

Masteroppgave

Eva Andersson

Brannsikkerhet i bygninger med byggevarer av plast.

Trondheim, 16. juni, 2013

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for Arkitektur og billedkunst
Institutt for Byggekunst, prosjektering og forvaltning





Oppgavens tittel: Brannsikkerhet i bygninger med byggevarer av plast. Fire safety in buildings with building products of plastic.	Dato: 2013-06-16 Antall sider (inkl. bilag): 137
	Masteroppgave X Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn. Eva Andersson	
Faglærer: Professor dir. ing. Nils Olsson, NTNU	
Ekstern veiledere: Seniorforsker dir. ing. Anne Steen-Hansen, SINTEF NBL	

Ekstrakt:

Plastmaterialer har et økende marked som byggevarer i de fleste bygningstyper grunnet de gode materialtekniske egenskapene de har. Da det er flere som mener at det er velkjent at disse byggevarer har dårlige brann tekniske egenskaper er det gjort et forsøk på å samle erfaringer og fakta fra inntrufne branner og forskningsprosjekter. Det er fokusert på erfaringer fra analyser av bygningsbranner der det har vært benyttet byggevarer av plast. Det er forsøkt å identifisere de materialer og konstruksjoner som vil ha betydning i reelle bygningsbranner. Både negative og positive erfaringer er vurdert.

I inntrufne branner har byggevarer av plast vist både gode og mindre gode brann tekniske egenskaper. Dessverre er det ofte ikke oppgitt i dokumentasjonen hvilke polymerer som var involvert i de ulike brannene. Det har derfor vært vanskelig å kategorisere egenskapene oppimot produktene og oppsummere hvilke som har gode egenskaper og hvilke man ikke bør bruke.

For å se hvordan byggevarer av plast kan oppføre seg i en brann ble det gjennomført brann tester sammen med SINTEF NBL og Trøndelag brann og redningstjeneste. Basert på disse brann testene kan man si at det kan være vanskelig å antenne noen byggevarer av plast. I disse testene var det kun en plasthimling samt en overflate som bidro litt i brannen. De øvrige plastmaterialene som ble brann testet bidro i meget liten grad, eller ikke i det hele tatt, i brannen.

I oppsummeringen er det vist at plastmaterialer har mange ulike egenskaper. Det er et stort spekter av erfaringer fra reelle branner der det har vært brukt byggevarer av plast. Dette gjør at det er relativt tydelig hvorfor det ikke er enighet om hvilke brann tekniske egenskaper plastmaterialer har. Det er i tillegg vist at det ofte er manglende fokus på å finne ut hvilken type plastmateriale som har vært brukt. Dette viser seg ved at kun fellesnavnet "plast" er brukt i rapportene uten å spesifisere hvilken polymer som hadde vært brukt. Dette gjør at det i ettertid er vanskelig å angi hvilke polymerer som har dårlige og hvilke som har gode brann tekniske egenskaper basert på disse rapportene.

Stikkord:

1. Brann
2. Byggevarer
3. Plast
4. Sikkerhet

Eva Andersson

Forord

Denne masteroppgaven, AAR 6990, er det avsluttende arbeidet i studieprogrammet i eiendomsutvikling og forvaltning ved Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning, ved Norges Teknisk Naturvitenskapelig Universitet.

Faglærer har vært professor dr. ing. Nils Olsson. Ekstern veileder har vært seniorforsker dr. ing. Anne Steen-Hansen ved SINTEF NBL.

Mitt hovedmål med denne oppgaven var å få mer erfaring innen et fagområde jeg syns er meget spennende. Intensjonen var å tilegne meg mer kunnskap som jeg kan dra nytte av i mitt arbeid som brannrådgiver. Jeg har tatt utgangspunkt i at denne rapporten kun vil være av interesse for personer som arbeider med brannsikkerhet i en eller annen form. Rapporten vil derfor ikke inkludere noen utvidet forklaring av grunnleggende branntekniske forutsetninger da dette forventes å være kjent av leseren.

Jeg ønsker å spesielt takke min veileder Anne Steen-Hansen for meget verdifull hjelp i forbindelse med planlegging av branntestene og utarbeidelse av rapporten.

I tillegg ønsker jeg å takke Trøndelag brann og redningstjeneste og SINTEF NBL for all hjelp og støtte som jeg fikk i forbindelse med branntestene som ble gjennomført. Uten dette samarbeidet ville jeg ikke ha hatt mulighet til å delta ved gjennomføringen av disse branntestene. Her var Nina Reitan og Robert Fiskvik meget gode samarbeidspartnere i forbindelse med planleggingen og gjennomføringen av branntestene.

Jeg vil også sende en stor takk til brannvesenets utrykningsavdeling i Trondheim, Oslo, Göteborg og Malmö samt til kriminalteknisk avdeling i Trondheim, Göteborg og Helsingborg i tillegg til Kripos i Oslo for meget hyggelige intervjuer og samtaler.

Tilslutt vil jeg takke min venninne og tidligere kollega Kirsti Rathe for uvurderlig hjelp ved at hun leste igjennom hele rapporten og ga meg meget verdifulle tilbakemeldinger.

Trondheim, 2013-06-16



Eva Andersson

Sammendrag

Det er oppgitt at byggevarer av plast har et økende marked både som overflatemateriale og som del av en konstruksjon da plast har flere gode materialtekniske egenskaper. Det er flere som mener at da det er velkjent at disse byggevarene har dårlige branntekniske egenskaper bør de ikke brukes. Dessverre er det egentlig lite fakta om hvilke materialer som har hvilke egenskaper. Det er her gjort et forsøk på å samle erfaringer fra analyser av bygningsbranner der det har vært benyttet byggevarer av plast. Det er også gjort et forsøk på å identifisere de materialer og konstruksjoner som kan ha negativ og positiv betydning i reelle bygningsbranner.

Da det er mange usikkerhetsmomenter ved å analysere inntrufne branner, er det brukt metodetriangulering for å finne frem til det som har mest mulig relevans for resultatene.

Byggevarer av plast inkluderer alle typer av polymerer som blir brukt i en bygning. Inventarer av plaster har derimot ikke blitt vurdert i denne oppgaven.

Forskerne visste tidlig at de ulike typene av plastmaterialer har flere ulike egenskaper, og at noen av dem brannteknisk kan ha tilsvarende egenskaper som trematerialer. Det ble tidlig vist at standardiserte branntester vanskelig vil få frem alle de egenskapene som vil vises i en reell brann. At plastmaterialer produserer mye giftig røyk som kan ha betydning for personsikkerheten, kommer også tydelig frem i disse studiene.

Byggeforskriftene gjenspeiler den historiske utviklingen av bruk og utvikling av byggevarer av plast. Veiledningen til dagens funksjonsbaserte forskrift beskriver kun de ytelseskravene materialene skal ha når de blir brukt i byggene.

I de rapporter som har blitt studert og vurdert i forbindelse med denne oppgaven er det flere forhold som har blitt oppdaget. Byggevarer av plast har vist at de kan ha både gode og mindre gode branntekniske egenskaper. Dessverre er det ofte vanskelig å finne dokumentasjon på hvilke polymerer som har vært involvert i de ulike brannene. Det har derfor vært vanskelig å kategorisere egenskapene oppimot produktene. Det er i flere rapporter kommet frem andre forhold som har hatt større betydning for brannutviklingen enn de byggevarene som var tilstede. Disse forholdene var ikke en del av denne rapporten, men det ville ha vært interessant å følge opp med en ny undersøkelse.

Brannvesenet erkjenner at deres erfaringer med byggevarer av plastmaterialer er begrenset. De angir at det som har størst betydning for hvor stor en brann blir og hvor raskt den sprer seg er hvilken type og mengde inventar det er i startbrannrommet sammen med hvor god oksygentilgang det er. Hvis brannen får holde på lenge slik at den blir varm, og hvis den kommer inn i konstruksjonene blir den mer intensiv og vanskeligere å slokke. Overflater av plastmateriale kan ha innflytelse på initialbrannen.

Politiets erfaring viser også at i forhold til byggevarer er det først og fremst overflatene som har noe å si for brannveksten og brannspredningen. De angir at det kan være vanskelig å påvise hvilken type og mengde plast det har vært i brannrommet. De var av den oppfatning at det generelt er lite problemer med byggevarer av plast.

For å vurdere hvordan byggevarer av plast kan oppføre seg i en brann ble det gjennomført branntester sammen med SINTEF NBL og Trøndelag brann og redningstjeneste. Fra erfaringene fra disse branntestene er det mulig å si at det kan være vanskelig å antenne noen typer av byggevarer av plast. Det var kun en av plasthimlingene samt en overflate som bidrog

litt i brannene. De øvrige plastmaterialene som ble testet bidro i meget liten grad, eller ikke i det hele tatt, i brannen.

Det kan oppsummeres med at det fins plastmaterialer med mange ulike egenskaper. Det er også ulike erfaringer fra reelle branner der det har vært byggevarer av plast involvert. Dette gjør at det blir relativt tydelig hvorfor det ikke er enighet om hvilke branntekniske egenskaper plastmaterialer har. Det er registret at det har vært manglende fokus på å finne ut hvilken type plastmateriale som hadde vært brukt i de ulike byggene. Dette viser seg ved at det kun er brukt fellesnavnet "plast" i rapportene uten å spesifisere hvilken type polymer som hadde vært brukt. Det fører til at det er vanskelig å angi hvilke polymerere som har dårlige og hvilke som har gode branntekniske egenskaper.

Det var ikke mulig å kunne konkludere helt sikkert med hvilke byggevarer av plast som hadde hatt hvilken brannteknisk betydning, men identifisering av noen mulige problemområder er beskrevet i kapittel 9.

Innhold

Forord	I
Sammendrag.....	II
Innhold.....	IV
Figurliste	VIII
Tabell liste.....	VIII
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål og problemstilling	2
1.3 Omfang	2
1.4 Avgrensninger	2
1.5 Rapportens oppbygging	3
1.6 Spesielle forhold	3
2 Metoder.....	4
2.1 Metodebeskrivelse	4
2.2 Teori	4
2.3 Metastudier	5
2.4 Intervjuer	5
2.5 Case studie / Fullskala branntest	6
2.6 Metodetriangulering	6
3 Plasters egenskaper og bruksområder	7
3.1 Definisjon	7
3.2 Bruksområder	7
3.3 Branntekniske egenskaper	8
3.4 Forbruk	11
4 Litteratursøk	13
4.1 Branntester – erfaringer og metoder	13
4.2 Tidlig forskning	16
4.2.1 Oppsummering tidlig forskning.....	18
4.3 Nyere forskning	18
4.3.1 Oppsummering nyere forskning	20
5 Byggeforskrifter	21

5.1	Tidligere forskrifter	21
5.2	BF 49	22
5.3	BF 69	22
5.4	BF 85	22
5.5	BF 87	22
5.6	Melding HO-1/94 Plast i bygninger	23
5.7	TEK, 1997	23
5.8	TEK10, 2010	24
5.9	Forskrifter i andre land	24
5.10	Oppsummering og sammenligning av forskriftene	25
6	Metastudier av rapporter fra branner.....	26
6.1	Granskning av branner.....	26
6.2	Myter om etterforskning og plaster i brann	27
6.3	Rapport 1 – Boligblokk i Trollhättan	28
6.3.1	Rapport 1 – oppsummering	29
6.4	Rapport 2 – Boligblokk i Mjölby	29
6.4.1	Rapport 2 – oppsummering	32
6.5	Rapport 3 – Flerfunksjonsbygning i Hole kommune	32
6.5.1	Rapport 3 – oppsummering	33
6.6	Rapport 4 – Brann mot fasade	33
6.6.1	Rapport 4 – oppsummering	34
6.7	Rapport 5 - Møbelfabrikk.....	34
6.7.1	Rapport 5 – oppsummering	35
6.8	Generelle erfaringer fra branner gitt i artikler og rapporter.....	35
6.8.1	Historiske erfaringer fra branner	35
6.8.2	Myndigheters erfaringer fra branner.....	36
6.8.3	Forsikringsselskapenes erfaringer fra branner.....	37
6.8.4	Andre fagmiljøers erfaringer fra branner.....	39
6.8.5	Notater med erfaringer fra branner	40
6.9	Erfaringer fra branntester.....	41
6.10	Oppsummering – Erfaringer fra branner	42
7	Intervjuer	44
7.1	Intervju av brannvesen.....	44

7.1.1	Oppsummering fra brannvesenet.....	47
7.2	Intervju av politi	47
7.2.1	Oppsummering fra politiet.....	50
8	Fullskala branntester	51
8.1	Forutsetninger i bygget og testmaterialene.....	51
8.1.1	Drøfting forutsetninger	54
8.2	Branntest 1 - Plastvinduer.....	55
8.2.1	Testoppsett branntest 1	55
8.2.2	Observasjoner branntest 1	56
8.2.3	Drøfting branntest 1	58
8.3	Branntest 2 – Plastmaterialer i et rom.....	58
8.3.1	Testoppsett branntest 2	58
8.3.2	Observasjoner branntest 2	59
8.3.3	Drøfting branntest 2.....	61
8.4	Branntest 3 – Trematerialer	61
8.4.1	Testoppsett branntest 3	61
8.4.2	Observasjoner branntest 3	62
8.4.3	Drøfting branntest 3.....	63
8.5	Branntester 4 a-c – Utvendig fasader.....	64
8.5.1	Testoppsett branntest 4a	64
8.5.2	Observasjoner branntest 4a.....	65
8.5.3	Drøfting branntest 4a	66
8.5.4	Testoppsett branntest 4b	66
8.5.5	Observasjoner branntest 4b	67
8.5.6	Drøfting branntest 4b.....	68
8.5.7	Testoppsett branntest 4c	68
8.5.8	Observasjoner branntest 4c.....	69
8.5.9	Drøfting branntest 4c	70
8.6	Oppsummering testresultater	71
9	Diskusjon.....	73
9.1	Forskningen	73
9.2	Byggeforskriftene	74
9.3	Metastudiene.....	76

