve loftrommet er fullstendig uluftet, noe som gir god fukt- og brannsikring. En av fordelene med å fordele isolasjonen i to sjikt er at brannen får en ekstra barriere den må gjennomtrengre før hele loftrommet er utsatt for brannutvikling. Dette vil komme til nytting dersom brannen skulle trenge gjennom utettheter i bygningen.

Eksempel 3 – Delvis åpnet og luftet loftrom med beskyttet raft

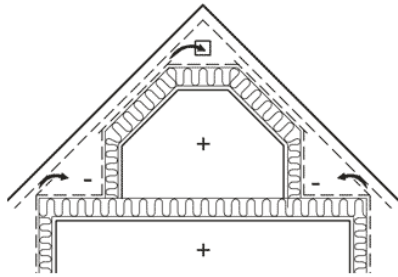


Figur 17: Delvis åpnet og luftet loftrom

Fra figur 17 kan en se en annen utførelsesmåte ved bruk av loftromstakstoler, der isolasjonen kun legges i ett sjikt. Dampsperran er plassert innenfor hanebjelken og veggstavene. Isolasjonen blir lagt mellom overgurtene opp til hanebjelken, mens vindsperran legges på utsiden av overgurtene. Denne utformingen sikrer at begge tettesjiktene kan installeres uhindret av takstolene. Dette loftrommet er uluftet, og med unntak av et hulrom over hanebjelken ved mønet, er det et varmt loft.

Lufting av tak for å forhindre snøsmelting skjer i en egen luftespalte mellom taktekning og vindsperre. Denne løsningen sikrer at brenngasser ikke kan spre seg til loftrommet, før de ulike brannskillene eventuelt gjennombrennes. Dette er en god løsning som sikrer stor og fri uhindret rombredde, samtidig som fukt- og brannsikringen er intakt.

Eksempel 4 – Loftstromstakstoler med ubeskyttet raft



Figur 18: Loftstromstakstoler med ubeskyttet raft

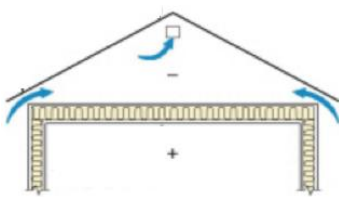
Figur 18 viser et annet eksempel med loftstromstakstoler, der all isolasjon er plassert mellom veggstavene og hanebjelkene. Dette er en kombinasjonsløsning med både varm og kald seksjon av loftet. Rikelig med luftgjennomgang fra åpning ved raft og møne sikrer for åpne luftede soner langs disse partiene. Dette sikrer at temperaturen på taktekningen vil holdes lik utetemperaturen, slik at snøsmelting unngås.

Til tross for at dette lufteprinsippet forhindrer snøsmelting, er det ikke det mest egnede med tanke på brannsikkerhet. Her er all isolasjon lagt ved fagverkens indre staver og bjelker, mens raft står helt ubeskyttet. Dette gjør at røykgasser fritt kan inntre loftet i en brannsituasjon.

Løsningen med å isolere mellom veggstavene og hanebjelkene er likevel langt tryggere enn kun å isolere etasjeskilleren. En kombinasjonsløsning mellom kaldt og varmt loft gjør at brannen må penetrere beskyttede veggkomponenter, før hele loftet overtennes. Det skal nemlig være mulig å anlegge de indre stavene med brannmotstand. Dersom brann spres opp hit vil det likevel være gode forhold for brann til å kunne gjennombrenne taket, da dette står ubeskyttet.

Takfoten, altså overgangen mellom vegg og tak, er det mest utsatte partiet. Her er det rikelig med oksygen til forbrenningsprosessene, samt intensive varmeflukser mot både tak og gulv, da avstanden er liten.

Eksempel 5 – Åpent kaldloft med ubeskyttet raft



Figur 19: Åpent kaldloft med ubeskyttet raft

Åpne kaldloft med all isolasjon plassert i etasjeskiller er en veldig uheldig løsning med tanke på brannsikkerhet. Ved slik gjennomføring vil området langs raft være fullstendig åpent for luftgjennomgang, noe som også medfører fare for hurtig brannspredning, se figur 19.

Fordelen er at temperaturen på loftet vil simulere utetemperaturen, slik at snøsmelting unngås. Det er også en billig og enkel løsning, men om brannen når dette loftet kan den enkelt omfavne hele rommet med flammer og røyk. Gjennombrenning av tak og etasjeskiller vil dermed kunne skje ved slik utforming.

6.3.2 Valg tilknyttet loftsrom

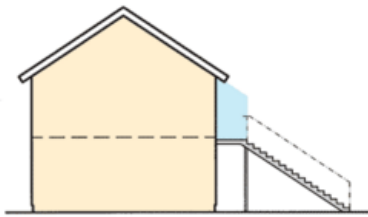
For analysebyggverket ble det valgt et åpent kaldloft med ubeskyttet raft, tilsvarende eksempel 5. Bakgrunnen for dette valget var at dette den alvorligste varianten, da slike loftsrom står helt ubeskyttet. Loftet tenkes brukt av alle beboerne som oppbevaringsplass og klestørking. Loftsrommene har vindusåpninger i begge gavlveggene.

6.4 Valg i forbindelse med atkomstvei over bakkeplan

6.4.1 Utformingsvarianter på sval- og altangang

Utformingen på sval- og altanganger faller hovedsakelig innunder tre kategorier, hvor hver og en besitter ulike risikoer. Mye avhenger av materialvalg, men utformingen har også mye å si for hvordan et brannscenario kan bli ordentlig dramatisk.

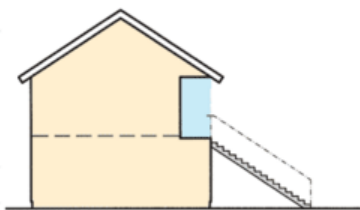
Eksempel 1 - altangang



Figur 20: Altangang, 2004

Figur 20 har ingen overbygning og kategoriseres som en altangang. Brannfaremomentene for denne type konstruksjon er visst en brann starter i underetasjen, får utvikle seg, og knuser vinduer i retning altangangen. Straks brannsøylen møter altangangen i overkant, vil den spre seg horisontalt og utover (SINTEF Byggforsk, 2004).

Eksempel 2 – Svalgang inntrukket i fasaden

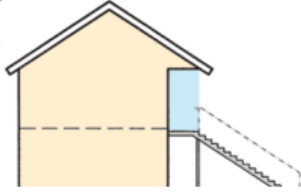


Figur 21: Svalgang inntrukket i fasaden, 2004

Figur 21 viser en svalgang med overbygning som er inntrukket i fasaden. Fra figuren kan en se at kun trappenedgangene er synlig for underliggende brenngasser. Disse trappene vil sjelden plasseres over vinduer i underetasjen, da det er lite hensynsmessig med tanke på daglys og utsyn. En slik utforming vil ikke være utsatt for horisontal brannspredning i underetasjen, men straks et vindkast inntreffer vil overetasjen være utsatt. Overbygningen vil da fange opp røykgassene og spre den sidelengs og utover. Dette utgjør en stor fare for horisontal brannspredning i overetasjen, gjennom hele byggets lengde. Røykgassene som trenger utover kan

utsette tak og loftsrom for brannspredning. Denne detaljen vil bli gjennomgått som en egen kritisk sone, og vurderes mer der; i kapittel 6.3 (SINTEF Byggforsk, 2004).

Eksempel 3 - Svalgang



Figur 22: Svalgang, 2004

Figur c viser en annen utforming av en svalgang, og denne er den mest utsatte varianten med tanke på brannspredning. Gangpartiet vil fungere som sperrende sjikt for en brannsøyle i underetasjen, mens overbygningen vil være sjiktet som fanger opp røyken i overetasjen. Brannceller i begge etasjene er dermed utsatt for å bli brannpåvirket tidlig som følge av

horisontal brannspredning utendørs. I likhet med eksempel 2, besitter denne utformingen risiko for brannspredning til overliggende etasje som følge av vind (SINTEF Byggforsk, 2004).

6.4.2 Valg tilknyttet atkomstvei over bakkeplan

For analysebyggverket ble det valgt varianten som vist i eksempel 3, altså en svalgang. Dette valget baseres på at dette var den varianten som var mest utsatt for brannspredning. Det ble valgt et bæresystem av loftsromstakstoler, uten noen ordentlig vertikal branncelleinndeling. Dette medfører at brannen raskt kan omfavne hele loftsrommet. Svalgangen er plassert på sideveggen (bygningens langside). For å gjøre det lettere å skille mellom de ulike veggene vil de framover i rapporten omtales med unikt navn. Sidevegg med svalgang vil omtales som frontvegg, mens sidevegg uten svalgang vil kalles for bakvegg. Brannen kan bare bryte ut gjennom en av gavlveggene, dermed beholder denne sitt navn. Undersiden av svalgangen er ikke beskyttet mot brann.

6.5 Brannklassifisering

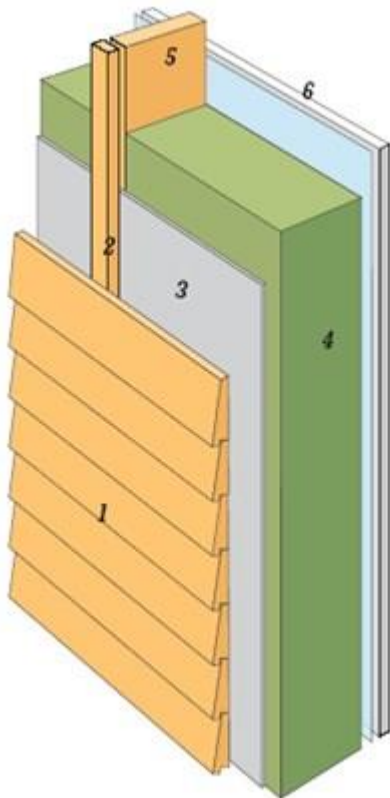
Brannklassifiseringen av materialer, overflater og skillekonstruksjoner er som følgende:

6.5.1 Brannmotstand

Ettersom dette er et relativt gammelt bygg forventes det at det finnes enkelte hulrom og utettheter ved gjennomføringene. For analysebygningen er det dermed valgt at gjennomføringer vil ha slurvete tetning, og at det enkelte steder ikke er gjort tett tiltak i det hele tatt.

6.5.2 Materialers egenskaper ved brannpåvirkning

Det har ikke blitt gjort tiltak for smarte materialvalg i analysebygningen. Dette medfører at en rekke av inventaret har euroklasse E, mens overflater har euroklasse D. Sjøktene i ytterveggene er: Liggende ytterkledning i osp, utlekting, vindsperrefolie med euroklasse E, glassull med euroklasse A1 (ubrennbar), vindsperrefolie med euroklasse E og innvendig kledning av spon. Mange av produktene både inne i vegg og ellers i bygningen har høy røykproduksjon og avgir brennende dråper. Enkelte har tilleggsklasser d0 og s3. Se eksempel på tenkt oppbygning i figur 23.



Figur 23: Oppbygning på yttervegg, 2016

6.6 Vinduene

Dette brannrommet har vindusåpninger mot begge langveggene, og mot den ene gavlveggen. Det vil blant annet si at brannrommet har vindusåpninger i retning mot svalgang.

Vinduene er av tradisjonelle floatglass. På gavlveggene og sideveggen som ikke grenser mot svalgang er det vannbrettbeslag over vinduene. Langs sideveggen som grenser mot svalgang er det ikke vannbrettbeslag på vinduene i nederste etasje, da svalgangen fungerer som en skjermende bygningsdel.

7 Oversikt over ulike brannscenarier

7.1 Brannårsak

Alle brannårsakene som er nevnt i kapittel 3.1 kan inntreffe for analysebygningen. Det vil si at ytterveggen kan bli brannpåkjent både via innvendige og utvendige branner.