9.4	Erfaringer fra brannvesener og brannetterforskere	77
9.5	Erfaringer fra fullskala branntester	78
9.6	Andre refleksjoner	78
10	Konklusjon	80
11	Videre arbeid	81
	Referanseliste	82
	Bilag A – Trollhättanbrannen.....	- 1 -
	Bilag B – Mjölbybrannen	- 2 -
	Bilag C – Intervjuguide.....	- 5 -
	Bilag D – Huskeliste for branngranskning.....	- 7 -
	Bilag E – Figurer branntester	- 11 -
	Bilag F – Tegning.....	- 16 -
	Bilag G – Testinformasjon.....	- 17 -
	Bilag H – Testobservasjoner	- 25 -
	Bilag I – Temperaturregistreringer	- 27 -
	Bilag J – Uttaksskjema	- 34 -

Figurliste

Figur 1: Brannspredning langs fasadene.	30
Figur 2: Detalj oppbygging av fasaden på gavl.	30
Figur 3: Detalj oppbygging av fasaden på langside.	31
Figur 4: Brann mot fasade.	34
Figur 5: Brann i møbelfabrikk.	35
Figur 6: Testfasaden.	52
Figur 7: Detalj yttervegg.	52
Figur 8: Testrom 3.	53
Figur 9: Testrom 2.	53
Figur 10: Testrom 1.	54
Figur 11: Innvendig test av plastvinduer.	56
Figur 12: Rom 3 – brannlast.	56
Figur 13: Innvendig branntest.	57
Figur 14: Innvendig branntest.	57
Figur 15: Innvendig test, plastmateriale.	59
Figur 16: Innvendig branntest.	60
Figur 17: Innvendig branntest.	60
Figur 18: Innvendig branntest.	60
Figur 19: Innvendig branntest.	62
Figur 20: Innvendig test.	62
Figur 21: Temperatursammenligning av branntest 2 og 3.	63
Figur 22: Utvendig branntest, 4a.	65
Figur 23: Utvendig branntest, 4a og 4b.	65
Figur 24: Utvendig branntest, 4a.	66
Figur 25: Utvendig branntest, 4b.	67
Figur 26: Utvendig branntest, 4a og 4b.	67
Figur 27: Utvendig branntest, 4b.	68
Figur 28: Utvendig branntest, 4c.	69
Figur 29: Utvendig branntest.	69
Figur 30: Utvendig branntest.	70
Figur 31: Nedbrenning av bygningen.	70
Figur 32: Brann i en søppelbeholder.	72
Figur 33: Brann i en søppelbeholder.	72

Tabell liste

Tabell 1: Positive og negative egenskaper ved plast.	8
---	---

Forkortelser

BE	Statens bygningstekniske etat.
BF 28/48/69/85/87	Byggeforskrift fra 1928, -48, -69, -85 og -87
BBR	Regelsamling for byggande, Sverige
CSIRO	the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
DiBK	Direktoratet for byggkvalitet (tidligere BE)
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
EPIC	Engineered panels in construction
EPS	Ekspandert polystyren
FDV	Forvaltning Drift og Vedlikehold
FOBTOB / FOBTOT	Forskrift om Brannforebyggende Tiltak og Brannsyn/Tilsyn
FRP	Fibre Reinforced Plastics
HDPE	High density polyethylene
IPN	Isophenic
ISO	International Organization for Standardization
LDPE	Low density polyethylene
LTH	Lunds Tekniska Högskola
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
NTNU	Norges Tekniske- Naturvitenskaplige Universitet
PACIA	the plastics Industry body
PBL	Plan og bygningsloven
PF	Fenolformaldehyd
PIR	Polyisocyanurat
PS	Polystyren
PU	Polyuretan / Polyisocyanurat
PUR	Polyuretan
PVC	Polyvinylklorid
RIB	Rådgivnede ingeniør bygg
SBI	Singel burning item – en mellom skala branntest
SINTEF NBL	SINTEF Norges branntekniske laboratorium
SP	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SPIF	Svensk Plastindustri Forening
TBRT	Trøndelag brann og redningstjeneste
TEK10 / VTEK10	Forskrift om tekniske krav til byggverk fra 2010 / Veiledning til TEK10
UL	Underwriters Laboratories
XPS	Ekstrudert polystyren

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det er et økende marked for bruk av byggevarer av plast, både som overflatematerialer og som en del av konstruksjoner. Interessen for byggevarer av plast kommer blant annet av at plast har gode egenskaper med hensyn til isolering, tilpasning og utforming, samt lave produksjonskostnader. Byggevarer av plast kan gi mer fleksible bygg til en lavere byggekostnad. Plastisolasjon er brukt i sandwichpaneler, som isolasjon på grunn og tak, samt som innstøpt isolasjon i murblokker. I tillegg er kabler og elektriske koblingsbokser vanlige og lett gjenkjennelige plastmaterialer. Det som kanskje er mindre kjent er at maling også er et plastprodukt som kan gi tilskudd i en brann. Spesielt i eldre bygg som kan ha flere lag med maling.

Da det generelt antas at byggevarer av plast vil gi en høyere brannenergi i bygningene enn mer tradisjonelle materialer vil gjøre, er det viktig å vite mer om hvilken betydning slike byggevarer har for brannsikkerheten.

Ved å samle erfaringer fra analyser av bygningsbranner der det har vært benyttet byggevarer av plast, kan man undersøke om man kan finne hvilke forhold som har hatt betydning for brannspredningen. Det er derfor interessant å identifisere de materialer og konstruksjonsdetaljer som har hatt både negativ og positiv betydning i bygningsbranner.

Plastmaterialer har blitt brukt i ulike utforminger i over 50 år, og forskningen har pågått like lenge. Det er således gjennomført flere branntester og forskningsprosjekt i løpet av denne tiden. Det er derfor grunn til å lure på, hvorfor det fortsatt er så stor uenighet om hvor farlig plastprodukter er i en brann og, hvorfor man ikke har løst problemet med at plast har en antatt stor innvirkning på brannutviklingen. For selv om den generelle oppfatningen er at plast bidrar mye i en brann er ikke alle enige i det.

Det er således mange sterke meninger innen dette området og det fins en del myter om oppførselen og bidraget som plast har i en brann. Det er derfor et ønske om å forsøke finne svar på dette med utgangspunkt i erfaringer fra inntrufne branner.

Bergen brannvesen presiserte i 1999 at bruk av plast i bygninger er et stort og omfattende emne som er meget aktuelt for alle som arbeider innen brannberedskap (Vermedal, 1999, nr 5), men det er mye som tyder på at ikke så mye er gjort etter det.

Det er samlet en hel del informasjon om inntrufne branner av DiBK, DSB og SINTEF NBL her i Norge. Noen av brannene som de har vurdert har blitt studert inngående med hensyn til årsaker, forløp og konsekvenser. De har spesielt sett på branner med mange omkomne, branner med store materielle skader, og branner der det har vært grunn til å se spesielt på byggeskikk. Byggeskikk innebærer blant annet materialbruk, tekniske løsninger, planløsningen i bygningen og forhold ved evakuering. Det er derfor interessant å se om slike studier også kan gi informasjon om hvilken effekt bruk av byggevarer av plast har hatt.

Det fins lite statistikk fra inntrufne branner over hvilken innvirkning byggevarer av plast har hatt. Det er derfor interessant å granske inntrufne branner opp mot det aktuelle regelverket som gjaldt for de ulike byggene for å se om det fins noen fellesnevner. Her vil en sammenligning av de branntekniske erfaringer og tilhørende regelverk fra flere land også være av interesse.

1.2 Formål og problemstilling

Formålet med denne masteroppgaven er å forsøke å svare på spørsmålet, *"Kan man med god nok sikkerhet identifisere de branntekniske problemområdene som fins ved bruk av plast i bygninger og som har betydning for brannvekst og brannspredning?"*

Brann er stadig en risiko og et samfunnsproblem. Det er således en kontinuerlig oppgave å sikre at branner ikke oppstår og utvikler seg til store branner. Som et ledd i dette er det viktig å undersøke inntrufne branner og lære av det som har skjedd i den enkelte brannen. Dette vil gi viktig informasjon om hvordan man kan øke verdieffekten når det gjelder forebyggende tiltak og eventuelt grunnlag for å vurdere endring av regelverket.

Plastprodukter blir ofte omtalt og vurdert som et felles produkt, men de ulike plasttypene kan oppføre seg meget forskjellig. De branntekniske egenskapene er avhengig av den kjemiske sammensetningen de ulike plastene har. Noen plaster vil smelte og brenne som en væskebrann, mens andre forkuller og brenner nesten tilsvarende som tremateriale. Mange plaster produserer veldig mye røyk når de brenner, men ikke alle.

Det er ønsket å se om man kan finne et svar på spørsmålet "Hva kan man gjøre for at en brann ikke skal kunne spre seg slik at den får et omfang som er samfunnsmessig uakseptabelt". Branner har alltid oppstått, og vil slik vi lever i dag oppstå igjen. Målet må heller bli at brannene ikke skal bli så store at de medfører skade på person, verdi eller miljø utover nivået for det som er samfunnsmessig akseptabelt. Det er ønskelig å se om man kan finne et nivå som gir tilstrekkelig brannsikkerhet også når det er brukt byggevarer av plast i bygningene.

Det er ønskelig å vurdere brannutviklingen og brannspredningen i utvalgte hendelser for å se om det er mulig å finne ut hvorfor brannene fikk det omfanget som de fikk. Dette for å se om det er mulig å få frem noen konklusjoner på mulige tiltak som kan hindre at lignende brannspredning skjer igjen.

1.3 Omfang

Masteroppgaven er i første hånd basert på litteratursøk og intervjuer av personer i brannvesen og politi, samt fullskala branntester av byggevarer av plast.

Litteratursøket ble utført for å finne frem til hva som er vurdert tidligere.

Intervjuer av førsteinnsatspersonell ble utført for å få en oversikt over deres erfaringer over hvordan de opplever at virkelige branner er.

Det ble videre gjennomført seks fullskala branntester i samarbeid med SINTEF NBL og Trøndelag brann og redningstjeneste. Det ble valgt tre ulike tema i forhold til byggevarer med henholdsvis innvendig og utvendig brannstarts-scenarier.

Det var også ønsket å gjennomføre egne undersøkelser av inntrufne branner. Da det ikke inntraff noen relevant brann i løpet av prosjektperioden var det vanskelig å finne en case som kunne brukes. Derfor ble dette ikke gjennomført.

1.4 Avgrensninger

Denne masteroppgaven er begrenset til at kun se på byggevarer av plast. Dette tema ble valgt på grunn av at det er stor skepsis og lite statistisk kunnskap om effekten av bruk

av byggevarer av plast. Det er en allmenn oppfatning at byggevarer av plast er brukt i fler og fler typer av konstruksjoner. Det begrunnes med at slike byggevarer har gode egenskaper samtidig som produksjonskostnadene er relativt lave.

Vurderingene som ble gjort i forbindelse med oppgaven hadde fokus på granskning av de bygningsmessige funksjonene som har betydning for brannutviklingen.

Vurderingen i denne masteroppgaven er i hovedsak basert på studier av rapporter som er skrevet av andre. Det er derfor vanskelig å få tak i alle de opplysninger man kanskje ønsker eller trenger for å få vurdert de ulike brannene med samme fremgangsmåte og prinsipper.

Det er kun vurdert hvilken betydning byggevarer av plast har i en brann. Effekten som inventar av plast har er ikke vurdert, selv om det er angitt å ha stor betydning for utviklingen og spredningen av branner.

Det er heller ikke vurdert andre forhold enn brann, selv om forskningen av miljøkonsekvensene har hatt større fokus i internasjonal forskning i nyere tid.

1.5 Rapportens oppbygging

I kapittel 2 er de metodene som er brukt i denne oppgaven beskrevet.

I kapittel 3 er plastenes egenskaper og bruksområder beskrevet, samt hvilken utvikling forbruket av plast har hatt i følge ulike studier. I kapittel 4 oppsummeres noen av de forskningsartikler som ble studert i forbindelsen med litteratursøket av både eldre og nyere dato.

Kapittel 5 oppsummerer i hovedsak utviklingen av reglene som er angitt i byggeforskriftene i Norge, sammen med en kortere henvisning til andre lands byggeregler.

Analyse av spesielt fem inntrufne branner er gitt i kapittel 6.

Kapittel 7 oppsummerer intervjuene av totalt åtte enheter i brannvesen og politi.

I kapittel 8 er resultatene fra de seks fullskala branntestene som ble gjennomført som en del av denne oppgaven oppsummert. I kapittel 9 diskuteres disse videre sammen med de øvrige erfaringene som er registrert i løpet av arbeidet.

I kapittel 10 er konklusjoner basert på det som er kommet frem i denne rapporten angitt, forslag til og anbefaling om videre arbeid er gitt i kapittel 11.

1.6 Spesielle forhold

Spesielle forhold i denne oppgaven var at det ble oppdaget at det finnes veldig mange artikler og sterke meninger fra flere forfattere og faginstanser. Dessverre ble det ikke registrert like mange forskningsrapporter eller artikler som var skrevet med et helt upartisk utgangspunkt. Noen finnes selvfølgelig, men flere av disse er av eldre dato. Da det er en rivende utvikling av plaster og deres egenskaper er det litt uheldig.

Under planleggingen av de branntestene som ble gjennomført, måtte en ta utgangspunkt i de muligheter og begrensninger som bygningsmassen ga. Hvilke materialer som var tilgjengelige, samt konstruksjonens oppbygging hadde stor betydning. Tiden for planlegging og gjennomføring hadde en del å si. Begrensningen av resurser i forhold til tilgjengelig tid for oppbygging og instrumentering var også av betydning.

2 Metoder

2.1 Metodebeskrivelse

En metode er definert av Halvorsen (Halvorsen, 2011, s. 20) som ”en systematisk måte å undersøke virkeligheten på”. Metoder som brukes i forskning blir gjerne definert som kvalitative eller kvantitative.

2.2 Teori

Kvalitative metoder er definert som måter for å få frem mye informasjon fra noen få objekter. Informasjonen man tar frem i henhold til denne type metode kan komme både fra muntlige og skriftlige kilder. Her er det mengden av innhentet informasjon som gjør at man kan finne frem til en helhetsforståelse av temaet man forsker på. Ulempen vil være at etterprøvbareheten er vanskelig å verifisere. Med kvalitative metoder er det ønsket å få frem informasjon med stor etterprøvbarehet og nøyaktige resultater. I forhold til min oppgave vil kvalitativ metode mest sannsynlig være den måten som må benyttes, men problemet her kan være at det ikke er mulig å få frem stort nok datagrunnlag for å kunne oppsummere resultatene slik at man kan konkludere noe bestemt.

Kvantitative metoder er definert som måter å få frem noen få opplysninger om mange objekter. Informasjonen innhentes gjerne ved hjelp av spørreskjema med faste svaralternativer som besvares av mange. De kvantitative metodene forholder seg til få målbare opplysninger fra mange enheter. Resultatene blir gjerne gitt som tall og vist med figurer eller i tabeller. Fordelen med denne type metode er at man kan avgrense spørsmålene til kun de tema man ønsker å undersøke. I tillegg kan man raskere få svar fra mange personer da man ikke trenger å ha direkte kontakt med alle. Ulemper ved kvantitative metoder er at med strukturerte spørreskjema kan man gå glipp av verdifull informasjon.

Det er oppsummert i Olsson (Olsson, 2011, s. 40) at ”kvalitative metoder kan bidra til å forstå meningen med tallene fra kvantitative metoder”. I forelesningsnotatene til Nils Olsson (AAR 6024 høsten 2012) er det også oppsummert at kvantitative metoder gjør det mulig å underbygge resultatene fra kvalitative studier.

Som beskrevet i forelesningene til Nils Olsson som vanlig i denne type fag er det i denne oppgaven brukt både kvalitative og kvantitative fremgangsmetoder. I mitt tilfelle er det ønskelig å få frem noen spesifikke opplysninger fra mange enheter og det er derfor benyttet kvantitativ fremgangsmåte, men dessverre er branngranskning ikke særlig etterprøvbare og er således per definisjon ikke en kvantitativ metode.

Det viktig å sikre at man har høy reliabilitet og nøyaktighet i sin forskning, men et stort tallmateriale kan medføre at det blir vanskelig å være nøyaktig (Larsen, 2010). Høy reliabilitet betyr å være sikker på at man har pålitelige målinger og at resultatene er etterprøvbare (Halvorsen, 2011). For å få til dette må man benytte entydige måleparametre og målemetoder. Det var meget vanskelig å få frem de samme parameterne fra de ulike rapporterte hendelsene. Resultatene er dessverre uansett ikke etterprøvbare da ingen brann er den andre lik.

Det er også viktig å sikre validiteten av forskningen. Med validitet menes at man har fokus på at man skal måle de rette tingene og at man belyser de rette forholdene. Høy validitet viser til at man har høy relevans på forskningen. I forelesningene til Nils

Olsson (AAR 6024 høsten 2012) er det spesifisert at høy validitet oppnås ved å måle mest mulig direkte på de forhold man er interessert i, og det er en fordel om man bruker flere måleparametre. I forbindelse med de fullskala branntestene som ble gjennomført var det mulig å oppnå relativt høy validitet.

2.3 Metastudier

Metastudier er beskrevet av Nils Olsson (AAR 6024 høsten 2012) som studier av studier. Fellows og Liu (2008) angir at metastudier har som mål å samle sammen og analysere resultatene fra mange ulike studier av et tema for å vurdere sammenhengen mellom de aktuelle variablene man vil studere. Ved å gå igjennom rapporter som andre har utarbeidet for å vurdere inntrufne branner antas det at mitt arbeide kan defineres som en metastudie. Rapportene fra de inntrufne brannene som ble studert hadde nok ikke det detaljeringsnivå som de studiene som (Fellows & Liu, 2008) la til grunn for sin definisjon.

Rapporter som er utarbeidet på de tre skandinaviske språkene samt engelsk har blitt studert. Det viste seg at Sverige har utgitt flere rapporter som er relevante for denne oppgaven.

DiBK og DSB har selv eller sammen med andre gransket mange branner og utgitt en hel del offentlige rapporter der de oppsummerer erfaringer og trekker konklusjoner etter sine granskninger. Bakgrunnen for disse granskningene er at de forvalter henholdsvis Plan- og bygningslov med forskrifter for nye bygninger og Brann- og eksplosjonsvernloven med forskrifter for eksisterende bygninger. Evalueringene blir således gjort for å avdekke om det aktuelle byggerverket var i samsvar med regelverkets krav, og om regelverket har fungert som forutsatt.

2.4 Intervjuer

Intervjuer defineres i flere typer av kategorier, strukturerte og standardiserte intervjuer samt enquêtes og er gitt som kvantitative metoder (Larsen, 2010). I strukturerte intervjuer er alle spørsmålene, samt mulige svaralternativer bestemt på forhånd. Dette gjør at svarene kan oppsummeres og uttrykkes i tall og man foretar generaliseringer (Larsen, 2010). Standardiserte intervjuer har derimot ikke svaralternativer. Dette gir åpning for at de som blir intervjuet selv fritt kan utforme sine svar. Standardiserte intervjuer kan dermed gi et bredere grunnlag for videre analyse, men de kan være vanskeligere å analysere. Det er nødvendig at antallet personer man intervjuer er høyt nok for å sikre at man får et godt nok grunnlag for den etterfølgende vurderingen.

For å sikre at man får med seg alle detaljer ved svarene i intervjuene er det best om man får lov til å registrere dem med opptak. Et alternativ til opptak kan være at man er to som deltar på intervjuene og at en noterer ned svarene kontinuerlig i løpet av samtalen.

Intervjuer er en viktig metode i denne oppgaven for å få frem kunnskap fra de som har direkte erfaring med reelle branner om forhold som vanligvis ikke blir angitt i rapporter.

For å sikre validiteten ved bruk av denne metoden er det viktig å innhente tilstrekkelig bakgrunnskunnskap, samt i forkant å ha utarbeidet en standardisert intervjuguide som benyttes når intervjuene blir gjennomført (se Bilag C – Intervjuguide). Det ble kun gjort notater i løpet av intervjuene, men etter renskrivning ble de sendt til deltakerne for gjennomlesning og kommentar.

Brannvesenet, og spesielt utrykningsavdelingen, har selvfølgelig mye erfaring om hvordan branner utvikler og sprer seg i bygninger. Det var derfor interessant å intervju utrykningspersonell fra brannvesenet med spesielt fokus på deres erfaringer med byggevarer av plast. For å få erfaring fra ulike byer ble det gjennomført intervjuer i totalt fire brannvesen, to i Norge og to i Sverige.

I både Norge og Sverige er det politiet som etterforsker inntrufne branner. De skal etterforske alle hendelser for å finne årsak og arnested til brannen. De vurderer også om det eventuelt har vært en straffbar handling i forkant av, eller i forbindelse med brannen. Det var derfor ønskelig å intervju brannetterforskere ved politiet. Det ble gjennomført intervju i totalt tre politienheter, en i Norge og to i Sverige, i tillegg til samtale med Kripos.

2.5 Case studie / Fullskala branntest

Case studier er en meget bra metode for å gå i dybden i noen få spesifikke hendelser og for få frem mye kunnskap om disse. Det vil være vanskelig å generalisere etter at man har brukt noen få case studier, men man kan beskrive forhold som vil være typiske (Halvorsen, 2011). Det var ikke sikkert, men det var håp om å kunne gjennomføre en spesifikk case studie av en inntruffet brann i forbindelse med denne oppgaven. Men det viste seg at det dessverre ikke var mulig da det ikke oppsto en relevant brann i løpet av prosjektperioden.

Hvis det hadde inntruffet en brann i løpet av prosjektperioden, hadde det vært ønskelig å få delta direkte i granskningen for å få gjennomført en mer dyptgående case studie. Inntrufne branner er en type "fullskalaforsøk", der man dessverre ikke har kontroll over de faktorer eller størrelser man ønsker å få undersøkt. Men med en detaljvurdering av en branntomt vil man uansett kunne få mye relevant lærdom fra slike analyser.

I stedet for å vurdere en reel branntomt var det mulig å gjennomføre fullskala branntester i samarbeid med brannvesenet i Trondheim og SINTEF NBL. En slik fullskala branntest er en kontrollert "brann" der man simulerer en realistisk brann med både sammenføyninger, gjennomføringer samt dør- og vindusåpninger samtidig som man kan ta målinger og registreringer fortløpende under brannen. En slik branntest som dette er et godt bindeledd mellom standard branntester av enkelte materialer og konstruksjoner i henhold til gitte parametere, og reelle branner der det i utgangspunkt ikke er noe som er gitt eller spesifisert.

2.6 Metodetriangulering

Metodetriangulering defineres som å bruke flere metoder for å finne frem til best mulig relevans for resultatene. Når man har mulighet til å bruke både kvalitative og kvantitative metoder er det en meget god måte for å få styrkene i de ulike metodene til å oppveie for svakhetene (Larsen, 2010) (Olsson, 2011). Triangulering vil være helt avgjørende for hvilke resultat som er mulige å få frem. Da det er mange usikkerhetsmomenter ved å ta frem resultater ved å analysere inntrufne branner er det ekstra viktig å bruke så mange ulike metoder som mulig. Bruk av flere metoder er tidskrevende og da det ikke inntraff noen spesielle brann der byggevarer av plast var av betydning ble de andre metodene prioritert for å sikre at de ble gjennomført godt nok.

3 Plasters egenskaper og bruksområder

3.1 Definisjon

I Store Norske Leksikon (Ore & Storli) er følgende introduksjon til ordet plast gitt "Plast, syntetisk materiale som består av en eller flere polymerer (basisplasten) og forskjellige tilsetningsstoffer (hjelpstoffer). Polymerene er organiske forbindelser bygd opp av kjedeformede molekyler". Det angis at basisplasten har i en del av produksjonen vært flytende eller plastisk. Plastmassen kan da formes til de ønskede produktene. Hvilken basisplast som er brukt er med på å bestemme hva plastproduktet tåler av mekaniske påkjenninger, av varme og kulde, kjemikalier, løsemidler, sollys osv.

Basert på dette kan man konkludere med at plast er en generell betegnelse på et materiale som har et meget stort spekter av både egenskaper og bruksområder. Dette kommer også tydelig frem i en SINTEF rapport (Steen - Hansen, Reitan, & Andersson, 2012) der en sammenstilling og oversikt av flere ulike plasttyper er gitt. Her er over ti av de vanligste plastene som brukes som byggevare beskrevet. Det er gitt en kort beskrivelse av dem, hva de brukt som og hvilke termiske egenskaper de har. Det er vist at forskjellene er så store at det egentlig ikke er riktig å omtale plast som ett materiale. Dette er også vist i *Plastics Flammability Handbook* (Troitzch, 2004), her er det samlet mye data om både bruk og forbruk av ulike typer av plaster.

ASTMs definisjon av plast (Benedetti & Colonna, 2008) er at det er et materiale som inneholder en hovedbestanddel som består av en eller flere organiske polymere emner med en stor molekylær vekt, og er fast i sin endelige form. Samt at de i løpet av en del av tilvirkningen eller produksjonsprosessen har vært flytende.

Polymerer er en del av det som defineres som ikke-metaller. Polymerer er delt opp i tre klasser - elastomeres, herdeplaster og termoplaster.

Elastomerer blir ofte kalt for syntetisk gummi da de er elastiske og har gummiaktige egenskaper. Denne typen brenner til og med som naturlig gummi.

Herdeplaster er støpt i en prosess som ofte inkluderer både høy varme og høyt trykk i en form. Herdeplaster kan ikke gå tilbake til sin originale form som de hadde før herdeprosessen.

Termoplaster kan bli oppvarmet og omformet flere ganger, og de vil til slutt brytes ned i det som omtales som termisk aldning. De smeltes til de blir flytende og støpes i former eller direkte rundt faste materialer som for eksempel kabler. Generelt sett er det ikke noen kjemisk prosess involvert i denne prosessen.

3.2 Bruksområder

I *Fire Protection Handbook* (Benedetti & Colonna, 2008) er det beskrevet at plaster har et meget stort bruksfelt. De brukes som lydisolasjonsplater, varmeisolasjonsplater, takmaterialer, dekor, tre-imitasjoner, himlingsplater, veggplater, gulvbelegg, elektriske koblinger, elektrisk isolasjon, vann- og gassrør, badekar, og servanter, kjøkkenbenker osv.