7.2 Innvendig brann

Innsiden av en denne trebygningen kan bli antent på mange forskjellige måter, hvor de tre dominerende brannårsakene er; elektrisk årsak, feil bruk og bar ild. Da denne bygningen har materialer med dårlige egenskaper mot brannpåvirkning jevnt spredt i bygget, vil brannen ha gode vekstvilkår. Det finnes ingen aktive brannsikringstiltak som for eksempel komfyrvakt til å hindre brann i kjøkkenet, eller sprinkleranlegg til å forhindre overtenning. På bakgrunn av dette anslås det at en antennelse inne i analysebygningen har gode vilkår for å kunne utvikle seg til en brann, og til å vokse seg stor.

Ettersom bygningen har tradisjonell branncelleinndeling vil røykgassene fra en innvendig brann søyle raskt nå ytterpunktene i branncellen, og danne et unisont røyksjikt under himlingen. Gulv og brennbare overflater ellers i brannrommet vil etter hvert antennes som følge av den intense tilbakestrålingen fra dette røyksjiktet, da disse er brennbare flater mer euroklasse D og E. Brannen kan altså overtennes, og inngå fasen fullt utviklet brann. Vinduene både langs sidevegg brytes i overgangen til fullt utviklet brann, da disse ikke er brannklassifiserte.

Brannen er noenlunde avgrenset mot spredning til naborommet da innerveggene har brannmotstand. Dette er likevel et gammelt byggverk hulrom og utettheter vil finnes.

Herfra kan brannen nå fasaden på forskjellige måter. Da ytterveggene i denne bygningen har stor varmeisolasjonsevne anslås det at gjennombrenning av ytterveggene ikke vil være årsaken til brannspredningen. De innvendige brannene vil dermed hovedsakelig spre seg til fasaden via hulrom og utettheter, eller gjennom vindus- og ventilasjonsåpninger.

7.2.1 Brann ut vindusåpningen

Jamfør kapittel 5.1 vil vinduer med overliggende vannbeslag kunne lede flammer og røykgasser inn i luftespalten. Dette er aktuelt for brannsøylen ut vinduene i gavl- og bakvegg, og kan inntreffe selv uten påvirkning fra vind. Langs raft er det lufteåpninger til loftsrommet, noe som medfører at brannen kan bli spredt opp dit via luftespalten, da denne står ubeskyttet.

Brannsøylen ut fra gavl- og bakvegg vil også gi direkte flammepåkjening til overliggende kledning. Dette er problematisk da yttersjiktet er ubehandlet osp, som lett kan antennes. Slik kan brannen følge utsiden av kledning opp til overliggende etasje og loftsrom.

Jamfør underkapittel 5.1.2 kan brannsøylen strekke seg langt over 5 m fra toppen av vinduet. Dette vil få konsekvenser for vindu i overetasjen som kan oppleve veldig sterke varmekulser, eller direkte flammeeksponering. Konsekvensene av dette kan være brudd, og rask spredning til branncellen over.

Brannsøylen fra vinduet på frontsiden vil bli endret grunnet svalgangens geometriske innblanding. Ettersom det ikke er gjort brannsikringstiltak for å sikre at brannsøylen rettes utover, vil røykgassene opphopes dette sperresjiktet og legge som et røyksjikt. Dette vil legge seg under hele svalgangen og påføre en voldsom varmekulser mot vinduer i branncellene horisontalt for brannrommet.

Konsekvensen av dette er at vinduene brytes og brannen spres raskt til nabobranncellene.

7.2.2 Brann gjennom hulrom og utettheter

Siden denne bygningen hadde slurvete branntetning ved gjennomføringene, og det enkelte steder ikke var gjort tetningsarbeid i det hele tatt, vil bygningen være utsatt for denne type brannspredning. Det er vanskelig å forutse nøyaktig hvordan brannen vil bre seg da denne kan spre seg relativt usett gjennom bygningskroppen. I tilfellene hvor det ikke er gjort tetteltak i det hele tatt vil flammer og røykgasser fritt kunne trenge inn i hulrommet allerede tidlig i vekstfasen. Der det er gjort noen brannsikringstiltak forventes det at brannspredning ut til hulrom ikke skjer før sent i vekstfasen da det har bygd seg opp et tykt røyksjikt.

Hulrommene kan finnes både for innervegger og yttervegger, avhengig av hvor de dårlig sikrede gjennomføringene ligger. Ettersom det ikke er tetningstiltak i luftespalten kan en brann som brer seg til denne via hulrom spre seg til nye brannceller både horisontalt og vertikalt. Luftespalten leder også opp til ubeskyttet raft, dermed kan brann gjennom hulrom spre seg til å omfavne loftsrommet.

7.3 Utvendig brann

Utsiden av denne trebygningen kan også bli brannutsatt. Jamfør kapittel 3.1 er de dominerende årsakene til brannstart utendørs; bar ild, brannstiftelse og varme arbeider. Da ytterkledningen er av trevirket osp kan denne antennes, men det kreves likevel direkte flammepåkjenning eller veldig sterke varmeflukser. Utvendige branner i form av direkte flammeeksponering generer sjelden store nok varmeflukser til å bryte vindussjiktene. Slike branner har enklere for å spre seg gjennom utettheter og hulrom i bygningskroppen. Dette er gitt at brannen utendørs ikke er fra nabobebyggelse eller vegetasjon, men det er ikke blant fokusområdene for denne rapporten.

Brannspredning oppover fasaden vil skje langt saktere for en utendørs brann enn når en brannsøyle står ut fra vinduet. En fullt utviklet brann innendørs vil nemlig ha langt mer brannlast, flere forbrenningsprosesser, mer røykproduksjon, samt en kraftig brannsøyle stående langt opp fra toppen på vinduet. Det kan likevel forekomme at utvendige branner bryter gjennom både vindu, luftespalte og ytterkledning.

Denne bygningen har god klarning til nabobyggverk, boder, og andre tette objekter, dermed vil det være god klarning langs fasaden. Hvis deler av uteområdet besto av gjerder, boder og lignende kunne disse skjermet en brann under utvikling slik at all luftstrømning kom fra en side. Dette ville i mye større grad medført direkte varmepåkjenning på ytterveggen da brannsøylen ville blitt presset helt inntil vegglivet. Ved kraftige vindkast kunne brannsøylen i enkelte tilfeller blitt ledet direkte inn i luftinntaket til ytterveggenes luftespalte.

For analysebygget er det god klarning noe som medfører lufting fra hvertfall tre av kantene. Dermed anslås det at luftinntaket er for lavt til at vind vil kunne lede røykgasser direkte inn i luftespalten, gitt at brannen ikke skjer rett ved ytterveggen.

Brann kan spres til fasaden via varme arbeider like ved ytterveggen. Da vil både selve kledningen kunne ta fyr, og flammer kan spres opp luftespalten slik at vindsperre og lekter antennes. Sett at røykgasser og flammer spres inn til luftespalten vil de ha god forutsetning for å kunne spre seg både horisontalt og vertikalt gjennom hele fasaden, da denne står uten sikringstiltak. Denne innebærer blant annet spredning opp til loftsrom, da raft står ubeskyttet.

Jamfør underkapittel 3.1.3. skjer brannstiftelse ofte gjennom at søppelbøtter blir påtent. Siden hver boenhet her har sine egne søppeldunker, antageligvis en for papir, en for matavfall og en for restavfall,

vil brannstiftelse være en mulig årsak til brann. Slike branner kan skje gjennom nattens frambrudd og spre seg via direkte flammepåkjønning eller varmeflukser, da de er flyttbare.

8 Kritiske soner

På bakgrunn av de ulike brannscenarioene som ble gjennomgått i kapittel 7, er det funnet frem til noen kritiske soner. De alle mest kritiske sonene i analysebygningen er hulrommene, åpningen langs raft, luftespalten i yttervegg, vinduene, svalgangen og selve loftsrommet. Disse sonene kan som nevnt drastisk endre på brannforløpet, og bidra til rask brannspredning både horisontalt og vertikalt. I dette kapitlet vil det bli gjennomgått hvorfor de ulike sonene anses for å være kritiske, mens i kapittel 9 vil det bli foreslått tiltak for å utbedre situasjonen rundt dem.

Da dette er et analyseprosjekt hvor det foreligger veldig mange usikkerhetsparametere, vil det være hensiktsmessig å vurdere de kritiske sonene litt generelt. Med dette menes at det nevnes problematikk som kan være aktuelt for de kritiske sonene, men som også ikke nødvendigvis er nødt til å være det.

8.1 Vinduene

8.1.1 Eksponeringsretning

Vinduene ble ansett for å være kritiske soner både for inn- og utvendige branner. Selv om brannscenarioet avdekket at utvendige branner sjelden ville generere store nok varmekulser til å bryte vindusjiktene, kunne det inntreffe. Det fantes nemlig faremomentet med at brannen kunne spre seg gjennom luftespalte og utvikle seg gjennom hulrom og veggens indre sjikt før den brøt ut mot vinduet. Andre faktorer var at søppeldunkene kunne bli plassert like vegg vinduene, påtent under nattens frambrudd, og medføre brudd som følge av direkte flammepåkjening. Den andre eksponeringsformen var når vinduet ble utsatt for en brann innvendig. Denne eksponeringsformen ble avdekket til å gi langt mer kritiske konsekvenser enn en utendørs brann.

Basert på brannscenarioene kan vinduene være en stor faktor til brannspredning, men det foreligger også mange andre problemer med disse sjiktene.

8.1.2 Problematikk

Jamfør underkapittel 3.3.1 vil brannsituasjonen fullstendig endres ved vindusbrudd, da brannen får kontakt med utelufta. Med unntak av veldig gamle bygninger vil tilnærmet all luftstrømning inn et rom skje gjennom vinduer og dører. Uavhengig om disse står åpne eller om de brytes i

brannscenarioet, vil det endre situasjonen i brannrommet. Dette kommer av at varmeavgivelsesraten og størrelsen på en brann er begrenset av oksygentilførselen til brannrommet.

Tynne sperresjikt

Disse glassflatene er de tynneste sperresjiktene en finner, og fungerer langt dårligere enn termisk tykke sjikt ellers i bygningen. Ikke bare må de være lukket for å være brannskillende, de er også veldig uforutsigbare i lukket tilstand. Vinduer skiller seg stort fra barrierer som vegg og tak, ved at det kun er tynne glassflater som beskytter mot brannen. Brudd på disse tynne sjiktene vil medføre øyeblikkelig svikt, kontra en gradvis svekkelse som er vanlig for de termisk tykke sjiktene. Eksempelvis vil en vegg som eksponeres fra én side gradvis få svekket brannmotstanden sin gjennom motstandstiden, jamfør underkapittel 3.4.4.

Oksygentilgang

Før en innvendig brann sprer flammer for fullt ut av vindusåpningene, gjennomgår den en rekke utviklingsfaser. Kjent fra underkapittel 3.3 er det det ofte rundt overgangen mellom vekstfasen og fasen for fullt utviklet brann at vinduene knuses, da blir varmefluksen nemlig for høy. Det ligger likevel mye usikkerhet i når glasset vil knuses, og hvordan flammene og røykgassene vil bre seg i vindusflaten. Ved å hindre at glasset sprekker, unngås det oksygentilførsel fra utelufta, noe som hemmer forbrenningspotensialet i brannrommet.

Giftige gasser

Et annet problem med vinduer er at det ofte er trangt med plass i området rundt dem. Fast isolasjon er dermed uegnet, og hulrommene må tettes med andre midler for å unngå kuldebroer. Et vanlig produkt for å tette vinduskonstruksjonen er fugeskum av polyuretan. Dette tetteskummet fylles mellom vindusrammene og motstående flate, ofte horisontalt spikerslag (losholt) eller veggstender. Hvis dette skummet kommer i kontakt med brannen kan det frigjøre hydrogencyanid også kjent som gassen blåsyre. Dette er en narkotisk røykgass som er livstruende selv ved lave konsentrasjoner. Jamfør underkapittel 3.4.3; giftighet av røykgassene, kategoriseres denne gassen som giftig gass av kategori 1, den mest dødelige sorten. Blåsyre er vannløselig og kan tas opp ved innånding, hudkontakt og svelging. Denne gassen hindrer et enzym som står for oksygenopptak, slik at det oppstår indre kvelning (STORE NORSKE LEKSIKON, 2013).