I rapporten *Plastics burn, don't they?* (Rakie, 2004) er det beskrevet at bruken av plast i konstruksjoner har økt på grunn av at de er lette, varige, værmessig motstandsdyktige, pene og ofte kostnadseffektive. Det presiseres at noen plaster, men ikke alle, kan føre til økt brannvekst etter at en brann har oppstått. Det kan resultere i en mer intens brann som også kan gi raskere brannspredning sammenlignet med andre vanlige materialer.

I artikkelen *Cellplast i veggarna och tak kan vara en stor brandfara* (Blomberg, 2012) er det henvisning til at Brandskyddsföreningen er bekymret for at det brukes mer og mer celleplast som isolering i svenske boligbygg. I henhold til Brandskyddsföreningen er det kravet om energieffektivisering som har gjort at celleplast er populært da det er rimelig og effektivt som isoleringsmateriale.

Byggforskserien (SINTEF Byggforsk, 2009) beskriver hvor og hvordan man kan bruke brennbar isolasjon i Norge. Det angis at brennbar isolasjon kan brukes så lenge funksjonen opprettholdes og at den ikke bidrar til økt brannrisiko eller brannspredning. Noen av forslagene har begrensninger i hvilke typer bygg de kan brukes i, men noen plaster kan brukes i alle typer av bygg.

Teknisk informasjon fra produsenter presiserer at et panel med skumisolasjonskjerne er lett å håndtere, klarer store spenn og har høy isolasjonsevne selv om det er relativt tynt. Kjernen absorberer videre ikke noe vann, og er derfor fuktbestandig.

I *Plaster materialval och materialdata* (Klason & Kubát, 2001) blir plast sammenlignet med andre materialer. Der blir det presisert at det ikke er et mål å lage alt av plast, men å vurdere mulighetene. Det fins både positive og negative egenskaper ved plast, og noen av dem er gitt i tabell 1.

Tabell 1: Positive og negative egenskaper ved plast

Positive egenskaper	Negative egenskaper
Enkelt å forme kompliserte detaljer	Viskoelastiske deformasjoner
Lav densitet	Stor varmeutvidelse
God korrosjonsbestandighet	Lav varmebestandighet
Gode isoleringsegenskaper	Sterkt varierende kjemikalie resistens
Gode lyd og svingningsdempende egenskaper	Termisk aldring
Mulighet for egenskapskombinasjoner i konstruksjoner	Hensyn må tas til krav om gjenvinning.

3.3 Branntekniske egenskaper

I en bok (Plast Teknologi, 2. utgave, 2005) er det beskrevet at noen plastpolymerer antennes lett og andre er vanskeligere å antenne, men alle er brennbare. Antenneseegenskapene til et materiale har ikke noen sammenheng med deres oppførsel i en brann. Man kan tilsette brannhemmende additiver til plasten for å endre egenskapene. Disse deles inn i tre ulike grupper som er organiske og uorganiske additiver, og reaktive midler som brukes i ulike typer av plaster og i ulike mengder. Det fins også brannhemmende overflatebehandlinger som kan gi gode resultater.

Egenskaper for ulike typer av isolasjon som ofte er oppgitt med følgende branntekniske materialegenskaper (Lindab):

- a. Steinull – A2-s1,d0 (*for sammenligning*)
- b. Glassfiber – A2-s1,d0, glassfiber er som steinull et mineralfiber, men det har ikke like gode brannegenskaper som steinull.
- c. IPN – B-s1,d0, IPN er et forfinet PIR-skum, som produserer mindre røyk og bidrar med lite varme til brannen.
- d. PIR – B-s2,d0, er polyuretan som er kraftig modifisert. Ved brann forkulles kjernen og den avgir en mindre mengde varme og røyk.
- e. PUR B2 – B-s3,d0, ved brann forkulles kjernen, men det blir ikke så sterkt kull-lag som for PIR. Den er "selvslokkende" når varmen fjernes.
- f. PUR B3 – C-s3,d0 / D-s3,d0, denne avgir mer røyk og produserer mer varme enn PUR B2. Denne er ikke "selvslokkende".
- g. EPS – smelter allerede ved 180 °C og avgir store mengder brennende dråper. Brannforsterket EPS kan avgi store mengder svart røyk og kan tilføre mye varmeenergi til brannen. Når kjernen smelter kan brannen også spre seg ukontrollert inne i panelet. EPS kan til tross for dette bli klassifisert med d0, når det under branntester ikke blir registret brennende dråper og partikler som faller ned i den såkalte brann-sonen på ca. 300x350mm.

I rapporten *Plastics burn, don't they?* (Rakie, 2004) er det gitt at termoplaster mykner ved oppvarming og, de smelter i branner og brenner effektivt. Eksempler på termoplaster er polykarbonater, PET, PVC og EPS. Herdeplaster mykner derimot ikke ved oppvarming etter at de har herdet, disse forkuller isteden i en brann. Eks på herdeplaster er PU, PIR, FRP.

På et seminar ble det fra en CSIRO representant angitt at det er farlig å behandle alle plaster som et stereotyp material. De må godkjennes hver for seg i henhold til de rette standardene individuelt og i forhold til hvordan hver enkelt skal brukes.

Han henviser også til at PACIA har en arbeidsgruppe for EPS som har gjort mye bra arbeid med å vise hvordan, og hvor man kan bruke EPS på en sikker måte.

Egenskapene til EPS sandwichpaneler er at når de blir involvert i en brann kan det føre til at brannen sprer seg meget raskt hvis panelene ikke er montert og beskyttet på rett måte. Dette gjør at arbeidsgruppen for EPS ikke anbefaler EPS-isolasjon i fasadepaneler for høyhus uansett hvordan konstruksjonen utføres.

Spray polyuretan plast er vist av FM Global å ha egenskaper som gir den mest aggressive og raskeste brannveksten sammenlignet med andre typer isolasjonsmaterialer av plast.

Noen vinduer lages av akryl- og polykarbonatplater. Slike plater er oppgitt å sige og dryppe, dette gjør at man i sprinklede bygninger bør sikre sprinklerhodene med en type nett slik at takvinduer ikke faller ned og hindrer deres funksjon.

Bruk av byggeklosser av plast som forskaling og isolasjon (type BeWi) har vist seg å være et problem i byggeperioden før de blir tildekket, men etter at de er beskyttet trenger det ikke være noe problem.

Plastprodusentenes forening (PU Europe Fire Handbook) presiserer at en brann inne i en godt isolert bygning vil vokse raskere enn en brann i en ikke-isolert bygning. Årsaken er at i den godt isolerte bygningen vil varmen bli igjen inne i bygningen og gi energien tilbake til brannen. Dette er helt uavhengig av hvilken type isolasjon som er brukt. Dette kan føre til at vi får enda raskere branner i fremtiden. Spesielt vil dette gjøre seg gjeldende i de nye lavenergi og passivhusene. Dette er også erfaringene til de brannvesen og politienheter som ble intervjuet, se kap. 7. Plastprodusentenes forening (PU Europe Fire Handbook) skriver også at PU har et stort bruksområde, lang levetid og helt klart gode isolasjonsegenskaper samt høy trykkfasthet. PU-isolasjon har bra egenskaper selv i slanke og lette konstruksjoner. Termen PU er brukt for å angi både PUR- og PIR-isolasjon.

Det er presisert i *Fire Protection Handbook* (Benedetti & Colonna, 2008) at på grunn av at plaster er ustabile ved høy temperatur og at de er brennbare har de vanligvis ikke blitt brukt i konstruksjoner med krav om brannmotstand. Spesielle silikonfuger som har vært brukt for å tette gjennomføringer er et unntak fra dette. Denne type fugemasse beholder sin tettefunksjon ved at den sakte brenner bort i løpet av brannen.

Tilsatsstoffer og blandinger kan endre egenskapene til polymerene vesentlig på flere områder. Eksempler på slike områder er styrke, varmebestandighet, antennelighet, flammespredningshastighet og røykproduksjon.

Plaster kan ha brannegenskaper som avviker mye fra de mer tradisjonelle cellulosematerialer hvilket medfører en uvanlig stor fare for tap av liv og verdier. Dette kan være egenskaper som:

- Antennelighet og forbrenningshastighet – plast har vanligvis høyere antennelsetemperatur enn tre, men noen av dem antenner lettere og de kan brenne mye raskere enn tre. Det er registrert hastigheter helt opp til 0,6 m/s, noe som er 10 ganger raskere enn for trematerialer.
- Røykproduksjon – Plaster produserer vanligvis mye svart røyk og røykproduksjonen kan øke hvis plastene har tilsatsstoffer som skal redusere brennbarheten.
- Giftige gasser – Alle branner vil produsere dødelige doser av forbrenningsprodukter, vanligvis CO, men plastbranner kan også produsere de enda farligere gassene hydrogencyanid og hydrogenklorid. Mengder og typer av gasser er avhengig av type plast og brannforholdene.
- Brennende dråper – Termoplaster har en tendens til å smelte og renne når de blir oppvarmet. I en brann vil termoplaster smelte bort fra brannen, og føre brannfronten forover. De kan også smelte og danne tjærelignende dråper som kan starte nye branner og være vanskelig å slukke.
- Rustangrep – PVC og andre lignende plaster produserer mange gasser som gir et meget korrosivt miljø og fører til angrep på elektrisk utstyr og andre metallgjenstander. Dette er imidlertid et større problem for restverdiredningen etter en brann.

Varmeherdende plaster smelter ikke og forkuller på overflaten. Kull-laget isolerer det underliggende materialet og pyrolysegassene forsvinner via sprekker. Denne typen plaster gir ikke brennende dråper. Eksempler er PUR og PIR.

Det blir presisert i *Cellplast och brand* (van Hees, Nilsson, & Johansson, 2012) at betegnelsene f.eks. myk og hard PVC ikke har noen kobling til brannegenskapene.

De oppsummerer videre at bruk av utvendig celleplastisolasjon er mer et spørsmål i forhold til verdisikkerheten til eiendommene og ikke direkte personsikkerhet. Celleplaster er brennbare, men de ulike typene har ulike egenskaper, og det varierer mye av hva som fins på markedet. Det fins til og med celleplaster som klarer fasadetestkravene i SP 105 og brannmotstandskravet EI60. Det oppgis at:

- EPS – termoplast mykner vanligvis ved ca. 70 °C og gir brennende dråper. EPS har en brannenergi på 39 MJ/kg, og produserer mye svart røyk.
- XPS – termoplast mykner ved ca. 80 °C, ellers har denne stort sett liknende egenskaper som EPS.
- PUR – har brannenergi på 25 MJ/kg og forkuller ved varmeeeksponering, denne typen plast avgir HCN og NO_x ved forbrenning, og produserer mye røyk.
- PIR og IPN – er termisk mer stabile, og forkuller ved varmeeeksponering, disse har en brannenergi på 25 MJ/kg, de avgir HCN og NO_x gasser ved forbrenning, men røykproduksjonen er avhengig av hvilken type material det er (for sammenligning har PVC brannenergi 16 MJ/kg, tre 18 MJ/kg, propan 46 MJ/kg).

EPIC presiserer at utvendige og innvendige paneler oppfører seg ulikt og det må man ta hensyn til ved bruk av sandwichpaneler. Brannegenskapene er ulike, på grunn av at det er et annet utgangspunkt for utvendige paneler som må ha en mer robust innfesting for å tåle værbelastningen (som ikke er et problem innvendig). Dette gjør at skjøtene holder bedre for utvendige paneler.

Hovde presiserer i en SINTEF rapport (Hovde P. J., 1992) at det er viktig at man er kjent med at plastene ikke skal brukes som erstatningsmaterialer, men basert på sine egne egenskaper som selvstendige materialer med sine spesielle egenskaper, fordeler og svakheter.

3.4 Forbruk

EPIC (EPIC) angir at siden starten i midten av 1970-tallet estimerer de at det er montert over 100 millioner m² sandwichpaneler i UK og at 95 % av dette er PUR paneler.

I en artikkel fra plastprodusentene (European Manufactures of EPS) er det angitt at i Skandinavia blir det stort sett kun brukt vanlig EPS, mens det i Tyskland blir nesten kun brukt flammehemmet EPS. I mange europeiske land blir begge typer brukt.

De angir videre at bruken av utvendige paneler økte i volum tidlig på 1980-tallet, men at de har vært brukt helt fra slutten av 1960-tallet. De er nå mest brukt som kledning i industri- og bedriftsbygg. Det oppgis at det startet med:

1. Utvendige PUR elementer med en tykkelse på 25-30 mm, (nå 80-100 mm) og innvendige PS elementer.

2. Mineralullpaneler ble introdusert på 1990-tallet for å øke brannsikkerheten. I dag er ca. 8 % av alle utvendige paneler mineralullpaneler.
3. Det har også vært brukt andre plasttyper, men kun i et lite volum. PS er nå erstattet med godkjente PIR og mineralull i alle innvendige paneler.
4. Siden 2004 har alle faste polyuretanpaneler i UK vært av type PIR grunnet kravet fra forsikringsselskapene som krever godkjenning i henhold til LPS 1181 og FM Global test. Nå er over 90 % av de utvendige panelene godkjente PIR paneler.

I en SINTEF rapport (Hovde P. , 1977) er det angitt at det av all plast som ble brukt i 1974 ble 7,2 % brukt i bygg og anlegg. For å sammenligne dette tallet er det oppgitt i en annen rapport (Hovde P. J., 1992) at det ble brukt 25 % i 1990 og i rapporten (Steen - Hansen, Reitan, & Andersson, 2012) er det tilsvarende tallet 18 % i 2002. Her er det også angitt at tilsvarende tall for Europa er 20,5 % i 2002.

Plaster er omtalt som et material som har økende bruk som byggevarer og i en håndbok (Troitzch, 2004) er det angitt at det i Tyskland i år 2000 ble brukt mest plast til:

1. Emballasje 27 %
2. **Konstruksjoner 27 %**
3. Motorindustri 8 %
4. Møbler 8 %,
5. Elektriske komponenter 7 %
6. Kjøkken utstyr 4,5 %
7. Landbruk 2 %
8. Annet forbruk 16,5 %

For å sammenligne disse tallene mot dagens forbruk er det vist til tall fra PlasticsEurope i rapporten (Steen - Hansen, Reitan, & Andersson, 2012) som beskriver plastbruken i Europa 2011 med følgende fordeling:

1. Emballasje 39,4 %
2. **Bygg og konstruksjoner 20,5 %**
3. Bilindustri 8,3 %
4. Elektriske produkter 5,4 %
5. Annet forbruk 26,4 %. (husholdningsapparater, møbler, landbruk, sport, helse og sikkerhet)

Med antakelsen om at Tyskland er det land som ligger på topp (Steen - Hansen, Reitan, & Andersson, 2012) i forbruk av plast vil derfor Tyskland ha likeverdige tall som for Europa. Man ser da av forbrukstrenden de seneste 10 år at det er en reduksjon av bruken av plast som byggevarer.

Av den årlige av plastproduksjonen som går til byggebransjen angir PVC Forum Norge v/ Helge Stiksrud i PVC Fakta Brann at det er mellom 60 og 70 % som går til membraner, tak- og gulvbelegg, trykkrør, nedløpsrør, dreneringsrør og avfallsrør, rør for elektriske ledninger, profiler, tapet, takfolier, plastisolasjonsbelagte stålplater for tak, fasade og vindusbrett, vindus-profiler, takrenner, grunnmurselementer og mange andre bruksområder. Hvis dette er korrekt, er det kun en liten del av platen som benyttes til innvendige konstruksjoner. Byggevarer av plast kan derfor kanskje ha mindre betydning for brannutviklingen i byggene enn ventet.

4 Litteratursøk

Litteratursøk er en helt naturlig del av en masteroppgave for å få frem hvilke erfaringer som fins både med hensyn på utvikling, bruk og ikke minst forskning. Det ble i forbindelse med denne oppgaven oppdaget at det fins en hel del forskningsartikler basert på standardiserte branntester og at det fins en del artikler fra inntruffede hendelser, men det er helt klart færre enn hva de som jobber med dette faget tror. Det som ble registrert var at det fins flere forskningsrapporter fra 1970- og 1980-tallet, men kun et mindre antall rapporter fra nyere prosjekter. Hvilket ikke motsvarer hva de aller fleste forskere og andre ledende personer som ble kontaktet i forbindelse med denne oppgaven mente. De hadde stor tro på at det lå mye informasjon på nettet.

Utviklingen av både testmetoder og nye typer av plastprodukter har hatt en stor utvikling siden starten på 60-tallet. De tilsatmidler i plastprodukter som brukes for å få ulike typer av egenskaper har endret seg betydelig, ikke minst grunnet hvilke miljøkonsekvenser som de har blitt registrert å ha. Det har også vært et ønske om å få nye egenskaper på plastproduktene som har drevet utviklingen videre.

4.1 Branntester – erfaringer og metoder

SINTEF NBL gjennomførte en serie pilotovnstester av vegg-tak overganger, samt vegger med svekkelser i et prosjekt (Berge, 2002). Branntestene varte i 20 minutter, og prøvestykkene var bygget opp av 15 mm branngipsplater, trestendere og isolert med ikke flammehemmende styropor eller flammehemmende styropor.

Det ble i rapporten konkludert med at flammehemmende isolasjonsmateriale av typen styropor ikke deltar vesentlig i brannen. Materialet dekomponerer imidlertid etter en viss tid både som følge av direkte eksponering, men også på grunn av oppvarming. Isolasjonen smeltet og rant ut, men det ble ikke observert noen brennende dråper.

Derimot deltok det ikke-flammehemmende isolasjonsmaterialet i brannen. Branntesten med vegg-tak overgangen ble avsluttet etter 15 min på grunn av sterk røykutvikling. Det ble her vist at denne typen isolasjonsmaterialer ikke kan brukes der den blir utsatt for flammer eller høye temperaturer. Det ble konkludert med at denne typen isolasjon kun kan benyttes hvis den blir støpt inn i betong.

Styropor er oppgitt å begynne mykne ved 70 °C, den brytes ned ved temperatur over 200 °C, og den har en selvantennelsestemperatur på 285 °C.

Det er i denne rapporten gitt forslag til 8 akseptkriterier for bruk av brennbare materialer som må ivaretas.

I *The Properties and test of plastics materials* (Lever & Rhys, 1962) ble det tidlig beskrevet ulike testmetoder og målinger som skal gjøres. Det er angitt antennelsestemperaturer og selvantennelsestemperaturer for ulike typer av plastprodukter. Det er gitt ulike krav for å ha klart testene, for eksempel at det ikke skal oppstå noen flammer, gløding eller temperaturer over 250 °C i løpet av testen. Eller at platen skal motstå antennelse ved kontakt med en elektrisk oppvarmet stav som har temperaturen 950 °C. Etter 3 minutter blir vekt tapet og flammespredningen målt,

multiplikasjon av disse to verdiene gir et tall som viser til et kriterium for antennelsesmotstand.

SP har gjennomført en serie med småskålatester som er beskrevet i en artikkel (Blomqvist & Krämer, 2008). Her er kopplingsdoser produsert av 10 ulike polymere materialer testet slik at man kunne studere antennelse og forbrenningsoppførselen til disse. Det ble her vist at en småskåla branntest ikke kunne oppvise entydige resultater og dokumentasjon av brannsikkerheten. Resultatene var meget avhengig av forandringer i kontaktflaten mellom plasten og glødetråden.

I en prosjektrapport (Choi K. K., 1985) fra Canada er det beskrevet resultater fra en serie av fullskåla rombranntester med skumplastisolasjon i to vegger. Her blir det vist at størrelsen på rombrannen med utgangspunkt i normal varmebelastning ikke oppfattes å øke om man har brukt skumplastisolasjon. Det var ikke noen indikasjoner på at skumplasten bidro til brannlasten. En 16 mm gipsplate klarte å forhindre antennelse av PS i 60 min og PU i 45 min.

Resultatene viste at, selv om den ødeleggende effekten fra brannene i disse testene er like, må man være varsom med å ekstrapolere resultatene til fullskåla virkelige branner da disse brannene kan spre seg både på grunn av konveksjon og skader.

Det blir her konkludert med at denne testserien viser at brannstørrelsen i testrommet ikke økte utover normal varmebelastning og brannlast når det ble brukt skumplastisolasjon i to av veggene. Tid til overtenning var kortere med isolasjon enn uten isolasjon.

I et annet prosjekt (Choi K. K., 1986) i Canada ble det testet hvilken effekt isolasjonen har etter overtenning. Det ble gjennomført flere fullskåla rombranntester. Resultatene viste her at størrelsen på brannen ikke er avhengig av hvilken type isolasjon det er i veggene.

Etter overtenning var romtemperaturen i branntestene veldig like, hvilket indikerer at effekten av isolasjonen er minimal. Branntiden frem til maksimal romtemperatur virker også å være helt uavhengig av hvilken isolasjon det er i veggene, eller om det er noen isolasjon i det hele tatt. Isolasjonen i disse testene var beskyttet med 16 mm gipsplater.

Testmetoden LPS 1181 part 1 (Loss Prevention Standard) er ofte brukt for å godkjenne sandwichpaneler i Europa. Denne metoden beskriver testkriteriene etter en 30 minutters branntest med 35 kg trekrybbe. En slik trekrybbe vil gi 510 kW, og maksimal varmeavgivelse på 1 MW, i et rom med dimensjonene 10 x 4,5 x 3 m (lxbxh). I løpet av testen skal det:

- Ikke oppstå noen overtenning, men ved en registrert temperatur på 600 °C blir det uansett definert overtenning.
- Ikke være noen vedvarende flammer lenger bort enn maks 1,5 m fra krybben. Det skal heller ikke være noen vedvarende gjennomgående flammer av panelet. Flammer er definert som vedvarende når de varer mer enn 60 s.
- Ikke være noen flammespredning til ueksponert side.
- Ikke være noen innvendig brannspredning i panelene (kontrolleres etter test).

- Ikke være noen brennende dråper fra himlingen like bortenfor krybben i løpet av testen.

I Sverige, i motsetning til i mange andre EU land, skal fasadekonstruksjonene branntestet i en fullskala fasadetest (SP, 1994). Her blir 60 liter heptan brukt for å simulere en overtent rombrann. Testen varer i ca. 20 min. Hvilken brannklasse celleplastene får er både avhengig av hvilken type plast det er, men også hvilken monteringsmåte som er benyttet. Det er platenes skjøter og montering, innfesting og overganger til andre konstruksjoner som har stor betydning for den totale brannbeskyttelsen.

En annen type branntest er utarbeidet av FM Global Certifisering (FM Approvals, 2010) for å verifisere egenskaper til sandwichpaneler. Denne testmetoden består av en 15 m høy panelvegg som blir belastet med ca. 1 MW og temperaturer på ca. 1000 °C. For at en sandwichpanelvegg skal bli godkjent må det ikke forekomme noen flammespredning eller brannspredning til veggens ytre deler. For å få godkjent et produkt i klass 1 er det også påkrevet at sandwichpanelene skal testes i en 7,6 m High Corner test.

Det fins flere lignende testmetoder for denne typen av materialer som er brukt i andre land. De er f.eks.:

For å få godkjent et produkt av FM approvals (FM Approvals, 2010) for klass 1 er det påkrevet at materialene testes i henhold til testmetodene 7,6 m High Corner test, 15,2 m High Corner test, Room test and Surface burning characteristics of plastic foam insulating cores.

I UK skal man i henhold til BRE brannteste etter (BRE, 2002) Annex A: The performance criteria and classification method of BS 8414-1:2002. Dette er en branntest med en 8 m høy testvegg, en brannlast på 4500 MJ i løpet av en tidsperiode på 30 min. Et maks toppnivå som kan registreres i løpet av branntesten er $3 \pm 0,5$ MW.

ISO 13784-1, (13784-1) beskriver en branntestmetode som bruker room corner testen. I denne testen blir oppførselen til panelene vurdert og tid til overtenning blir registret.

FM Global har utgitt et notat (FM Global, 2010) som beskriver deres krav ved bruk av flere typer av plastmaterialer i USA. De angir hvor og hvordan man kan bruke plastmaterialer i bygninger, selv om de egentlig helst anbefaler bruk av ubrennbare materialer i så stor utstrekning som mulig.

Andre testmetoder er gitt i:

1. Britisk fasadetest BS 8414:1 2002. Insulating core panels BS standard 9999 kap. 35.3.
2. Svensk fasadetest SP 105.
3. FM har flere standarder for bruk ved branntesting av plast.
4. Europeiske standard: EN 14509 – Testmetode for Sandwichpaneler.
5. Internasjonal standard: ISO 13784-1– Fullskala testmetode for Sandwichpaneler.

Om slike branntester som dette representerer virkeligheten når det er flere forhold som har betydning som f. eks. at montering og sammenføyninger blir vanskelig å utføre, det oppstår skader, eller at det er ukjente materialegenskaper vil alltid være et problem med

standard branntester. På 60- og tidlig 70-talet ble det for eksempel brukt småskala tester for klassifisering. Men dessverre var de "selvslukkende" egenskapene som ble vist i disse testene ikke nødvendigvis mulige å ekstrapolere til sluttproduktet. Feil bruk av disse produktene har vist seg å kunne føre til overtenning i bygninger i løpet av kun et par minutter.

4.2 Tidlig forskning

Når plastene begynte å brukes i større omfang på 1950-tallet var det ikke kjent hvilke sammensetninger som hadde hvilken oppførsel. Det ble tidlig oppdaget at alle vil ha betydning enten positivt eller negativt med hensyn til både antenning, brennbarhet, røykproduksjon og giftighet.

Det ble gjennomført flere forskningsstudier av dette, spesielt på 1960-, 1970- og 1980-tallet. I en SINTEF rapport (Steen - Hansen, Reitan, & Andersson, 2012) er disse tidlige forskningsprosjekter vist til og oppsummert.

SINTEF NBL (Hovde P. , 1977) har gjennomført flere forsøk og undersøkt hvilken røykutvikling det blir ved forbrenning. NBS Smoke Density Chamber-metoden ble brukt. De studerte også effekten av stabilisatorer, myknere og ulike tilsetningsstoffer, og for hard PVC i forhold til tykkelsen på prøvestykkene.

Konklusjonen i rapporten er at de tilsetningsstoffer som er brukt har meget stor betydning for mengden og hastigheten til røykproduksjonen fra myke PVC produkter, mens det er tykkelsen til harde PVC produkter som har mer å si enn tilsetningsstoffene. Myke produkter produserer mer røyk enn harde PVC produkter.