8.1.3 Brudd på glasset

Alle de overnevnte problemene inntreffer først når vinduet brytes. Analysebygningen hadde vinduer av floatglass, den tradisjonelle sorten. Dette er viktig å spesifisere da ulike glasstyper bryter på forskjellig vis. Mye avhenger også av avstanden til røyksjiktet, siden når avstanden til glasset blir mindre, blir intensiteten større, og brudd har da lettere for å skje. Dette gjør at vinduer med minst avstand fra himling brytes først, da intensiteten på varmefluksen her er størst. Ekstra store vinduer er særdeles utsatte for brudd da disse har en stor temperaturgradient fra topp til bunn av glasset. Ikke alle vinduer av floatglass er nødt til å knuse, men alle slike vinduer i et brannrom vil oppleve oppsprekking. Forbrenningsprosessene vil medføre at brannrommet tilføres mer røykgasser, og røyklaget vil da gradvis trekke seg nedover, slik at også små vinduer lavt på veggen eksponeres.

Oppsprekking av floatglass

Når en vindusrute av ordinært floatglass blir oppvarmet, vil det sprekke når glasset når en temperatur på 150-200°C. Den første sprekken vil starte fra en av endene. På dette tidspunkt vil ikke sprekken ha noe effekt på tilgjengelig ventilasjon for brannen, til tross at sprekken går gjennom hele glasset. For at det skal bli luftstrømning gjennom denne åpningen, holder det ikke at glasset sprekker, en stor bit må også falle ut.

Eksponeringsretningen har som nevnt i underkapittel 8.1.1 stor innflytelse for når vinduet knuses. Det har blitt forsket mye på når vinduer av floatglass vil sprekke, og når glasset vil falle ut, men de aller fleste studiene gjelder for 1- eller 2-lags vinduer. Her i Norge brukes det sjelden mindre enn 3-lags glass, dermed er ikke verdiene funne i studiene særlig representative (Babrauskas, 2016).

Svikt i vindusrammen

I de fleste sammenhenger er det glassflaten som regnes for å være vinduets svakeste punkt, men rammen kan også være en faktor. Tilslutningen mellom glass og ramme kan bli påvirket. Det som da vil skje er at pakningen mellom disse materialene ikke lengre klarer å forhindre kontakt. Der glass kommer i kontakt med metall eller annen hard flate vil det bli brudd. Dette kan skyldes varmeledning via metall og tilslutningen.

Selve materialvalget på rammen kan også ha innflytelse da enkelte materialer vil medføre svikt i rammen før glasset faller ut. Rammer av vinyl har for eksempel en tendens til å gi etter før glasset (Mowrer, 1998).

8.2 Luftespalten i veggen

Luftespalten er en kritisk sone for alle trehusbygninger med tottrinns tetting, gitt at det ikke innføres brannsikringstiltak for den. Det samme gjelder for analysebygningen, hvor det gjennom brannscenarioene ble påvist at luftespalten var blant de største bidragsyterne til brannspredning. Brann kunne nemlig nå luftespalten både via utvendig brann- eller flammeeksponering, eller ved brann ut av vindusåpningene. Sistnevnte er definitivt verst da varmefluksen, røykproduksjonen og brannspredningsevnen til en fullt utviklet brann langt overskrider den fra en utvendig. Fra arbeidet med brannscenarioene ble det blant annet kjent at en utendørs brann ikke ville bidra til noen voldsom brannutvikling. Under de rette brannforholdene vil røykgasser og flammer likevel kunne spres gjennom denne sonen. Dette gjør denne sonen ekstra kritisk da både branner innenfra og utenfra kan benytte seg av dette hulrommet for rask spredning.

8.2.1 Horisontal og vertikal brannspredning

Flammer og røykgasser går minste motstands vei, dermed er åpninger i form av luftespalter eller utettheter ekstra utsatte. Dette hulrommet gir rom for brannen til å spre seg både horisontalt og vertikalt, forbi branncellebegrensninger som vegger og etasjeskillere. Foruten om å ha gode forutsetninger for å kunne spre seg, kan det også skje veldig fort. Dette skyldes at brann i luftespalter er sterkt påvirket av skorsteinseffekten, der varm luft vil stige som følge av lavere tetthet. Brannspredning i en luftespalte vil vanligvis skje langt hurtigere enn når det brenner i selve kledningen fra utvendig branneeksponering. Uten midler for å stoppe branner i en luftespalte vil konsekvensene bli svært alvorlige, som nevnt i underkapittel 4.5.1; rask spredning gjennom bygget.

8.2.2 Stråling

Intensiteten av varmestrålingen mellom kledning og vindsperre vil øke med minskende bredde på luftespalten. Trematerialer brenner bedre dersom de brennende flatene stråler mot hverandre. I analysebygningen ble det brukt liggende trepanel av osp, og brennbar vindsperre. Disse vil dermed kunne stråle mot hverandre, da begge er brennbare. Hvis kun en av flatene hadde vært brennbare ville

den ubrennbare flaten absorbere mye av varmen. Dette er eksempelvis vanlig for konstruksjoner av betong.

8.3 Svalgangen

8.3.1 Bakgrunn

Jamfør kapittel 3.7 er svalgangen først en kritisk sone når eksponeringsretningen er innenfra. Dette kommer av at problematikken med en geometrisk innblanding først trer i kraft når sperresjiktet utsettes for en brann søyle ut av en vindusåpning.

8.3.2 Problematikk

Fra underkapittel 5.1.2 ble det kjent at når brann søylen fra en vindusåpning har en geometrisk innblanding, vil flammene og røykgassene spre seg horisontalt. Svalgangen i analysebygningen er et eksempel på en slik geometrisk innblanding, og kan dermed by på mange utfordringer. Dette sperresjiktet forhindrer brann søylen fra vinduet i å opptre som en utvendig brann.

Nevnt under brannscenarioet vil det dannes et røyksjikt som presser seg sidelengs i svalgangens fulle lengde. Dette røyksjiktet vil avgi store varmeflukser mot underliggende gangflate, og mot vinduer i andre brannceller på samme plan. Slik vil brannen kunne omgå den naturlige branncelleinndelingen i form av vegger ved at røyksjiktet bestråler vinduene til brudd. Det er dermed en reell trussel for at svalganger slik som den i analysebygningen kan bidra til hurtig horisontal brannspredning.

8.4 Hulrommene

8.4.1 Problematikk

Et av problemene med brann gjennom hulrom i denne bygningen er at materialene inne i veggene brannpåvirkes. Her finnes det lettantennelige materialer, som for eksempel vind- og dampsperre med euroklasse E. Disse vil bidra til brannspredning og kan avgi mye røykgasser. Brann gjennom disse hulrommene kan spre seg internt i bygningen til nabobranncelle, eller den kan spre seg ut til fasaden og videre oppover langs luftespalten.

Brannen kan følge disse hulrommene relativt usett, og hvertfall unngå slokning før de har gjort veldig stor skade.

8.5 Raft og loftsrom

8.5.1 Eksponeringsretning

I kapittel 7 ble det avdekket at raft og loftsrom kan være kritiske soner både for eksponeringsretning innen- og utenfra. Dette skjer som oftest via luftespalten, men kan også skje ved at selve kledningen antennes utenfra, for eksempel ved varme arbeider.

8.5.2 Problematikk

Manglende branncelleinndeling på loft

Det største problemet med at brannen spres til loftsrommet, er at det fullstendig mangler vertikal branncelleinndeling der. Brannklassifiserte vegger og dører som finnes i underliggende etasjer, fortsettes ikke på loftsrommet for denne bygningen. Da er åpent for flammer og røyk å bre seg i hele byggets lengde- og bredderetning.

Brannutvikling på loftsrom

Siden loftsrommet ble brukt som oppbevaringsplass, kan det tenkes at veldig mange brennbare artikler er samlet på et område. Dette gjør at en brann som spres hit fort kan utvikle seg, om det spres til områdene hvor tingene oppbevares. Luftingen langs raft vil gi rikelig med oksygen til brannen, dermed anses det som veldig farlig om brannen spres hit.

Gjennombrenning av etasjeskiller og tak

Jamfør kapittel 3.8.5 kan branner som spres til kalde loftsrom være vanskelige å slokke. Dette kan dermed medføre at om en brann spres til loftsrommet i analysebygningen kan både tak og etasjeskiller gjennombrennes. Siden loftsrommet ikke har noen vertikal branncelleinndeling vil denne gjennombrenning skje for hele gulv- og takflaten simultant. Dette vil medføre ufattelige brannskader, og hele underetasjen vil utsettes for brennende dråper og gjenstander. Flyvebrann til nabobebyggelse anses ikke som en trussel da det ikke nevnes noe om nærliggende bygninger. Gjennombrenning av tak vil likevel være en trussel da fallende objekter kan skade redningsmannskap, og føre til brann lengre ned i bygningen ved hjelp av flyvebrann.

9 Tiltak mot brann

9.1 Bakgrunn

Tiltakene som framstilles i denne rapporten har som hensikt å øke brannsikkerheten i analysebygningen. Ved innføring av flere brannsikringstiltak blir det overordnede målet å forhindre at en brann forekommer, men dersom det skulle inntreffe, ønskes det å kunne begrense omfanget av brannen. Dette lar seg gjøre ved brannbegrensende tiltak, hvor hensikten er å stanse tilløp til brann. Brannbegrensende tiltak baseres på å hindre videre antenning, eller avgrense brannen i tiden det tar for brannvesen å kunne ankomme stedet og slukke den.

9.2 Fremgangsmåte

9.2.1 Forutsetninger

Det er viktig å forstå at branntiltak skjer på bekostning av noe annet; enten investerings- eller vedlikeholdskostnader, akustikk, daglysforhold, estetikk samt mye annet. Et tiltak som ser bra ut på papir er lite hensiktsmessig dersom det koster en formue å holde det ved like, eller dersom det utsetter bygningen for fuktrisiko, eller unødig støy. Det er dermed veldig viktig å få på plass akkurat nok brannsikringstiltak til at følgene av en brann ikke overskrider bekostningen på sikringstiltakene.

9.2.2 Beskytte de kritiske sonene

Problemet med de kritiske sonene er at de muliggjør for brannspredning på annerledes vis en ved gjennombrenning av skillekonstruksjoner. Dette kompliserer brannvesenets oppgave med å slukke brannen, og brukernes tid på å rømme. For analysebyggverket og trehusbebyggelse som innehar disse kritiske sonene er det viktig å innføre brannsikringstiltak.

9.2.3 utfordringer

Eksponeringsretning innenfra skiller seg stort fra utenfra, med tanke på hvordan ulike bygningselementer utsettes, og brannen spres. Beskyttelse på innsiden av bygningen vil ikke beskytte bygningen mot branneksposering fra utsiden. I samme forstand vil ikke nødvendigvis utvendige tiltak kunne hjelpe på en innendørs brann, før den allerede har vokst seg stor.

9.2.4 Anbefalte valg

I dette kapitlet vil det bare bli presentert de ulike tiltakene, mens valgene som anbefales vil komme frem i konklusjon. Først vil det foreslått tiltak for å begrense omfanget av inn- og utvendige branner, deretter vil de kritiske sonene gjennomgås.

9.3 Begrense omfanget av en innvendig brann

9.3.1 Smarte materialvalg

Jamfør kapittel 3.4.2, er det materialers egenskaper ved brannpåvirkning som er avgjørende for brannvekstraten av et innvendig brannforløp. Velges det materialer med gode euro- og tilleggsklasser, vil det være vanskelig for en brann å spres seg til nye flater. Varmeavgivelsen og røykproduksjonen vil være lav, og brannen vil vokse saktere. Dette gir brannvesenet større sannsynlighet å ankomme stedet før situasjonen blir for alvorlig. Smarte materialvalg kan også gjøre at en brann under utvikling strupes, da den mangler brennbare flater å spre seg til. Dette er dermed et tiltak med hensikt å minske brannens vekstvilkår.