SINTEF NBL (Hovde P.-J. , 1978) gjennomførte branntester av 21 harde skumplaster av polyetylen. Det var fenolformaldehyd, polyisocyanurat, polystyren, polyuretan og polyvinylklorid som ble undersøkt med hensyn til viktige branntekniske egenskaper. I prosjektet ble de ulike plasttypene også testet med varierende densitet. Hovde så på relativ brennbarhet (Oksygen Indeks) og utvikling av røyk og giftige gasser. Det blir oppgitt i rapporten at de ulike skumplasters sammensetning hadde stor innflytelse på alle de undersøkte egenskapene. Forskjellen var i noen tilfeller så stor at det konkluderes med at det kan være et spørsmål om det er riktig å alltid behandle plastmaterialene som en gruppe (*dette blir dessverre fortsatt gjort i dag*). Det blir også angitt at flere av skumplastene hadde langt bedre egenskaper enn tre.

Det blir i denne rapporten henvisning til flere undersøkelser som beskriver at det er helt greit å benytte skumplaster som isolasjonsmateriale når de blir forsvarlig beskyttet. I rapporten blir det også vist til at produksjon av røyk i forhold til mengde og giftighet endres med temperaturen.

I Sverige ble det også gjennomført flere branntester av sandwichelement av uretancellplast (Ondrus, 1980). I denne rapporten er det vist til at elementene må beskyttes for å fungere, men ikke alle paneltyper er bra. Det presiseres at plasten produserer mye røyk spesielt med økt temperatur, og det er en logaritmisk økning. Produksjonen kan også øke med økende ventilasjonsfaktor (*man kan ikke ventilere ut røyken*). Dette er likt det som er angitt av Hovde (Hovde P.-J. , 1978) og vist i brannen som er beskrevet i kap. 6.3.

Hovde vurderte også (Hovde P. J., 1983) de viktigste branntekniske egenskaper som har betydning i en brann. Det blir her oppgitt at det er forhold som antennelighet, flammespredning, varmeutvikling, røykutvikling, og giftighet av røykgasser som man må vurdere. Hovde presiserer at resultatene man får er meget avhengig av hvilken metode som er brukt og man kan ikke sammenligne svarene fra en metode med en annen. Man kan heller ikke forutsi et resultat for et materiale basert på resultater fra andre materialer som er testet med den samme metoden. Hovde angir at det i prinsipp fins fire ulike metoder for å forbedre plastenes brannegenskaper:

- a) Tildekking av plastens overflate.
 - b) Kjemisk endring slik at polymermolekylet ikke brenner ved nærvær av O₂ og varme.
 - c) Modifisering av polymermolekylet ved å bygge inn spesielle elementer eller grupper.
 - d) Innblanding av forbindelser som inneholder spesielle elementer eller grupper.
- Punkt c og d kan behandles videre med fyllstoffer av ulike slag.

Hovde (Hovde P. , 1985) gjennomførte flere branntester i en pilotovn av sandwichelementer med ulike materialer. Det ble brukt plater av typene trefiber, spon, gips, glassfiberarmert umettet polyester (GUP). Panelene var isolert med henholdsvis steinull, glassull, skumplaster av polyuretan, polyisocyanurat, fenolformaledhyd, polystyren og polyvinylklorid.

Hovde viste at resultatene er avhengig av hvilken platetykkelse som er brukt. For GUP-platene var det stor forskjell i brannmotstandstid og gjennombrenningstid. Han konkluderte med at gjennomsnittlig gjennombrenningstid for elementene med de ulike skumplaster var følgende (*den beste først*); PIR, PF, PUR, PS og PVC.

PIR- og PUR-skummet dannet et porøst karbonsjikt som i stor grad beholdt sin form og dermed beskyttet den uekspionerte siden. Dette økte gjennombrenningstiden.

Den typen av PF-skum som ble benyttet, smuldret opp i små biter samtidig som den forkullet og brant. Den falt dermed ut av elementet og bidro ikke til å beskytte den uekspionerte siden etter at isolasjonen var forkullet.

PS- og PVC-skum er termoplaster som før forbrenning smelter og siger sammen i bunnen av elementet. Den korte gjennombrenningstiden for PVC-skum ble oppgitt å delvis være på grunn av at tykkelsen kun var 80 mm.

Det ble også testet elementer uten isolasjon, og de hadde gjennombrenningstider som lå nært opp til resultatene for elementene med PS-skum.

Faren ved at plastmaterialer brenner og produsere mye giftig røyk er også vurdert i det medisinske miljøet i *Smoke and toxicity hazard of plastics in fire* (Bowes, volume 17, issue 2) allerede i 1975. Det blir i denne artikkelen oppgitt at dødeligheten i bygningsbranner har gått opp på grunn av at det nå produseres mer røyk. Det konkluderes med at store industrilokaler vil ha så stor brannlast med denne typen materialer at det vil bli et uakseptabelt nivå, men de sier at de vet ikke tilstrekkelig om hvordan det vil være for boliger.

4.2.1 Oppsummering tidlig forskning

Det ble tidlig vist at de ulike typene av plastmaterialer har flere ulike egenskaper, og at noen av dem brannteknisk kan ha tilsvarende egenskaper som trematerialer. Det ble også vist at standardiserte branntester ikke får frem de egenskapene som vil oppnås i fullskalabranner. Det har også stor betydning å vite hvilken testmetode som er brukt for å kunne sammenligne resultater opp mot hverandre. At plastmaterialer produserer mye giftig røyk som vil ha betydning for personsikkerheten kommer også tydelig frem i disse studiene.

4.3 Nyere forskning

Utviklingen av plaster er fortsatt stor, og det kommer stadig nye typer av plaster som har ulike typer av tilsetningsstoffer som skal forbedre plastene på en eller flere måter. Disse tilsetningsstoffene vil ha stor betydning for hvordan de reagerer og oppfører seg i en brann.

Den nyere forskningen som er gjort er oftest med utgangspunkt i hvilke miljøkonsekvenser det er ved å bruke plast. Det er også en hel del forskning på hvilket energiinnhold det er i plastmaterialer i form av søppel. I tillegg er det gjort flere studier på hvilken innvirkning tilsetningsstoffene som brukes i plast har på miljøet og mennesker. Det er derimot ikke så mange rapporter i forhold til brann. Ved kontakt med forskere i de skandinaviske land er det blitt opplyst at det er noen forskningsprosjekt som er under arbeid eller i oppstartsfasen både i Norge, Sverige, Danmark og Tyskland. Disse rapportene var naturlig nok ikke tilgjengelige i forbindelse med utarbeidelse av denne rapporten.

Det ble registret noen forskningsrapporter som var utarbeidet i nyere tid. Noen av de studier som er gjort er oppsummert her. En mer utfyllende beskrivelse er også gjort i SINTEF rapporten (Steen - Hansen, Reitan, & Andersson, 2012).

I en artikkel i *Fire and Materials* (Babrauskas & Simonson, 2006) er det oppsummert og presisert at virkelige branner kan både starte og spre seg helt annerledes enn det som er forventet basert på erfaringer fra standard branntester.

I boken *Polyurethane and Fire, Fire Performance Testing under Real Conditions* (Prager & Rosteck, 2006) er det vist til at resultater fra tester ikke viser hvordan materialene oppfører seg i en reell brann. De viser at dette spesielt gjelder for PUR-sandwichpaneler. Det er her også vist til at omfanget av brannspredningen er helt avhengig av hvilken størrelse det var på startbrannen og hvordan panelene var utformet, som for eksempel bredden på luftrommet mellom kledningen og isolasjonen. Den beskriver også at det er vist i studier at variasjoner i romstørrelsen gir store avvik på resultatdataene. Kledningstypen har også mye å si for resultatene. Det er vist i "room corner tester" med tre ulike isolasjonstyper at brannen først sprer seg innvendig i kledningen før den sprer seg til isolasjonen.

I *Fire Protection Handbook* (Benedetti & Colonna, 2008) blir det presisert at småskala branntester ikke gir et realistisk brannbilde av egenskapene til plastprodukter i virkelige branner. Det kan bli helt forskjellige egenskaper i reelle branner. Det blir også vist til eldre forskning at i 1969 gjennomførte UL en granskning av 34 branner der faste celleplaster hadde vært involvert. Det blir av UL (Underwriters Laboratories Inc., 1969) oppsummert at:

- Brannegenskapene til celleplast kan variere mye avhengig om de er eksponert eller beskyttet og/eller har flammehemmere. Reduksjon av antennelighet ved hjelp av flammehemmere ble ikke entydig verifisert i denne undersøkelsen.
- I 8 av 21 branner ble det rapportert høy flammespredningshastighet. Det var spesielt sprayisolasjonen og faste PU-paneler som ble registrert med det.
- Brannegenskapene av celleplast blir mest sannsynlig påvirket av hvor mye isolasjon det er, og om den er plassert på vegger og tak, eller kun på vegger.
- Brannegenskapene virker å være de samme for fleksible skumprodukter som for faste skumprodukter.

I *Fire Protection Handbook* henviser de til at celleplast som vanligvis kan ha gode brannegenskaper kan oppvise helt andre egenskaper når overflaten til den eksponerte plasten er slik at det blir tilbakestråling mellom ulike overflater. Man kan da få en rask nedbrytning av plasten. Har man også tilsvarende plast i himlingen vil man kunne få rask brannspredning utover langs takflaten. Dette har blitt registrert til og med ved små startbranner som for eksempel i en søppelbøtte. (*Dette ble også registrert i branntest 2, se kap. 8.3.*)

Her blir det også beskrevet at gummi gjenkjennes ved at røyken lukter spesielt og at det blir mye røyk, men gummi antenner ikke lett og brenner vanligvis ikke raskt. En brann i gummi er derimot vanskelig å slukke med vann, da brannen graver seg ned i materialet.

Flammehemmere gjør at et materiale gjerne blir vanskeligere å antenne og muligens brenner noe tregere, men brannegenskapene til materialer med og uten flammehemmere blir relativt like når det først har blitt en rombrann.

Blir det lagret mye plast samlet vil dette kunne føre til en brann som har en mye høyere temperatur, og får større omfang enn hva en normal brannbelastning kan gi.

Plaster som har stor overflate i forhold til volum vil få god lufttilførsel og vil derved brenne kraftig. Slike branner kan så bli mindre hvis plasten smelter til en væskebrann og derved få mindre overflate. Men dette vil kunne spre brannen nedover til andre områder og etasjer.

I en testserie som ble presentert på Interflam 2007 (Steen-Hansen & Kristoffersen, 2007) ble det vist til at maling og antallet malingslag har stor betydning for hvordan malingsoverflaten vil bidra i en brann. Er det fire eller flere lag med maling vil det både produseres mer røyk og bidra til en raskere brannutvikling.

Det ble registrert to mastergradrapporter som har fokusert på branntester av Sandwichpaneler. Den ene rapporten beskriver tester av polystyrenpaneler med ulike varmestrålingsbelastninger (Baker, 2002). Det ble i denne rapporten konkludert med at selv om en kjerne av polystyren antenner ved høyere temperaturer var det ikke noe som tydet på at det ble brannspredning gjennom kjernen. Flammen sløkket når kjernematerialet hadde smeltet tilstrekkelig langt ifra varmekilden.

Den andre mastergradrapporten beskrev branntester av PIR-paneler der det ble vurdert hvilken effekt ulike typer av gjennomføringer og skjøter har på brannutviklingen (Poon J. K., 2012). Disse testene viste at det er mulig å ha gjennomføringer i slike paneler hvis de blir branntettet på en korrekt måte.

4.3.1 Oppsummering nyere forskning

Nyere forskning viser hvordan plastprodukter kan forbedres, brukes og gjenvinnes på en mest mulig miljøvennlig måte. Det er også en vurdering av hvordan slike produkter kan brukes på en brannsikker måte. Det fins løsninger som kan fungere godt når de blir brukt og montert på rett måte. Man bør brannteste materialene så langt det lar seg gjøre slik de skal brukes i virkeligheten.

Med funksjonsbaserte byggeforskrifter, som de fleste land har gått over til, er det mer materialuavhengige krav som skal oppfylles, se kap. 5.8 for beskrivelse av dagens norske regler.

5 Byggeforskrifter

Plan og bygningsloven (PBL) gjelder for prosjektering og oppsetting av nye bygninger, ved omfattende endringer av eksisterende bygg samt ved bruksendring. For eksisterende bygninger gjelder Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn (FOBTOT).

Norske byggeforskrifter har (og har hatt) fokus på å sikre personer, materielle verdier, og etter hvert også miljøet. Ønsket sikkerhetsnivå ivaretas ved hjelp av et regelverk som har blitt revidert flere ganger.

SINTEF NBL har utgitt flere rapporter som oppsummerer og vurderer egenskapene, bruksområdene og aktuelle prøvningsmetoder for ulike materialer og konstruksjoner. Noen eksempler på rapporter som beskriver dette spesielt for plastprodukter er blant annet *Bruk av brennbar isolasjon* (Kristoffersen, 2001), *Bruk av brennbar isolasjon – hendelsesanalyse og akseptkriterier* (Berge, 2002), *Bruk av brennbar isolasjon - akseptable løsninger og anvendelsesområder* (Steen - Hansen, Kristoffersen, & Andersson, 2003) og senest *Plast i byggevarer og brannsikkerhet* (Steen - Hansen, Reitan, & Andersson, 2012).

I disse rapportene blir det presisert at forskriftene har angitt spesifiserte begrensninger for bruk av plast i bygninger. Dette er gitt med utgangspunkt i plastmaterialenes branntekniske egenskaper. Kravene gjelder imidlertid likt for alle typer av plaster, og de tar ikke hensyn til at de branntekniske egenskapene kan variere mye for de ulike plastmaterialene.

Til å begynne med var det mindre fokus i byggereglene på kravene inne i et bygg, men dette har fått økt fokus i de nyere forskriftene.

De første norske forskriftene var ytelsesbaserte og de tidligste forskriftene var ikke like omfattende eller detaljerte som BF 87. BF 87 var den siste ytelsesbaserte forskriften før det ble innført funksjonsbasert forskrift i 1997.

Nedenfor er hovedpunktene med hensyn på bruk av byggevarer i plast gjengitt fra de forskrifter som har vært brukt i Norge. Det var selvfølgelig ikke noe spesielt fokus på plastprodukter i de første forskriftene da det på den tiden ikke var vanlig å bruke plastmaterialer. Kravene i de første forskriftene er uansett tatt med for å vise utviklingen av dem.

5.1 Tidligere forskrifter

Den første landsomfattende byggeforskriften var BF 28. Det var en detaljforskrift som angav hvordan bygget skulle oppføres. Før 1928 var det kun innført lokale regelverk i de store byene, denne ble omtalt som "Murtvangsloven". En slik lov ble innført etter hvert som byene hadde opplevd mer eller mindre store bybranner. I f.eks. Oslo ble den innført i 1624 og i Trondheim i 1845. Disse lovene angav krav om at det f.eks. i de sentrale deler av byen ikke skulle bygges trehus, men kun bygg av mur. På denne måten skulle man få en økt sikkerhet ved brann.

Hovedmålet med loven var at det skulle bli vanskeligere å få brannspredning fra bygning til bygning. Denne forskriften vurderte således først og fremst verdisikkerheten, selv om personsikkerheten også blir bedre for de som er i nabobyggene med disse reglene.

5.2 BF 49

BF 49 (DSB, 1949) var en detaljforskrift med mange eksakte beskrivelser på hvordan man skal oppføre en bygning. Det var meningen at man skulle følge disse reglene fullt ut, men man kunne søke om dispensasjon fra regelverket hos bygningsrådet.

Et spesifikt krav kunne f.eks. være at det i bygninger som ikke hadde etasjeskille av brannfast materiale måtte det ikke innredes oppholdsrom eller arbeidsrom på loft over 2. etasje. Denne forskriften begynner derved også å ivareta personsikkerheten inne i byggene.

Plast ble ikke omtalt i denne byggeforskriften.

5.3 BF 69

Byggeforskriften som ble implementert i 1969 (DSB, 1969) var en detaljforskrift som hadde omfattende beskrivelser og gjengivelse av tekniske løsninger som skulle følges.

Her ble plast omtalt på den måten at alle andre materialer enn tre blir sammenlignet opp imot egenskapene til trematerialer og hvordan det betes seg i brann.

55:32

Bygning og bygningsdeler skal utføres i samsvar med disse forskrifter når brannbelastningen hovedsakelig består av materiale som under brann tilnærmet har de samme egenskaper som tre med hensyn til forbrenning og stråling.

Består brannbelastningen av materiale som under brann har avvikende egenskaper fra tre slik at brannpåkjenningen blir betydelig øket, kan bygningsrådet kreve bygningsdeler med større brannmotstand.

5.4 BF 85

Byggeforskriften som ble implementert i 1985 (DSB, 1985) var også en detaljforskrift. Den var den første delen av en omfattende revisjon av byggereglene. Del to kom to år etterpå og blir omtalt som BF 87.

5:515 Brennbar isolasjon

Brennbar isolasjon i vegger og dekker i bygning inntil 2 etasjer i bygningsbrannklasse 3 og 4 skal ha kledning på begge sider, med mindre isolasjonen på grunn av sine egenskaper eller sin bruk ikke bidrar til spredning av brann.

I henhold til Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn (FOBTOB) fra 1990 (DSB, 2012) plikter eier å oppgradere alle eldre bygg til sikkerhetsnivået som er gitt i BF85 så lenge det er økonomisk og praktisk forsvarlig å gjøre det.

5.5 BF 87

Byggeforskriften fra 1987 (DSB, 1987) var også en detaljforskrift som hadde omfattende beskrivelser og gjengivelse av tekniske løsninger som skulle følges. BF 87 inkluderte noen ekstra kapittel som ikke var kommet med i BF 85, utover dette er det oppgitt av BE (*nåværende DiBK*) at disse to forskriftene var like.

Plastmaterialer ble spesielt omtalt i BF 87. Det åpnes for å benytte plastmaterialer i brannklasse 3 og 4 (*brannklasse 1 og 2 iht dagens forskrift*) når plasten beskyttes med

kledning med brannkrav K2 eller den er spesielt godkjent for formålet. Det fans en liste som presiserte hva som var unntatt for godkjenningssplikten.

30:54 Isolasjon

Isolasjon skal være ubrennbar.

Bygning i bygningsbrannklasse 3 og 4 kan likevel ha brennbar isolasjon. Slik isolasjon skal ha kledning K2 på begge sider. Plastisolasjon kan bare brukes når den er klassifisert eller godkjent for den aktuelle bruk, se kap. 12:24.

12:24 Bygningsmaterialer av plast

Uklassifiserte bygningsmaterialer av plast skal ha brannteknisk godkjenning. Statens bygningstekniske etat kan unnta plastmaterialer fra godkjenningssplikten.

5.6 Melding HO-1/94 Plast i bygninger

I BF 87 kapittel 12:24 er det angitt at alle uklassifiserte bygningsmaterialer av plast skal være godkjente, men det åpnes også for at en del materialer kan unntas fra godkjenningssplikten. Meldingen (Melding HO-1/94 Plast i bygninger, Bygningsmaterialer som helt eller delvis består av plast, 1994) fastslår hvilke prøvemetoder og resultater som kan være grunnlag for klassifisering.

Det er gitt i meldingen at prinsipielt bør alle typer av materialer kunne benyttes i bygninger på lik linje så lenge bruken fortsatt opprettholder de funksjonsmessige branntekniske kravene som er gitt i byggeforskriften.

Meldingen angir videre hvilke testmetoder som skal brukes for å godkjenne bruk av plastmaterialer i bygninger. I utgangspunktet skal alle materialer og konstruksjoner godkjennes i henhold til NS 3919, men for de som ikke er det, er det i denne meldingen angitt alternative testmetoder og godkjenningsskriterier.

5.7 TEK, 1997

TEK (Lovdata, 1997), ble Norges først funksjonsbaserte forskrift, og den ble implementert i 1997. Det ble utgitt fire veiledninger (VTEK) til TEK. Byggeprosjektene skulle gjennomføres i samsvar med TEK, mens VTEK beskrev et forventet sikkerhetsnivå som skulle oppfylles. Det var i prinsippet ikke mulig å få dispensasjon fra TEK, og avvik fra VTEK / alternative løsninger skulle dokumenteres av en brannrådgiver.

Plastmaterialer kunne brukes når materialet var tildekket og at bygningsdelen oppfylte den forutsatte branntekniske funksjonen. Dette skulle verifiseres ved standardiserte branntester og godkjennes i henhold til NS 3919.

§ 7 – 24 Antennelse, utvikling og spredning av brann og røyk

1. Generelle krav

Byggverk skal bygges og utstyres slik at sannsynligheten for at brann skal oppstå reduseres til et akseptabelt nivå, og slik at faren for spredning av brann og røyk kan reduseres tilsvarende. Det skal tas hensyn til byggverkets bruk og nødvendig tid for rømning og redning.

2. Antennelse og utvikling av brann

Det skal velges materialer og overflater som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det legges vekt på tid til overtenning, varmeavgivelse, røykproduksjon og utvikling av giftige gasser.

5.8 TEK10, 2010

Dagens byggeforskrift TEK10, (Direktoratet for byggkvalitet, 2010), er en funksjonsbasert forskrift som ble implementert i 2010. Veiledningen til TEK10 er under kontinuerlig oppdatering og foreligger kun elektronisk på DiBKs sine hjemmesider (DiBK).

Prosjektene skal gjennomføres i samsvar med TEK10, og veiledningen beskriver et forventet sikkerhetsnivå som skal oppfylles. Det er i tillegg gitt preaksepterte løsninger som kan brukes uten videre dokumentasjon. Man kan i prinsippet ikke få dispensasjon fra TEK og avvik fra VTEK10 / alternative løsninger må dokumenteres av en brannrådgiver.

Plastmaterialer kan brukes når materialet er tildekket og bygningsdelen oppfyller den forutsatte branntekniske funksjonen. Dette må verifiseres ved standardiserte branntester og må godkjennes i henhold til NS-EN 13501-1 (Standard Norge, 2009) og NS-EN 13501-2 (Standard Norge, 2009) for henholdsvis materialer og konstruksjoner.

Plastmaterialer brukt som utvendig tilleggisolering av yttervegger til eksisterende bygg i brannklasse 1 og 2, risikoklasse 1-5, må branntestes i henhold til SP Fire 105: Large scale testing for facade systems (SP, 1994).

§ 11-9. Materialer og produkters egenskaper ved brann

(1) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at sannsynligheten for at brann skal oppstå, utvikle og spre seg er liten. Det skal tas hensyn til byggverkets bruk og nødvendig tid for rømning og redning.

(2) Materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det skal legges vekt på mulighet for antennelse, hastigheten av varmeavgivelse, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning.

VTEK10 skiller mellom brennbar og ubrennbar isolasjon. I veiledningen til § 11-9 er det angitt at:

... Isolasjon som ikke tilfredsstillter klasse A2-s1,d0 [ubrennbar/begrenset brennbar] kan derfor bare benyttes dersom bygningsdelen oppfyller den forutsatte branntekniske funksjon og isolasjonen anvendes slik at den ikke bidrar til brannspredning...

5.9 Forskrifter i andre land

I Sverige har de som i mange andre land funksjonsbasert forskrift. Kravene i den svenske forskriften blir debattert i artikkelen *Behövs nya regler för cellplast?* (Fredholm, 2012). Her blir det presisert at Brandskyddsföreningen ønsker å diskutere hvordan konstruksjoner med celleplast blir branntestet og etterspør strengere byggeregler. I den samme artikkelen er det videre angitt at SP (Bjørn Sundstrøm) og Boverket (Caroline Bernelius Cronsioe) mener at både testmetodene og dagens

byggeregler er slik de bør være, men de viser til at det er et behov for å forske videre på dette og at det burde bli gitt bedre informasjon.

Sveriges Brandskyddsförening sier også til *Byggmentor* (Byggmentor, 2012) at de kan vise til et stort antall branner der celleplasten har vært årsaken til rask brannspredning. Det blir videre presisert i rapporten (Blomberg, 2012) at problemet er at byggereglene ikke har fulgt materialutviklingen og at kunnskapen om risikoene er dårlig. I tillegg savnes det FDV planer for denne type av materialer. Det blir oppsummert med ett spørsmål – *er byggereglene slik vi vil ha dem?*

I internasjonale regler (International building code, 2009) er det mer spesifisert og regulert hvor, og når man kan bruke plastprodukter, men i disse reglene er det også gitt åpning for økt bruk av plastmateriale når bygningen er sprinklet.

5.10 Oppsummering og sammenligning av forskriftene

I byggeforskriftene som har vært, og er i bruk, er det åpnet opp for mer bruk av plastmaterialer spesielt hvis de er tildekket. Dagens funksjonsbaserte forskrifter med tilhørende veiledninger angir i større grad kun ytelseskrav til materialene som skal brukes, men det er ofte fortsatt spesifisert noen begrensninger og de viser gjerne til plastmaterialer.

Det er innført funksjonsbaserte forskrifter i alle sammenlignbare land, men det er ikke samme funksjonskrav i de ulike forskriftene.

6 Metastudier av rapporter fra branner

I kap 6.1 og 6.2 er det vist til noen årsaker til at studier av inntrufne branner kan ha god innflytelse på utviklingen med å øke brannsikkerheten.

I kap. 6.3 - 6.7 er noen av erfaringene fra fem ulike branner som har inntruffet i nyere tid beskrevet. Informasjonen er hentet fra rapporter som er utarbeidet etter branner der byggevarer av plast har hatt betydning for brannutvikling og brannspredning, både positivt og negativt. Det fins flere rapporter som beskriver slike branner, men de som er valgt ut her er representative også for andre branner. Brannen som er beskrevet i kap. 6.4 er spesielt valgt da den er omtalt i flere artikler og har vært utgangspunkt for flere mediainnlegg.

Det fins færre rapporter som er utarbeidet av uhildede personer når byggevarer av plast har hatt positiv innflytelse i en brann enn når plast har hatt negativ innflytelse. De to brannene som er beskrevet i kap. 6.6 og 6.7 viser til branner der byggevarer av plast har hatt positiv innflytelse. Disse rapportene er bestilt av produsenter av sandwichpaneler, men de er utført av eksterne konsulenter.

I de fleste brannrapporter der byggevarer av plast har blitt omtalt, er det vanligvis isolasjon av ulike typer plastmaterialer som har vært involvert. Andre typer byggevarer av plast kan være omtalt, men da oftest i mindre grad. I kap. 6.8 er slik generell erfaring som er omtalt oppsummert, men der er ingen grundig analyse i de aktuelle rapportene/notatene.

I kap. 6.9 er det vist til noen erfaringer som er kommet frem ved branntester. Testene er gjennomført for å vurdere hvordan byggevarer av plast kan oppføre seg i en brann.