Det trengs ikke nødvendigvis legge om gulv og vegger, enkle tiltak som å bytte typiske lettantennelige eiendeler med bedre egnede materialer vil være til hjelp. Materialer med dårlig euroklasse vil antennes raskt, og bidra til ytterligere brannspredning. Typiske lettantennelige eiendeler enkelte typer sofatrekk, duker, gardiner og pledd. Hvis disse fjernes eller byttes til materialer med bedre euroklasse, for eksempel persiener fremfor gardiner, vil hurtig brannvekst unngås. Gardiner besitter en ekstra risiko ved å kunne spre brannen som en flyvebrann. De antennes, mister grepet i hengslene og ramler ned.

9.3.2 Branncelleinndeling

Da begge etasjene i analysebygget allerede hadde branncelleinndeling vil ikke dette være aktuelt, men tiltak kan gjøres for loftsrommet. Loftsrommet og åpning langs raft vil bli omtalt i eget kapittel under kritisk sone, se kapittel 9.8.

9.3.3 Forbedre brannmotstanden

Jamfør underkapittel 3.4.4 avhenger brannmotstanden av krav til integritet, isolasjon og bæreevne. Analysebygget hadde store avvik i brannmotstanden både til inner- og yttervegger i forbindelse med hulrom ved gjennomføringer. Disse kan tettes slik at brannen hindres i å spre seg til andre rom, innenfor en motstandstid. Dette gir brannvesenet bedre tid på å slukke brannen før den omfatter store deler av bygningen.

9.3.4 Forhindre overtenning

Et branntilløp i en fullsprinklet bygning vil med stor sannsynlighet kontrolleres og sløkkes i rommet der brannen startet, før overtenning inntreffer. Tiltaket med å velge smarte materialer vil også hjelpe på punktet. Installere komfyrvakt med en timerfunksjon og en funksjon mot overtemperatur. Dette vil forhindre mange tilfeller av brann på kjøkkenet.

9.3.5 Utsette vindusbrudd

Ved å utsette vindusbrudd vil brannen være avgrenset til innsiden i lengre tid, slik at brannvesenet får bedre tid på ankomme stedet. Dette tiltaket vil bli omtalt i eget kapittel; se kapittel 9.6.

9.4 Begrense omfanget av utvendig varmeeeksponering

Kjent fra kapittel 5 kan utvendige branner direkte antenne ytterkledning eller sjikt lengre inn i bygningskroppen. De kan også spre seg inn i bygningen via svakhetssoner som lufteventiler, vinduer og utettheter.

9.4.1 Hindre antennelse

Bytte ut søppeldunkene av plast med nedgravde eller bakkefestede søppelkteinere. Dette vil bekjempe eventuelle farer med brannstiftelse. Det finnes også mange organisatoriske tiltak mot antennelse utenfra. Blant annet ved rutiner og sjekklister slik at det ikke ligger søppel tilstede, og ved å opplyse om risikoen for varme arbeid. Dette vil trolig forhindre bruken av usertifiserte personer til å utføre varme arbeider. En måte å hindre antennelse av veggen på er å behandle den, enten ved hjelp av brannmaling eller ved å bytte ut til mer egnet yttersjikt.

9.4.2 Fasadesprinkling

Fasadesprinkling kan innføres som tiltak for å stanse eller begrense en brann i området bak kledningen. Måten dette tiltaket fungerer på er å fukte kledningen. Når veggen er fuktet vil den være langt mindre utsatt for at strålingsvarme antenner den, da den oppnår en høyere effektiv brannmotstand som følge av vanninnholdet i trevirket. Det er ikke urimelig å anta at det vil ha en bekjempende effekt mot både bar ild som følge av brannstiftelse, rakettdruk og/eller uhell.

9.5 Tiltak for luftespalten

For denne sonen finnes det hovedsakelig bare ett tiltak; forhindre gjennomgang av røykgasser og flammer.

9.5.1 Brannstopp

Brannstopp er et relativt nytt begrep som omtaler et produkt med hensikt å hindre eller forsinke brann gjennom utettheter, luftespalter eller hulrom. I kapittel 4.6.2 ble det gjort kjent at luftespalten besitter fare for raskt brannspredning både horisontalt og vertikalt. Dette produktet finnes i en rekke ulike varianter og materialer, men som oftest kategoriseres de som massive eller ventilerte brannstopp. Ved innføring av et slikt produkt kan det forhindres gjennomgang av røykgasser og flammer, men det må velges rett type.

Ventilerte brannstopp

Ventilerte brannstopp er et tiltak som kombinerer brannsikring med å gi åpningen lufteegenskaper. Til tross for et relativt nytt tiltak, finnes det en rekke ulike produkter å velge mellom og det er viktig å velge rett produkt for rett situasjon. Brannstopp av stål, med perforering i form av bafler eller små spalter, har for eksempel egenskapen med å være fungerende fra installasjonstidspunktet. Disse vil ikke forandre seg ved varmpåkjønning frem til temperaturen i stålet overskrider kritisk temperatur for stål. Stål har veldig høy varmekonduktivitet, noe som tilsier at spredningen av varme innad materialet skjer veldig hurtig. Dimensjonene på brannstopp er i tillegg relativt små, dermed kan en påstå at temperaturen i hele stålet er likt. I temperaturer opp til 400 °C fungerer stålet helt eksemplarisk, men høyere enn dette vil medføre en rask svekking av materialegenskapene. Innfestningen langs sidene vil sannsynligvis slippe, og det vil da bli fri gjennomgang for røyk og flammer til å trenge gjennom brannstoppet. En annen svakhet med denne typen brannstopp er den kun delvis kan oppfylle kriterium til integritet.

Perforeringene er nødvendig for å kunne ivareta lufteegenskapene for veggen, men disse slipper gjennom en andel av røyken og flammene. Dette skjer allikevel i et begrenset omfang, dermed vil branneksporingen på motsatt side av brannstoppen være grovt redusert sammenlignet med ingen brannstopp.

Massive brannstopp

Massive brannstopp av blant annet trevirke, gipsplater, mineralull eller stål uten perforeringer er langt mer forutsigbare enn mange typer ventilerende brannstopp. Disse trenger ingen aktiveringstid, vil ikke endre form ved kraftig solpåkjenning, og den faktiske skilleevnen kan bli anslått mye mer nøyaktig enn for ventilerte hulrom (Jensen og Östman, 2012).

For at materialer skal kunne regnes som massive brannstopp behøver de tilstrekkelig dimensjonering, eller spesifikke egenskaper. Blant de mest vanlige materialene kreves følgende: Lekter av trevirke $\geq 38 \times 38$ mm, gipsplate $\geq 12,5$ mm og stål $> 0,5$ mm. For mineralull finnes det ikke minstekrav til tykkelse, men det må brukes en type med høy densitet. Brannstopp av massivtre kan anslås ved å regne med en endimensjonal forkullingshastighet likens som for en søyle innbundet i vegg, med 1 synlig ende (Jensen og Östman, 2012).

Ekspanderende brannstopp

Ekspanderende brannstopp er en annen variant, som i utgangspunktet er ventilerende, men vil opptrå som en massiv brannstopp ved branneksposering. Ved oppvarming vil materialet svulme opp og danne et tett sjikt, men aktiveringstiden er veldig varierende.

En variant av denne type brannstopp er hulromsventilen. Den består av tynne og kryssede tråder som utvides og tetter hulrommet mellom hverandre. Dette er en effektiv variant, da den er såpass slank at aktiveringstiden ikke er altfor lang (Jensen og Östman, 2012).

9.6 Tiltak for vindu

9.6.1 Bakgrunn

Hovedproblemet med vinduet i en brannsituasjon kom fra innvendig påkjenning, dermed vil det fokuseres på disse. Enkelte tiltak finnes som vil bedre vinduets tåleevne mot begge påkjenningene, mens andre tiltak er mest egnet mot den ene eksponeringsformen. Det er i overgangen mellom vekstfasen og fasen for fullt utviklet brann at vinduene knuses ved innvendig varmeeksponering, da blir varmekraften nemlig for høy.

9.6.2 Tiltak mot innvendig varmeeeksponering

Sett at det ikke innføres tiltak for å unngå antennelse, brannvekst eller overtenning, vil brannen føre vinduene i analysebygningen til brudd. For å hindre spredning til luftespalte, overliggende etasje og loftsrom kan vinduene kan gjøres robuste nok til å motstå brannen når den er fullt utviklet. Et annet alternativ er å utbedre situasjonen på utsiden av vinduet, slik at brannsøylen ut fra vinduet ikke har altfor stor effekt på ytterligere brannspredning.

9.6.3 Brannklassifiserte vinduer

Ved innførelse av brannklassifiserte vinduer forhindres vindusbrudd tidlig i brannforløpet, da disse kan motstå påkjenningen fra en brann selv når den er fullt utviklet. Dette kan løses på flere forskjellige måter og med en kombinasjon av mange ulike glasstyper, men felles for dem er at de tåler langt høyere varmefflukser.

Kriterier for brannmotstand

Kjent fra kapittel 3.3.4; Brannmotstand, finnes det fire overordnede kriterier for brannmotstand. Disse er henholdsvis isolasjon, integritet, bæreevne og mekanisk motstandsevne. Blant disse kan vinduer produseres til å oppnå brannmotstand for kriteriene integritet (E) og isolasjon (I). For vinduer finnes det også et kriterium mot varmestråling (W), hvor glassflaten ikke skal overstige 15kW/m^2 innenfor motstandstiden.

9.6.4 Kjøllesone

Dette er et tiltak hvor det tolereres at brannsøylen får bre seg ut av vindusflaten, da brannsikringstiltakene er utført på utsiden. Fasaden i analysebygningen kan bygges med kjølesone, for eksempel ved at kledningen over vinduet behandles med brannmaling.

9.6.5 Flammeskjerm

Flammeskjerm er et annet alternativ, dersom det ønskes å benytte enn ytterveggskonstruksjon med liten brannmotstand. Denne gir i likhet med svalgangen god skjerming mot vertikal brannspredning. Flammeskjermer kan enten plasseres ved etasjeskiller, eller de kan plasseres like over vinduene. Førstnevnte har med hensikt å beskytte overliggende vinduer og balkongdører. For å kunne klare dette er den avhengig av å ha brannmotstand tilsvarende etasjeskilleren, være ubrennbar (klasse A1 eller A2), samt stikke minst 1,2 m ut fra fasaden. Hensikten er å lede flammen vekk fra fasaden slik at varmestrålingen mot overliggende vinduer reduseres.

Den andre varianten er å bygge flammeskjerm like ovenfor vinduene. Disse besitter også krav om å være ubrennbare, men trenger bare stikke 0,8 m ut fra fasaden. Denne flammeskjermen har som hensikt å hindre antennelse av treverket over vinduet, men vil også bidra til bekjempelse av brann i luftespalten. Vannbeslaget kan nemlig føres over flammeskjermen.

9.7 Tiltak for svalgangen

Hovedproblemet her var oppbygningen av et røyksjikt som førte til brannspredning horisontalt.

9.7.1 Lede brann søylen utover

Ved å lede brann søylen utover vil det ikke bygges opp et røyksjikt. Dette kan gjøres ved å behandle undersiden av svalgangen med en brannbestandig plate med skråning opp og ut fra vegglivet. Da vil røykgassene følge kurvaturen av denne og ledes vegg fra bygningen.

9.7.2 Avgrense hver boenhet langs svalgang

Et annet tiltak er å innføre tettesjikt i underkant svalgang som forhindrer at røykgassene spres horisontalt.

9.8 Tiltak for raft og loftsrom

Loftsrom og raft henger tett sammen da spredning gjennom raft vil påvirke loftsrommet. Enten kan det gjøres tiltak for forhindre brannspredning til loft eller kan det gjøres tiltak for å begrense omfanget av spredning til loft.

9.8.1 Forhindre brannspredning til loftsrom

Beskytte raft

Dette kan gjøres på flere måter. Den ene muligheten er å bevare eksisterende løsning, men beskytte alle lufteåpningene med ekspanderende brannstopp, noe som tillater luftgjennomgang i normal brukssituasjon, men som vil stenges ved brannpåkjenning. En annen mulighet er å innføre alternativ luftinntak og bevare det kalde loftet, for eksempel ved å ventilere gjennom taket.

Luftinntaket kan også fullstendig stenges. Dette kan utføres både med eller uten å isolere takplanet, men det kan by på komplikasjoner.

9.8.2 Begrense omfanget av brann i loftsrom

Branncelleinndeling

Ved å innføre en smart inndeling av brannceller på loftsrommet, forhindres brannen å spre seg over store områder, innenfor motstandstiden.

Unngå overtenning

Ved å installere et aktivt brannslukkesystem kan det forhindres at loftsrommet overtennes.

Del 3 - Diskusjon og konklusjon

10 Diskusjon

10.1 Tanker og ideer tilknyttet litteraturstudiet

10.1.1 Forskjellig ytelse enn brannklassifiseringen tilsier

Kan det blindt stoles på bygningsmaterialers brannklassifisering? Selv om det har blitt gjort omfattende arbeid med å standardisere tester, vil testresultatet variere?

Enkelte variasjoner i et produkt kan gi innflytelse på ytelsen, eller egenskapene det har ved brannpåvirkning. Enkelte av disse kan vurderes gjennom testene, men dersom sluttanvendelsen varierer stort med testanvendelsen, vil ikke produktet reagere som planlagt.

Eksempler på produktvariasjoner kan være farge, tettheten av materialet eller tykkelsen. Variasjoner i anvendelse kan være monterings- og innfestingsmetode, hvilket underlag som er brukt under testproduktet, eller hvordan skjøtearbeidet er gjennomført. Skjøtene kan være viktig med tanke på mellomliggende luftespalter, og eksponerte kanter (Exova, 2016).

Røykproduksjon

Selv om røykproduksjonen for et materiale blir fastsatt ved brannprøving vil mengden røyk som avgis variere gjennom et brannforløp. Dette skyldes at oksygentilgangen og temperaturen endres stort gjennom brannens ulike faser. Branntypen er også avgjørende, da røykavgivelsen i en flammebrann skiller seg stort fra den i en ulmebrann. Andre faktorer som kan virke inn på røykproduksjonen er materialkomposisjonen og orienteringen (helningen) på prøvestykket.

10.1.2 Vind

Verken prosjekteringsgrunnlaget for brannsikkerhet eller generisk fasadetesting tar hensyn til vind. Dette er et usikkerhetsmoment som må vurderes særskilt for hver enkelt bygning. Spesielt i åpne og vindfulle områder, der det finnes få trær eller bygninger til å skjerme vinden. Vind kan for eksempel gi tvungen trekk som øker brannsøylehøyden i motstående åpning.

Vind kan ha innvirkning på mange av de ulike brannsikringstiltakene, spesielt ved horisontale sperresjikt. Dette vil diskuteres under påliteligheten av de ulike tiltakene.

10.2 Tanker og ideer tilknyttet analysen

10.2.1 Bygningers tilpasningsdyktighet

Brukerne må settes inn i de ulike brannsikringstiltakene, og de må ikke være til noe hinder i det daglige liv. Målet er å finne løsninger som ikke er til bry for brukerne. Eksempler for dette finnes for selvlukkende dører. Disse kan ha alarm som går av hvis døren stenges med dørstopp. Dette er en tilnærming som ikke tar hensyn til brukerne. Det kan gå bra, men det kan også forekomme at tiltakene blir klusset med, da brukerne ikke kan bestemmes over. En bedre tilnærming ville da for eksempel være å anrette døren med en funksjon for å kunne låses i åpens stilling, samtidig som den vil lukke seg selv ved brann.

10.2.2 Brann i vegetasjon og nær bebyggelse

Det ble sett bort fra brann i vegetasjon og nær bebyggelse, men hva kunne ventes om dette var aktuelt? Hvilke soner ville blitt antent først? Takutstikk i brennbart materiale vil kunne antennes ved utvendig eksponering, fra for eksempel en brann i nær bebyggelse. Dette vil likevel ikke være kritisk på samme måte som en innendørs brann. Ved eksponering utenfra vil det kun være røykgassene som akkumuleres fra de antente bygningsdelene som vil strømme opp til loftsrom eller gjennom luftespalte. Tak og vegg vil også kunne antennes som følge av stråling og flyvebrann.

10.2.3 Vurdering av enkelte brannsikringstiltak

Flammeskjerm

Dette er ingen flott anordning å se på, og måtte blitt kombinert med solskjerming for å kunne ha en hensikt. Det antas at verken arkitekt eller bruker vil like denne løsningen. Rent fysisk har den også noen ulemper ved for eksempel når vind blåser mot vindusåpningen. Da kan flammer som presses utover bli ledet rett tilbake til luftespalte brennbar kledning i overkant. Dette blir ofte kalt et froskehopp.

Svalganger

Parameteren vind kan også spille stort inn på svalgangen som i utgangspunktet er veldig effektiv mot vertikal brannspredning. Her kan brannen også gjøre et froskehopp, noe som vil medføre hurtig spredning både horisontalt og vertikalt.

Omgjøring til varmt loft

Selv om det finnes situasjoner der varme loft stiller dårligere enn kalde loft i ulike brannscenarioer, vil de som oftest være mye mer brannsikre. Nybygg blir som nevnt oftest bygget med varme loft, men hvorfor gjøres det sjelden endringer med kalde loft? For konstruksjonen i analysebygningen ville det skapt veldig problematikk med tanke på lufting av takkonstruksjonen.

Når et tak som er understøttet av takstoler skal etterisolerers, er det veldig vanskelig å få til kontinuerlige tettesjikt, da dampsperre må klemmes mot hver eneste takstol. Dette er veldig krevende å få tett, og det ender ofte med luftgjennomgang i konstruksjonen. Da vil fuktig inneluft kunne bevege seg ut i konstruksjonen, bli avkjølt, nå duggpunkttemperaturen, og legge seg som kondens.

Ved ordentlig tetningsarbeid av takkonstruksjonen står en fortsatt ovenfor noen problemer. Snøen som tidligere lå på kald overflate, da loftsrommet var kaldt, vil nå smelte som følge av varmetransport innenfra. Dette gjelder også for loftsrom uten varmekilde, da disse vil delvis bli oppvarmet av etasjen under. Omgjøring fra kaldt til varmt loft krever ofte fullstendig utskiftning av tak, da luftep prinsippet må endres. Lettere renovering kan dermed være direkte ødeleggende på fuktsikkerheten i taket, om en ikke har de rette kunnskapene. Brannsikkerheten derimot, økes betraktelig når en unngår lufting langs raft. Da må brannspredningen til loftsrom skje som følge av gjennombrenning av etasjeskiller, et langt mer forutsigbart brannskille.

Stenge lufting langs raft

Hva med et fullstendig lukket loftsrom som er uisolert? Det vil fremdeles være varmere enn utetemperaturen, da varme trekkes fra rommet under. Dette vil medføre snøsmelting og problemer med istapper.

Smarte materialvalg

Velges det materialer med gode euro- og tilleggsklasser vil brannen vokse saktere, og brannvesenet har da større sannsynlighet å ankomme stedet før situasjonen blir for alvorlig. En brann under utvikling kan også strupes ved mangel på brennbare flater å spre seg til. Dette er dermed et tiltak på innsiden av bygningen med hensikt å få minske brannens vekstvilkår.

Sprinkling

Selv om sprinkleranlegget ikke direkte slukker brannen, vil det forhindre at brannrommet overtennes. Dette i seg selv er veldig heldig, men bør det av den grunn installeres sprinkleranlegg i småhus? Vil den beboende tolerere høyere investerings- og vedlikeholdskostnad for tiltaket? Er det akseptabelt at sprinklerhoder stikker ut gjennom himling? Dette finnes ikke svar på før den aktuelle brukeren velges, og anses dermed som en uheldig løsning. Et innvendig sprinkleranlegg vil heller ikke forhindre brann i fasaden om eksponeringen skjer utenfra.

Fasadesprinkling

Noe en må tenke på er ved innførsel av fasadesprinkling er at det må benyttes tørrsprinklerhoder. Dette kommer av at et vått sprinkleranlegg står med konstant vanntrykk som blir utløst ved at brannalarmanlegget utløses eller temperaturen overstiger en maksgrense. I et nordisk klima vil disse vannrørene sprenges på vinterstider, dersom de befinner seg i fasadelivet utenfor isolasjonslaget. Det vil dermed være veldig usikkert om brukerne eller brannvesenet får aktivert det i tide.

Brannstopp

Ekspanderende brannstopp kan by på problemer dersom de er plassert over vinduer. Ved overtenning vil vindusglasset bryte, og en får en brannsøyle/flammesøyle med voldsom drivkraft stående opp langs fasade. Selv med veldig hurtig aktiveringstid vil ikke oppsvulmende brannstopp over vinduer kunne blokkere en raskt utviklet brann. I tillegg vil ubrente gasser som enda ikke har reagert med oksygen heller ikke bli blokkert. Disse kan da reagere med oksygen ovenfor brannstoppen og antennes i luftespalten.

Vil brannstoppene fungere? Ved feil bruk kan en oppleve mange uheldige løsninger blant brannstoppene som for eksempel å hindre luftsirkulasjon. Det er også en rekke usikkerhetsmomenter

forbundet med disse. Dette kan være om de ekspanderende stoppene vil svulme ut i tide. Om de vil fungere selv når brannsøylen er veldig stor, for eksempel ved tvungen trekk.

Kjølesone

Brannsøylen fra vinduet er allerede påvist til å kunne bli veldig stor. Den kan også spre seg inn luftespalten. Ved å behandle fasaden vil en kun få falsk trygghetsfølelse

Fikse alternativ lufting av raft

Hvor nødvendig det er å beskytte luftinntak langs raft må sees opp mot konsekvensene av at en brann sprer seg til loftet gjennom takstolene. Det er for eksempel langt mer katastrofalt dersom brann spres til kalde loft som i analysebygningen, enn for et varmt loft med branncelleinndeling.

Det er også viktig å se på potensiell branneksplosjon av fasaden, både fra inn- og utvendige branner. Lav branneksplosjon som for eksempel er tilfelle ved utvendige branner vil resultere i liten sannsynlighet for brannspredning til loft via fasade.

11 Konklusjon

Analysebygningen tilsvarer en typisk bygning oppført rundt 1990-tallet, og står i likhet med disse relativt ubeskyttet i et brannscenario. Det anbefales å gjennomføre brannsikringstiltak for bygninger av denne art, da spredning til, og gjennom vegg vil få kritiske følger. Basert på analysen vil enkelte av tiltakene beskytte fasaden mot flere av brannscenarioene. Velges disse løsningene trengs det ikke alle de kritiske sonene individuelt.

På bakgrunn av mange kritiske soner, mange mulige brannårsaker, og uendelig med forskjellige potensielle brannscenarioer anbefales det en analytisk tilnærming til brannsikringen av slike bygg. Slik vil helheten i brannbildet komme frem. Da unngås det at kritiske soner beskyttes mot brannspredning kun fra ett enkelt brannscenario.

11.1 Anbefalinger

Luftespalten er definitivt den mest kritiske sonen. Ved å innføre sikringstiltak her vil utvendig flammepåkjening sjelden være et problem. Beskyttelse av luftespalten vil også hjelpe på mot branner ut av vindusåpningen. Det anbefales å installere ventilerende brannstopp for å stanse brannspredning vertikalt, mens luftingen fremdeles er intakt. Mot horisontal brannspredning kan det innføres horisontale brannstopp, da det ikke trengs gjennomgående lufting her. For å kunne forhindre brannspredning fra en branncelle til en annen må brannstoppene plasseres i overgangene mellom branscellene. Vanligvis vil dette være tilstrekkelig sikring av luftespalten, med unntak av der en har veldig store bransceller. For analysebyggverket er bygningen fornuftig branncelleinndelt, dermed anses dette som tilstrekkelig.

Brannsøylen ut fra vinduet er et annet problem. Her anbefales det å gjøre tiltak for å forhindre raskt brannvekst innendørs. Sprinkling anses ikke som en smart løsning av grunner nevnt i underkapittel 10.2.3, men installasjon av komfyrvakt vil være en god idé. Det anbefales også å gjøre tiltak for svalgangen slik at brannsøylen kan bli ledet utover. Dette kan løses ved et ubrennbart sjikt plassert med helning oppover fra fasadelivet.

I overnevnt avsnitt foreslås to brannsikringstiltak som passivt vil beskytte mot brann til loftsrom, men det anbefales også å beskytte raftekassen med alternativ lufting. Dette vil mest sannsynlig forhindre brann til loftsrom innen brannvesenet får kontroll på brannen.

Hulrommene inne i bygningen må tettes. Både de som står fullstendig ubeskyttet, og de er brannsikret på dårlig vis. Vinduene i analysebygningen burde også byttes ut med brannsikre vinduer. Hvis alle de overnevnte tiltakene innføres vil sannsynligvis bygningen være brannsikker nok til at innføring av brannsikre vinduer kan sløyfes.

Flammeskjerm over vinduer er et relativt uprøvd brannsikringstiltak her i Norge, men ved analyse ble det avdekket at dette ikke er fornuftig tiltak.

11.2 Videre arbeid

- Brannsimulering av de ulike brannscenarioene
- Effekten av vind
- Undersøke brannsikkerheten i fasader under påvirkning fra brann i nabobebyggelse eller vegetasjon
- Gjøre analyser av veggkonstruksjoner med andre fasadematerialer; for eksempel naturstein og mur.

12 Litteraturliste

12.1 Tekstkilder

Björn Sundström (1999) *The relationship of the SBI test to the reference scenario*.

Blom, P. og Uvløkk, S. (2012) *Bygg tett!* Tilgjengelig fra:

https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/fagartikler/v_info_pub_utgivelser_prosjektrapport_sintef-byggforsk-prosjektrapporter_sb-prapp-98_nettsb-prapp-98.pdf

CCOHS (2016) *OHS Answers Fact Sheets*. Tilgjengelig fra:

<https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/ld50.html>

DiBK (2014) *Dokumentasjon av brannegenskaper*. Tilgjengelig fra:

<https://www.dibk.no/globalassets/brann-og-konstruksjoner/>

DSB (2010) *Brann med elektrisk årsak i boliger*. Tilgjengelig fra:

<http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2010/Tema/Tema-BrannElektrisk.pdf>

DSB (2011) *Kjennetegn og utviklingstrekk ved næringsbranner 1986-2009*.

Edvarsen, K. I., og Ramstad, T. (2010) *Trehus*. Håndbok 53, Norges byggforskningsinstitutt

Exova (2016) *FAQs – reaction to fire testing*. Tilgjengelig fra: <http://www.exovabmtrada.com/en-gb/testing/fire-behaviour-testing/faqs-reaction-to-fire-testing>

Friquin, K. L. (2010) 'Material properties and external factors influencing the charring rate of solid wood and glue-laminated timber'. Side 2-5.

Geving, S. og Thue, J. V. (2002) *Fukt i bygninger*.

Hansen, P. A., Mikaelson, R. F., Drangsholt, G., Wighus, R. og Steen-Hansen, A. (2014) *Tåleevne til brannvegger*. Tilgjengelig fra: <http://en.spfr.no/media/publikasjoner/upload/2014/spfr-a20046-taleevne-til-brannvegger.pdf>

Isolasjonsprodusentenes forening (2016) *Isolasjonsprodukter*. Tilgjengelig fra:

<http://www.ipf.as/isolasjonsprodukter.html>

Jelle, B. P. (forelesning) 30. september 2016. *Glass and Solar Radiation – History, Composition, Properties and Building Applications*.

Jensen, G. og Östman, B. (2012) Brandsäkrä trähus, kapittel 6.2.2. side 129.

Knarud, J.I.B. (forelesning) 26. februar 2015. Smoke – Toxicity, Visibility and movement + Smoke Control.

Knarud, J.I.B. (forelesning) 27. mars 2015. Classification regime of combustibility of materials.

Knarud, J.I.B. (forelesning) 27. mars 2015. Classification regime of combustibility of materials.

Kollegiet for Brannfaglig Terminologi (KBT). (2007) ANTENNELSE. Tilgjengelig fra:

<http://www.kbt.no/filer/skisse/antennelse.pdf>

Kuert, W. (2012) 'The founding of ISO'. *Friendship among equals*. Genève, s. 15-25. Tilgjengelig fra:

http://www.iso.org/iso/2012_friendship_among_equals.pdf

Lovdata (2009) Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen [Vedlegg 1]. Tilgjengelig fra:

https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-06-08-602#KAPITTEL_5

Mowrer, F. W. (1998) *Window Breakage Induced by Exterior Fires*. Side 404-415. In Proc. 2nd Intl. Conf. on Fire Research and Engineering, Society of Fire Protection Engineers, Bethesda, MD.

One Stop Shop in Structural Fire Engineering (2016a) External Window Fires - Forced Draught Fires.

Tilgjengelig fra:

<http://www.mace.manchester.ac.uk/project/research/structures/strucfire/Design/performance/fireModelling/externalWindowFires/noForcedDraught.htm>

One Stop Shop in Structural Fire Engineering (2016b) External Window Fires – No Forced Draught Fires. Tilgjengelig fra:

<http://www.mace.manchester.ac.uk/project/research/structures/strucfire/Design/performance/fireModelling/externalWindowFires/noForcedDraught.htm>

Pilkington (2015) *Glassfakta*. Tilgjengelig fra:

https://www.pilkington.com/~/_media/Pilkington/Site%20Content/Norway/0570_Glassfakta2015_NO_1022.ashx

Pilkington (2016) *Company History - 1826 - 1950*. Tilgjengelig fra:

<http://www.pilkington.com/pilkington-information/about+pilkington/company+history/1826+-1950.htm>

- Reitan, N. K., Mikaelsen, R. F. og Andersson, E. (2014) *Plast i byggevarer og brannsikkerhet*. Tilgjengelig fra: <http://spfr.no/media/publikasjoner/upload/nbl-a13134.pdf>
- Rockwool (2016) *KAPILLÆRSUG- OG BRYTING*. Tilgjengelig fra: <http://www.rockwool.no/r%C3%A5dgivning/for+private/gode+r%C3%A5d+til+etterisolering+av+din+bolig/verdt+%C3%A5+vite/kapill%C3%A6rsug-+og+bryting>
- Securo (2016) *HULROMSVENTIL*. Tilgjengelig fra: <http://securo.no/produkter/hulroms/>
- SINTEF Byggforsk (2004) 526.310 *Svalganger og altanganger i boligbygninger*. Tilgjengelig fra: <https://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?documentId=3256§ionId=2>
- STORE NORSKE LEKSIKON (2009a) *belastning – bygningsteknikk*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/belastning%2Fbygningsteknikk>
- STORE NORSKE LEKSIKON (2009b) *totrinns tetting*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/totrinns_tetting
- STORE NORSKE LEKSIKON (2009c) *slagregn*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/slagregn>
- STORE NORSKE LEKSIKON (2013) *blåsyre*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/bl%C3%A5syre>
- Takstogeiendom (2016) *Areal*. Tilgjengelig fra: <http://www.takstogeiendom.com/fakta.htm>
- Torero, J. L. (forelesning) 3. februar 2016. *Designing Fire Safety for Tall Buildings*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=sErX2HkvPIU>
- V. Babrauskas, “Unexposed-face temperature criteria in fire resistance tests: A reappraisal,” *Fire Saf. J.*, vol. 44, no. 6, pp. 813–818, Aug. 2009.
- VTT (2016) *EUROCLASS System*. Tilgjengelig fra: <http://virtual.vtt.fi/virtual/innofirewood/stateofheart/database/euroclass/euroclass.html>
- Walton, W. D., og Thomas, P. H. (2016) *Estimating Temperatures in Compartment Fires*. Tilgjengelig fra: <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire02/PDF/f02082.pdf>
- Yiia E. H., Buchanan A. H. og Fleischmann C. M. (2006) *Simulating the effects of fuel type and geometry on post-flashover fire temperatures*. Tilgjengelig fra: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379711205000901>
- Yokoi, S. (1960) *Study on the Prevention of Fire-Spread Caused by Hot Upward Current*. Tilgjengelig fra: <https://www.doctorfire.com/Yokoi.pdf>

12.2 Bildekilder

Figur 01: *Oppførsel av brannsøyle og røyksjikt ved stor takhøyde (Smoke plume and smoke layer in an atrium fire)*. [Bilde] (2000) Tilgjengelig fra: http://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/ctu_sc_n47

Figur 02: *Brannforløp*. [Egenprodusert]

Figur 03: *Forsinket overtenning*. [Egenprodusert]

Figur 04: *Brannklassifiseringens innflytelse på brannforløpet*. [Egenprodusert]

Figur 05: *Single burning item*. [Bilde] (1999) Hentet fra: Björn Sundström (1999) *The relationship of the SBI test to the reference scenario*.

Figur 06: *Room corner test*. [Bilde] (2009) Tilgjengelig fra:

http://publicecodes.cyberregs.com/icod/ibc/2009f2cc/icod_ibc_2009f2cc_8_par012.htm

Figur 07: *Flammespredningsevne*. [Egenprodusert]

Figur 08: *Anblåsing og gjennomblåsing*. [Bilde] Tilgjengelig fra:

<https://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?documentId=598§ionId=2>

Figur 09: *Brannsøyle ut et vindu med geometrisk interaksjon*. [Egenprodusert] med inspirasjon fra:

<http://www.mace.manchester.ac.uk/project/research/structures/strucfire/Design/performance/fireModelling/externalWindowFires/noForcedDraught.htm> [Figure 1]

Figur 10: *Sårbar sone for brannspredning til luftespalte*. [Egenprodusert]

Figur 11: *Separat himlingsbjelke*. [Bilde] Tilgjengelig fra:

<https://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?documentId=338§ionId=2>

Figur 12: *Himling i vibrasjonsisolerende opphengssystemer* [Bilde] Tilgjengelig fra:

<https://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?documentId=338§ionId=2>

Figur 13: *Platekledd vegg med atskilte stendere*. Tilgjengelig fra: <https://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=2956>

Figur 14: *Ingen tettemidler for gjennomføring* (2015) [Fotografi] [Aleksander Vikdal].

Figur 15: *Lukket og uluftet loftsrom (sperretak)* [Bilde]

Figur 16: *Lukket og uluftet loftsrom (loftromstakstoler)* [Bilde]

Figur 17: *Delvis åpnet og luftet loftsrom* [Bilde]

Figur 18: *Loftsromstakstoler med ubeskyttet raft* [Bilde]

Figur 19: *Åpent kaldloft med ubeskyttet raft* [Bilde]

Figur 20: *Altangang* [Bilde] (2004). Tilgjengelig fra:

<http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=3217>

Figur 21: *Svalgang inntrukket i fasaden* [Bilde] (2004). Tilgjengelig fra:

<http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=3217>

Figur 22: *Svalgang* [Bilde] (2004). Tilgjengelig fra:

<http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=3217>

Figur 23: *Oppbygning på yttervegg* [Bilde] (2016). Tilgjengelig fra:

<http://www.rockwool.no/produkter/u/2011.construction/1384/yttervegger/yttervegg-med-trestendere>

13 Vedlegg

Vedlegg 1 – Ytelseskrav vindsperrefolie

Vedlegg 2 – Ytelseskrav SoftXtra vindsperrefolie

Vedlegg 3 – Ytelseskrav brannfolie

Vedlegg 4 – Ytelseskrav asfaltimpregnert papp

Vedlegg 5 – Ytelseskrav impregnert plate

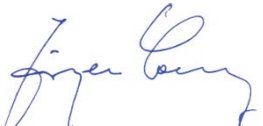
Vedlegg 6 – Ytelseskrav smart dampsperre

Ytelseserklæring	
Referanse: Isola Soft Vindsperre	
Dato: 2015 03 18 Versjon: 2	
Identifisering av produkt: Isola Soft Vindsperre, se produktets emballasje	
Typetester gjennomført av det anmeldte organet Sintef NO. 1071	
AVCP 3	
Vannavledende sjikt av papp, duk eller folie: Fleksibel duk-Vindsperre for vegg	
EN 13859-2	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Typiske egenskaper	Verdier
Brannmotstand (Klasse)	E*
Vanntetthet (Klasse)	W1
Vanndampmotstand (sd) (m)	0,015 + 0,015 /- 0,01
Strekstyrke (N/50 mm)	
Langs	165 ± 40
Tvers	140 ± 25
Bruddforlengelse (%)	
Langs	10 ± 4
Tvers	16 ± 5
Rivstyrke (N)	
Langs	65 ± 20
Tvers	60 ± 20
Fleksibilitet i kulde (°C)	-40
Holdbarhet:	
- Vanntetthet (Klasse)	W1
- Strekkstyrke (%)	90
- Bruddforlengelse, langs/tvers (%)	85/75

* På mineralull og tre

Egenskapene for produktet er i overensstemmelse med de verdier som angis for egenskapene over. Ytelseserklæringen utstedes på eget ansvar av produsenten.

Undertegnet av produsenten Isola as:

Navn og tittel	Sted og dato for utstedelse	Signatur
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2015-03-18	

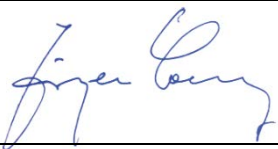


Declaration of Performance	
Reference: Isola Soft Vindsperre	
Date: 2015 03 18 Version: 2	
Product identification: Isola Soft Vindsperre, see product packaging Type testing done by the notified body Sintef NO. 1071 AVCP 3	
Flexible sheets for waterproofing: Underlays for walls	
EN 13859-2	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Properties	Value
Reaction to fire (Class)	E*
Resistance to water penetration (Class)	W1
Water vapour resistance (Sd) (m)	0,015 + 0,015 /- 0,01
Tensile Strength, (N/50 mm)	
Longitudinal direction	165 ± 40
transverse direction	140 ± 25
Elongation, (%)	
Longitudinal direction	10 ± 4
Transverse direction	16 ± 5
Tear Resistance (N)	
Longitudinal direction	65 ± 20
Transverse direction	60 ± 20
Flexibility in low temperature (°C)	-40
Durability, artificial ageing	
- Water tightness (Class)	W1
- Tensile Strength (%)	90
- Elongation (%)	85/75

* On mineral wool and wood

The properties of the identified product are in conformity with the values specified for properties above.
This performance statement is issued on own responsibility of the manufacturer.

Signed by manufacturer Isola as:

Name and Function	Place and date of issue	Signature
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2015-03-18	

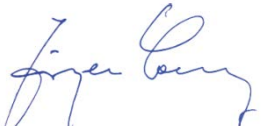


Ytelseserklæring	
Referanse: Isola SoftXtra Vindsperre	
Dato: 2016 02 18 Versjon: 1	
Identifisering av produkt: Isola SoftXtra Vindsperre, se produktets emballasje	
Typetester gjennomført av det anmeldte organet Sintef NO. 1071	
AVCP 3	
Vannavledende sjikt av papp, duk eller folie: Fleksibel duk-Vindsperre for vegg	
EN 13859-2	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Typiske egenskaper	Verdier
Brannmotstand (Klasse)	E*
Vanntetthet (Klasse)	W1
Vanndampmotstand (sd) (m)	0,02
Strekstyrke (N/50 mm)	
Langs	205
Tvers	165
Bruddforlengelse (%)	
Langs	9
Tvers	13
Rivstyrke (N)	
Langs	80
Tvers	80
Fleksibilitet i kulde (°C)	-40
Holdbarhet:	
- Vanntetthet (Klasse)	W1
- Strekkstyrke, langs (%)	90
- Bruddforlengelse, langs/tvers (%)	85/75

* På mineralull og tre

Egenskapene for produktet er i overensstemmelse med de verdier som angis for egenskapene over. Ytelseserklæringen utstedes på eget ansvar av produsenten.

Undertegnet av produsenten Isola as:

Navn og tittel	Sted og dato for utstedelse	Signatur
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2016 02 18	

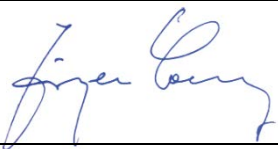


Declaration of Performance	
Reference: Isola SoftXtra Vindsperre	
Date: 2016 02 18 Version: 1	
Product identification: Isola SoftXtra Vindsperre, see product packaging	
Type testing done by the notified body Sintef NO. 1071	
AVCP 3	
Flexible sheets for waterproofing: Underlays for walls	
EN 13859-2	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Properties	Value
Reaction to fire (Class)	E*
Resistance to water penetration (Class)	W1
Water vapour resistance (Sd) (m)	0,02
Tensile Strength, (N/50 mm)	
Longitudinal direction	205
transverse direction	165
Elongation, (%)	
Longitudinal direction	9
Transverse direction	13
Tear Resistance (N)	
Longitudinal direction	80
Transverse direction	80
Flexibility in low temperature (°C)	-40
Durability, artificial ageing	
- Water tightness (Class)	W1
- Tensile Strength (%)	90
- Elongation (%)	85/75

* On mineral wool and wood

The properties of the identified product are in conformity with the values specified for properties above. This performance statement is issued on own responsibility of the manufacturer.

Signed by manufacturer Isola as:

Name and Function	Place and date of issue	Signature
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2016 02 18	



Ytelseserklæring	
Referanse: Isola FireCurb Soft	
Dato: 2015 04 07 Versjon: 2	
Identifisering av produkt: Isola FireCurb Soft, se produktets emballasje	
Typetester gjennomført av det anmeldte organet KIWA DE NB:0799	
AVCP 1	
N 13859-2-2014	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Vannavledende sjikt av papp, duk eller folie: Fleksibel duk-Vindsperre for vegg	
Typiske egenskaper	Verdier
Brannmotstand*	B-S1,d0
Vanntetthet	
Før aldring	W1
Etter aldring	W1
Vanndampmotstand (sd) (m)	0,04 ± 0,02
Strekstyrke Langs (N/50 mm)	
Før aldring	160 ± 35
Etter aldring	135 ± 35
Strekstyrke Tvers (N/50 mm)	
Før aldring	135 ± 30
Etter aldring	110 ± 30
Bruddforlengelse Langs (%)	
Før aldring	9 ± 4
Etter aldring	7 ± 3
Bruddforlengelse Tvers (%)	
Før aldring	15 ± 4
Etter aldring	10 ± 4
Rivstyrke (N)	
Langs	55 ± 15
Tvers	50 ± 10
Fleksibilitet i kulde (°C)	-40
Farlige stoffer (Notat 1)	NPD**


* På fritthengende mineralull

** No Performance Determined

Notat 1: Da det ikke finnes noen europeisk testmetode tilgjengelig foreligger ingen egenskapsverdier

Egenskapene for det identifiserte produkt er i overensstemmelse med de verdier som angis for egenskapene over. Denne ytelseserklæringen utstedes på eget ansvar av produsenten.

Undertegnet av produsenten Isola as

Navn og tittel	Sted og dato for utstedelse	Signatur
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2015-04-07	



PRESTANDEDEKLARATION	
Referens: Isola FireCurb Soft	
Dato: 2015 04 07 Versjon: 2. Identifisering av produkten: Isola FireCurb Soft Se produktens emballage. Typtester genomförda av det anmälda organet KIWA DE NB:0799 AVCP 1	
N 13859-2-2014	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Vattenavledande skikt av byggpapp, duk, folie Flexibla tätskikt - Vindskydd för väggar	
Väsentliga egenskaper	Prestanda
Brandmotstånd (Klass)	B-S1,d0
Vattentäthet (Klass)	
Innan åldring	W1
Efter åldring	W1
Ånggenomgångsmotstånd, (sd) (m)	0,04 ± 0,02
Draghållfasthet. Längdriktning (N/50 mm)	
Innan åldring	160 ± 35
Efter åldring	135 ± 35
Draghållfasthet. Tvärriktning (N/50 mm)	
Innan åldring	135 ± 30
Efter åldring	110 ± 30
Brottöjning, Längdriktning (%)	
Innan åldring	9 ± 4
Efter åldring	7 ± 3
Brottöjning, Tvärriktning (%)	
Innan åldring	15 ± 4
Efter åldring	10 ± 4
Rivstyrke (N)	
Längdriktning	55 ± 15
Tvärriktning	50 ± 10
Köldflexibilitet (°C)	-40
Farliga ämnen (Notat 1)	NPD**

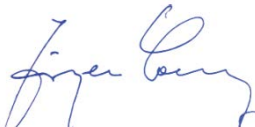
*På fritthengende mineralull

** No Performance Determined

Notat 1: Eftersom det inte finns någon Europeisk testmetod tillgänglig, kan ingen prestanda redovisas.

Prestandan för den identifierade produkten överensstämmer med de prestanda som anges för de väsentliga egenskaperna ovan. Denna prestandadeklaration utfärdas på eget ansvar av den tillverkaren.

Undertecknat för tillverkaren av:

Namn och befattning	Plats och dag för utfärdande	Namnteckning
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2015-04-07	



Declaration of Performance	
Reference: Isola FrieCurb Soft	
Date: 2015 04 07 Version: 2 Product identification: Isola FireCurb Soft, see product packaging Type testing done by the notified body KIWA DE NB:0799 AVCP 1	
EN 13859-2-2014	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Flexible sheets for waterproofing: Underlays for walls	
Properties	Value
Reaction to fire*	B-S1,d0
Resistance to water penetration	
Before artificial ageing	W1
After artificial ageing	W1
Water vapour resistance (sd) (m)	0,04 ± 0,02
Tensile Strength, Longitudinal direction (N/50 mm)	
Before artificial ageing	160 ± 35
After artificial ageing	135 ± 35
Tensile Strength, transverse direction (N/50 mm)	
Before artificial ageing	135 ± 30
After artificial ageing	110 ± 30
Elongation, Longitudinal direction (%)	
Before artificial ageing	9 ± 4
After artificial ageing	7 ± 3
Elongation, Transverse direction (%)	
Before artificial ageing	15 ± 4
After artificial ageing	10 ± 4
Tear Resistance (N)	
Longitudinal direction	55 ± 15
Transverse direction	50 ± 10
Flexibility in low temperature	-40
Dangerous substances (Note 1)	NPD**

* Installed on mineral wool and free hanging

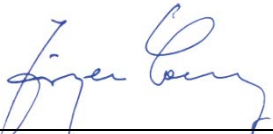
** No Performance Determined

Note 1: No European test method available, no property values determined.

The properties of the identified product are in conformity with the values specified for properties above.

This performance statement issued on own responsibility of the manufacturer.

Signed by manufacturer Isola as

Name and Function	Place and date of issue	Signature
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2015-04-07	



1. PRODUKTBESKRIVELSE, BRUKSOMRÅDE

Beskrivelse

Isola Veggpapp er en diffusjonsåpen og vindtett vindsperre.

Produktet består av 250 g/m² cellulosepapp impregnert med bitumen.

Veggpappen er vanntett.

Bruksområde

Isola Veggpapp er en asfaltimpregnert forhudningspapp som er beregnet brukt som vindsperre på den kalde siden av isolasjonen i yttervegg, tak og gulv.

Veggpappen festes direkte til bindingsverket og klemmes med sløyfer i omlegg og mot bindingsverk/taksperrer.

Farger

Sort.

Overflatebehandling

—

Tilbehørsprodukter

Isola stag til avstivning av vegg og takkonstruksjonen.



Isola as	Papprodukter	1025
Veggpapp	NOBB modulnr. 11175494	

PRE-m11175494

2. MÅLANGIVELSER / TEKNISKE DATA

Egenskap:	Verdi:	Toleranse:	NS 3530 krav:
Tykkelse	0,5 mm	-0,1 mm	
Vekt	470 g/m ²		
Strekstyrke			
Langs	380 N/50 mm		
Tvers	180 N/50 mm		
Bruddforlengelse			
Langs	1,8 %		≥10
Tvers	2,8 %		≥10
Spikerfasthet			
Langs	30 N		≥15
Tvers	30 N		≥15
Vanndamp diffusjon	0,23 g/m ² mm Hg		
Luftgjennomgang	0,006 m ³ /m ² h Pa		≤0,01
Kuldemykhet (Ø 30 mm)	-15		
Dimensjoner	0,67 x 30 m	+20 cm / -0 cm	
	1 x 20 m	+20 cm / -0 cm	
	1,25 x 16 m	+20 cm / -0 cm	
	0,15 x 16m		
	1,20 x 16m		

Grunnlag for beregning av bygningers energi- og effektbehov

Ikke relevant.

3. MONTERING/UTFØRELSE

NS 3420-kode for utførelse

S22.11 Vindsperresjikt av papp på vegg.

S22.21 Vindsperresjikt av papp på bjelkelag.

NS 3451-kode for bygningsdel

225 Yttervegger.

220 Primære bygningsdeler generelt.

Referanse til NBI byggetaljer

523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting. 573. 121. materialer til luft og dampetting.

Øvrige henvisninger

Isola Veggpapp monteres direkte på bindingsverket med klemte skjøter.

Transport og lagring

-

4. AVFALLSBEHANDLING IHT. NS 9431 / EMBALLASJE

Kode for avfallsbehandling

1299 | 0700 | 0600 | _ _ _ _

Type emballasje

Plast.

5. HMS-REFERANSER

Det henvises til egenprodusert miljødatatabel for asfaltbaserte produkter.

Karakterer i henhold til miljødatabasen ECOproduct

Ikke beregnet.

Spesielle tiltak ved brannsløkking, temperatur- og/eller fuktendringer etc.

—

6. PRODUKTDOKUMENTASJONER OG OFFENTLIGE KRAV

Produktgodkjenninger utstedt av akkrediterte kontrollorganer

—

Europeisk standard (grunnlag for CE-merking)

Det foreligger harmonisert europeisk produktstandard (hEN) for produktet, standard nr. NS-EN 13859-2.

System for samsvarsattestering (AoC)

Bruksområde(r):

Grupper/Klasser:

Samsvarssystem nr.:

—

Øvrige nasjonale/internasjonale kontrollordninger, sertifikater, bransjenormer etc.

Isola as er sertifisert iht. kravene i NS-EN ISO 9001:2000.

7. ANSVARLIG FIRMA

Produsent/importør Isola as

Organisasjonsnr. NO 928 764 745 MVA

Adresse

Postnr. og poststed 3945 Porsgrunn

Telefon 35 57 57 00

Telefaks 35 55 48 44

E-post isola@isola.no

Internettadresse www.isola.no

YTELSESERKLÆRING Huntonit Sutak

Nr. 006/HU-CPR-2013/rev. 0

1. Entydig identifikasjonskode for produkttypen: Impregneret trefiberplate til bruk under fuktige forhold.
2. Sporing : Pakkedato påført pr. pakning.
3. Bruksområde: 3,2 mm trefiberplate med vannavvisende sjikt på en side med henholdsvis voks- eller bitumenoppløsning for montering under takstein eller plater i skrå tak på sløyfer og lekter eller som stubbloft, med densitet $\geq 900 \text{ kg/m}^3$ er **CE**-merket og tilfredsstillende krav til generell bruk under fuktige forhold, platetype HB.H i henhold til NS-EN 622-1 tabell 1 og 2 og NS-EN 622-2 tabell 3. Anvendelsesområde og betingelse for bruk er beskrevet i NBI Teknisk godkjenning nr. 2006 og omfatter alle formater og overflater.
4. Navn, registrert varemerke: Huntonit 3 mm Sutak.
5. Produsent: Huntonit AS, Venneslaveien 233, 4700 Vennesla, Norge.
6. System for vurdering og kontroll av byggevarens konstante ytelse : System 2 +
7. Ytelseserklæringen gjelder trebasert plate, produsert og merket i overensstemmelse med vedtatt europeisk byggevareforordning (305/2011/EEC) og kravene i tillegg ZA.1 i den harmoniserte standard: NS-EN 13986:2004 og EN 14964:2006, med produksjonssertifikat nr. 1046 fra Sintef Byggforsk (1071).
8. Relevant ytelse i bruksområdet:

Egenskaper	Verdi	Enhet	Test standard	Klassifiseringsstandard
Tykkelsessvelling, 24 h	≤ 25	%	NS-EN 317	NS-EN 13986
Tverrstrekkfasthet	$\geq 0,60$	N/mm ²	NS-EN 319	
Bøyeasthet	≥ 35		NS-EN 310	
Tverrstrekkfasthet etter koketest	$\geq 0,30$		NS-EN 319 NS-EN 1087-1	
Gjennomtrampmotstand	$> 2,2$		N/mm ²	SP-Metod 0487
Vanntetthet (24 h, 20mm vanntrykk)	godkjent		NS EN 14964 NS EN 12467	
Vandampmotstand, s_d Sutak plan (ved 50/93 %, RH 23°C) Sutak std.	$\leq 0,35$ $\leq 0,45$	m	NS-EN ISO12572	
Kondensopptak Sutak plan (ved 30° takvinkel) Sutak std.	0,4 0,3	kg/m ²	NT Build 304	
Aldringsbestandighet	> 50	år	NS 8140 prEN 1998-07	
Brannklasse	D-s2, d0		NS-EN 13501-1	NS-EN 13986
Formaldehydklasse	E1		NS-EN 317-1	

9. Ytelsen for varen som angitt i pkt. 1 og 2, er i samsvar med krav i NS-EN 622-1, NS-EN 622-2, EN 14964 og tilleggsegenskapene angitt i tabellen i pkt. 8.

Denne ytelseserklæringen er utstedt på eget ansvar av produsenten, som angitt i pkt. 5.

Undertegnet for og på vegne av produsenten:

Vennesla, 1.7.2013

(sted og utstedelsesdato)



Helge Håland
kvalitetssjef

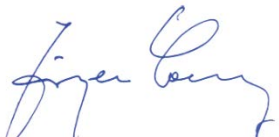
Declaration of Performance	
Referanse: Isola Airguard Sd5	
Date: 2016 04 12 Version: 3	
Product identification: Isola Airguard Sd5, see product packaging Type testing done by the notified body KIWA TBU DE NB:0799 AVCP 3	
EN 13984-2013	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Flexible sheets for waterproofing. Plastic and rubber vapour control layers	
Properties	Value
Reaction to fire (Class)	E
Resistance to impact (Pass/Not pass)	NPD*
Water tightness (Kg/m ² s)	Pass
Water vapour resistance (sd) (m)	5 (-3, +5)
Durability: Water vapour resistance (sd) Resistance to alkali Elongation at max tensile force	Pass NPD*
Tensile Strength, (N/50mm) Longitudinal direction Transverse direction	200 (-40) 170 (-60)
Elongation (%) Longitudinal direction Transverse direction	38 (-13) 38 (-5)
Tear Resistance (N) Longitudinal direction Transverse direction	240 (-60) 240 (-60)
Joint Strength N/5cm	NPD*
Dangerous substances (Note 1)	NPD*

Note 1: No European test method available, no property values determined.

* No Performance Declared

The properties of the identified product are in conformity with the values specified for properties above.
This performance statement issued on own responsibility of the manufacturer.

Signed by manufacturer Isola as

Name and Function	Place and date of issue	Signature
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2016 04 12	



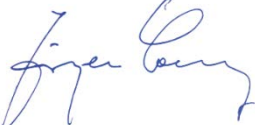
Ytelseserklæring	
Referanse: Isola Airguard Sd5	
Dato: 2016 04 12 Versjon: 3 Identifisering av produkt: Isola Airguard Sd5, se produktets emballasje Typetester gjennomført av det anmeldte organet KIWA TBU DE NB:0799 AVCP 3	
EN 13984-2013	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Fleksibel duk av plastikk eller folie – dampspærre for vegg og tak	
Typiske egenskaper	Verdier
Brannmotstand	E
Slagfasthet	NPD*
Vanntetthet (Kg/m ² s)	Godkjent
Vanndampmotstand (sd) (m)	5 (-3, +5)
Holdbarhet: -Vanndampmotstand (sd)	Godkjent
Bestandighet mot alkali: -Bruddforlengelse	NPD*
Strekstyrke (N/50mm) Langs Tvers	200 (-40) 170 (-60)
Bruddforlengelse (%) Langs Tvers	38 (-13) 38 (-5)
Rivstyrke (N) Langs Tvers	240 (-60) 240 (-60)
Spaltestyrke i skjøt	NPD*
Farlige stoffer (Notat 1)	NPD*

Notat 1: Da det ikke finnes noen Europeisk testmetode tilgjengelig foreligger ingen egenskapsverdier

* Ingen egenskap deklarerert

Egenskapene for det identifiserte produkt er i overensstemmelse med de verdier som angis for egenskapene over. Denne ytelseserklæringen utstedes på eget ansvar av produsenten.

Undertegnet av produsenten Isola as

Navn og tittel	Sted og dato for utstedelse	Signatur
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2016 04 12	




PRESTANDEDEKLARATION	
Referens: Isola Airguard Sd5	
Dato: 2016 04 12 Version: 3 Identifiering av produkten: Isola Airguard Sd5, se produktens emballage Typetester genomförda av det anmälda organet KIWA TBU DE NB:0799 AVCP 3	
EN 13984-2013	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Ångspärrar av plast och gummi	
Typiska egenskaper	Prestanda
Brandmotstånd (Klass)	E
Slagfasthet	NPD*
Vattentäthet (Kg/m ² s)	Godkänd
Ånggenomgångsmotstånd, (sd) (m)	5 (-3, +5)
Beständighet: - Ånggenomgångsmotstånd (sd)	Godkänd
Alkalibeständighet: - Brottöjning	NPD*
Streckstyrke (N/50mm) Längdriktning Tvärriktning	200 (-40) 170 (-60)
Brottöjning (%) Längdriktning Tvärriktning	38 (-13) 38 (-5)
Rivstyrke (N) Längdriktning Tvärriktning	240 (-60) 240 (-60)
Fläkhållfasthet N/5 cm	NPD*
Farliga ämnen (Notat 1)	NPD*

Notat 1: När det inte finns någon europeisk testmetod tillgänglig är ingen värden fastlade

* Ingen prestanda fastställd

Prestandan för den identifierade produkten överensstämmer med de prestanda som anges för de väsentliga egenskaperna ovan. Denna prestandadeklaration utfärdas på eget ansvar av den tillverkaren. Undertecknat för tillverkaren av:

Namn och befattning	Plats och dag för utfärdande	Namnteckning
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2016 04 12	



PRÆSTATION ERKLÆRING	
Henvisningsnummer: Isola Airguard Sd5	
Dato: 2016 04 12 Version: 3	
Identifikation af produkt: Isola Airguard Sd5, se produktets emballage Typetester udføres af det bedømte institut KIWA TBU DE NB:0799 AVCP 3	
EN 13984-2013	Isola as N-3945 Porsgrunn, Norway
Fleksible membraner til fugtisolering Plast- og gummidampkontrollag	
Typisk Egenskab	Værdi
Brandklassifisering	E
Slagfasthet	NPD*
Vandtæthed: Klasse (Kg/m ² s)	Godkjent
Diffusionsmodstand, (sd) (m)	5 (-3, +5)
Bestandighet: -Diffusionsmodstand, (sd)	Godkjent
Alkaliebestandighet -Brudforlængelse	NPD*
Trækstyrke (N/50mm)	
Langs	200 (-40)
Tværs	170 (-60)
Brudforlængelse (%)	
Langs	38 (-13)
Tværs	38 (-5)
Rivstyrke (N)	
Langs	240 (-60)
Tværs	240 (-60)
Spaltestyrke i skjøt	NPD*
Farlige stoffer (Bemærk 1)	NPD*

Bemærk 1: Når der ikke er noget Europæisk testmetode forudsat er der ingen testværdier.

* Ingen værdi er angivet

Egenskaberne at det identificerede produkt er i overholdelse med de angivne værdier som anført for egenskaberne ovenfor. Denne præstation erklæring er udstedt på producentens ansvar.

Underskrevet af producenten Isola as

Navn og position	Sted og dato	Underskrift
Jørgen Young R&D Manager / Leader FoU	Porsgrunn 2016 04 12	