6.1 Granskning av branner

Granskning av branner kan gi verdifull informasjon om hvilke brannsikkerhetstiltak som fungerer. Det inkluderer de brannbegrensende egenskaper som både materialer og konstruksjoner er en del av. Ved å se på branner kan man vurdere hva som kan gi best effekt for å begrense og hindre brannutvikling og brannspredning. Materialer og konstruksjoner branntestes og godkjennes i henhold til standardiserte metoder. En standard branntest er en god metode for å sammenligne materialer og konstruksjoner opp mot hverandre, men det kan føre til at det blir en del syensing og spekulasjoner på hvordan det faktisk fungerer i virkeligheten. I branntester ser man på hvordan enkelte materialer og konstruksjoner oppfører seg i en brann. I slike tester er det vanskelig å inkludere flere forhold. Ved å granske branner kan man få erfaring med å vurdere hvordan overganger og tilslutninger mellom ulike materialer og konstruksjoner fungerer. Da vil man også kunne se hva som totalt sett har positiv og negativ effekt i en fullskalabrann.

Det var ønsket å gjennomføre granskning av en eller flere branner i forbindelse med denne oppgaven. Men på grunn av at det ikke inntraff noen relevant brann i løpet av prosjektperioden var dette ikke mulig. Se Bilag D – Huskeliste for branngranskning for hvordan det var planlagt at en slik granskning skulle blitt gjennomført. Det er utgitt en norsk håndbok i brannetterforskning (Norsk brannvernforening, 2012) som beskriver alle de momentene man må vurdere å se på ved granskning av en brann.

6.2 Myter om etterforskning og plaster i brann

Det er mange myter og misoppfatninger om brannutvikling og brannspredning, spesielt med hensyn på plast. Plast blir for eksempel ofte omtalt som bensin i fast form. Det blir sagt i *The mythology of arson investigation* (Lentini, 2006) at det er mange myter som feilaktig blir videreført som sannheter. Det blir her sagt at de yngre brannetterforskerne viderefører mytene da de ikke vurderer gyldigheten i "sannhetene" som blir fortalt dem. Det blir videre sagt at de eldre og etablerte brannetterforskerne beholder sine gamle teorier selv om de blir forevist nye teorier. Det påstås at de gjør dette for å slippe å erkjenne feil som de har gjort tidligere. At dette er myter blir eksemplifisert ved at det er ulike typer av "sannheter" i USA og i UK. Grunnen til dette er oppgitt å være at det i UK er vanligere å lese *Principles of Fire Investigation* (Cooke & Ide, 1985) og der er det andre teorier enn det som er brukt i USA.

I løpet av denne oppgaven oppfattes det som om mange av mytene om plast kommer av hvilken "side" de som uttaler seg står i forhold til plastmaterialer.

Argumenter fra motstandersiden:

- Plast er alltid brennbar, er lett antenkelig og produserer mye røyk.
- Plast har ukjent oppførsel i branner, de smelter og begynner å brenne på nye plasser, hvilket kan gi hulromsbranner.
- Plast er like farlig som bensin, og man får eksplosjonsartede branner.
- Plastmaterialer fører til at man får varmere branner.
- Plast blir alltid brukt og montert feil.
- Plast har ikke dokumenterte ytelser. Det er mangelfull kunnskap.
- Plaster blir på grunn av overmaling og innbygging etter hvert et ukjent i bygget materiale.

Argumenter fra tilhengersiden:

- Det er kjemisk mulig å produsere plastmaterialer med gode brannegenskaper, det er f.eks. stor forskjell på EPS og IPN.
- Det er mangelfull kunnskap om egenskapene til de ulike plasttypene.
- Det er enkelt å beskytte plastmaterialer.
- Det er flere plaster som har mange gode egenskaper.
- Bruk av plastmaterialer gir lavere byggekostnader.
- Man får mer fleksible konstruksjoner.
- Det er enkelt å bearbeide plast i ulike former – hvilket kan gi nye uttrykk.

I Kirk's Fire Investigation (DeHaan J. D., 2007) er noen av de myter som fins beskrevet og forklart. Noen av forklaringene er mer i forhold til bruk av brennbar væske, men de er uansett interessante refleksjoner opp mot plastbranner da noen kan smelte og danne væskebranner. Plast blir i tillegg gjerne vurdert av mange å være bensin i fast form. Derfor er disse punktene også tatt med her. Noen av de myter som fins er:

Myte: Det var en unormalt rask brannspredning.

Fakta: Man ser oftest ikke brannen fra selve antennelsen. Den faktiske brannspredningshastigheten vet man således oftest ikke noe om. Dagens møbler har en brannenergi som kan gi en mye raskere utvikling enn hva folk flest vil like å tro. Både mengden og plasseringen av brannenergien har betydning for brannspredningen.

Myte: Det var unormalt høy temperatur (observert smeltet metal, osv.).

Fakta: Flammetemperatur fra væskebranner er ca. den samme som i cellulosebranner. Høyere temperaturer (>1000 °C) kan oppstå når syntetiske materialer brenner og etter overtenning i vanlig møblerte hjem, helt uten bruk av brennbar væske.

Myte: Det ble registret ekstra mye betongavskalling.

Fakta: Varmestråling fra en vanlig brann og kollaps av bæresystemet vil ha større betydning for avskalling enn varmen fra korte intensive væskebranner. Temperaturer og varmemestråling fra en væskebrann er for små for å kunne gi tilstrekkelig varme som medfører at de fleste betongkonstruksjoner får avskalling. Brennbar væske på gulvbelegg kan imidlertid tilsammen produsere tilstrekkelig varme for avskalling.

Myte: Det var ulikt brannmønster på gulvet.

Fakta: Grunnet blandingen av branngasser og frisk luft som kommer inn via dører og vinduer er varmemestrålingen mot gulvet før overtenning ikke særlig stor og den er ujevn. Dette gjør at brannbelastningen er større ved slike åpninger og derved også strålingen mot gulvet. Når blant annet syntetiske tepper blir belastet med slik ulik stråling vil det gi et ulikt brannmønster og innbrenning. Nedfall og kollaps kan i tillegg gi økt belastning på noen områder selv om det ikke har vært overtenning.

Flere av disse faktaforholdene blir også beskrevet i intervjuene av brannvesenene og politiene som et hovedproblem i branner, se kap. 7.1 og 7.2. Andre og lignende forhold er også beskrevet i Håndbok i brannetterforskning (Norsk brannvernforening, 2012).

6.3 Rapport 1 – Boligblokk i Trollhättan

Det begynte å brenne i et to-etasjes modulbygg med totalt seks leiligheter 21. mars 2012. Utredningsrapporten er utarbeidet av Norra Älvsborgs räddningstjänst (Larsson & D'Imporzano, 2012). For mer informasjon se

Bilag A – Trollhättanbrannen.

Brannen begynte mest sannsynlig på grunn av en elektrisk feil i et tavleskap som var montert utvendig på gavlveggen. Ytterveggene var isolert med EPS-isolasjon og hadde en pusset fasade.

Brannvesenet opplever i startfasen at denne brannen produserte mye røyk, men at det kun er en mindre brann inne i hulrommet bak tavleskapet. Det er først når brannvesenet åpner opp veggen de oppdager at dette er et modulbygg med hulrom mellom alle leilighetene, og at disse er helt fylt med røyk. Samtidig som brannen bak tavleskapet ble oppdaget ser de også at det var kraftig røykutvikling langs gavlveggen under bjelkelaget. Det viser seg da at det brenner i kryperommet under bygget. Brannen har således spredt seg raskt i alle luftespaltene og involvert hele bygningen. Brannen var meget vanskelig å slokke.

I rapporten blir det oppsummert noen erfaringer. Oppsummeringen inkluderer også flere andre branner i Sverige:

- En brann som sprer seg i celleplast bak fasadekledningen er vanskelige å håndtere.
- En brann i celleplast kan spre seg både opp og ned i veggene.
- Det er fare for brannspredning mellom ulike brannceller.
- Brann i celleplast kan gi voldsomme brannforløp.
- Tidlig evakuering av bygningen kan være livsviktig.

Brannvesenet oppfatter det slik at det var ekstra høy brannenergi i denne brannen på grunn av celleplastisolasjon. De angir videre at brannen var meget vanskelig å slokke grunnet luftespaltene. Deres erfaring er at, selv om de brukte mye vann og åpnet opp både vegger og takkonstruksjonen for utlufting økte intensiteten til brannen raskt.

De oppsummerer med at en brann i bygg med denne type konstruksjonsoppbygging og isolasjonsmateriale blir vanskelige å slokke. De syns at man kun skal bruke ubrennbare isolasjonsmaterialer og forsøke å utelate luftespalter i byggene.

6.3.1 Rapport 1 – oppsummering

Dette var et modulbygg med brennbar isolasjon, mest sannsynlig av typen EPS. Det var god oksygentilgang i luftespaltene mellom modulenhetene, hvilket førte til at brannen kunne spre seg usett og det var vanskelig å komme til for å slokke brannen. Det ble registrert at brannen ikke kunne luftes ut. God oksygentilgang kan føre til at det blir en større brann enn hva det mest sannsynlig blir når det er begrenset tilgang på luft.

Brennbar isolasjon sammen med god oksygentilgang og vanskelig adkomst var hovedgrunnene til omfanget av denne brannen.

6.4 Rapport 2 – Boligblokk i Mjölby

En femetasjes boligblokk i Mjölby, Sverige, begynte å brenne 3. mars 2012. Brannen vokste raskt og det ble store skader på bygningen. Denne brannen førte dessverre også til et dødsfall. Det er nok grunnen til at det er skrevet flere rapporter og innlegg basert på denne brannen. Rådningstjänsten i Mjölby (Forsén, 2012) har utgitt den mest

grundige rapporten og den som ligger til grunn for informasjonen i dette kapitlet hvis ikke annet er angitt. Hovedpunktene som har betydning i forhold til byggevarer av plast og som er beskrevet i rapporten til Forsén er trukket frem her. Se Bilag B – Mjölbybrannen for mer informasjon. Brannen startet i et soverom ved at plastleker ble antent, mest sannsynlig grunnet barns lek med ild.

Bygget hadde yttervegger av betong. Gavlveggene var isolert med 95 mm celleplast, og langveggene var isolert med 30 mm celleplast (*det er ikke oppgitt hvilken type*). Isolasjonen var dekket med enten aluminiumsplater eller vanlig trepanel på de to fasadene.



Figur 1: Brannspredning langs fasadene.

Brannen har spredt seg videre opp til neste balkong, og det brenner bak fasadekledningen. Deler av fasadekledningen på gavlveggen har falt ned og det brenner på bakken. Foto: Carl-Johan Norén, Östgöta Correspondenten (16:04, 25 min etter alarmer til brannvesenet).

I rapporten blir det oppgitt at brannen spredte seg via vinduer og ventiler til fasaden, samt fra leilighet til leilighet via balkonger. Brannspredningen opp til taket ble oppgitt å være via celleplastisolasjonen som var montert på gavlveggen. Se figur 1. Den raske brannspredningen fra balkong til balkong forklares med at de var tett møblert (*oppfattes mer som et lager enn som et ekstra rom*).

Gavlveggenes korrugerte aluminiumsplater var montert stående slik at det oppstod en skorsteinseffekt i hulrommene mellom platene og isolasjonen, se figur 2.



Figur 2: Detalj oppbygging av fasaden på gavl.

Det er ikke klarlagt hvilken type celleplast som hadde vært benyttet, men det blir antatt i rapporten at det var EPS. Foto: Anders Carlsson, Länsförsäkringar Östgöta.

Brannen spredte seg i alle retninger også nedover. Langsiden av bygget var kledd med trepanel, se figur 3.



Figur 3: Detalj oppbygging av fasaden på langside.

Brannen spredte seg i isolasjonen bak trepanelen i alle retninger, dette er observert ved at trevirket var forkullet på innsiden, men ikke utsiden. Foto Mjölby räddningstjänst.

I rapporten til Forsén er det oppsummert følgende faktorer som kan ha påvirket forløpet:

- Dørene til startbrannrommet og leiligheten ble ikke lukket når de evakuerte leiligheten.
- Store mengder av brennbart materiale i startbrannrommet og startbranncellen.
- Store ventilasjonsåpninger som vinduer og dører.
- Brannen hadde pågått en stund før den ble varslet av utenforstående.
- Store mengder av brennbart materiale på balkongene både i startbranncellen og på balkongen til den ovenforliggende leiligheten.
- Bruk av celleplastisolasjon bak fasadekledningen.

- Fasadekledning av trepanel, uklassifiserte vinduer mot svalgangen.

I telefonsamtale med innsatsleder i Råddningstjånsten i Mjålby (Innsatsleder, 2012) ble det oppgitt at celleplastisolasjonen hadde pavirket intensiteten pa brannen, men ikke forholdene for personsikkerheten. Brannspredningen via vinduene gikk raskt pa grunn av at den store branncellen forte til at det var en meget stor brann som ble etablert i startbranncellen for den spredte seg ut via åpninger. De innglassede balkongene med mye lagring forte til at brannen spredte seg raskt opp og inn i leilighetene ovenfor samt helt til taket. De innglassede balkongene med den store mengden av brannlast som var lagret der var helt avgjorende for utfallet av brannen. Brannen brot ut fra leiligheten og antente nye leiligheter og loftet samt utvendig celleplast i lopet av ca. én time.

Etter denne brannen ble det blogget mye og det var mange sterke meninger om bruken av tilleggisolasjon av celleplast. Michael Stromgren, som er forsker ved SP i Sverige, har i sin blogg (Stromgren, 2012) poengtert at det som er sagt gir en unyansert debatt om celleplast. Stromgren viser til at celleplasten i fasaden ikke hadde noen innvirkning pa personsikkerheten, men nar den ble antent hadde den innvirkning pa intensiteten pa brannen. Generelt sett mener han at EPS som er tilsatt flammehemmere kan ha gode egenskaper og at de som ikke har flammehemmere kan bygges inn. Han presiserer at:

- EPS kan vare en risiko hvis den blir brukt feil.
- Funksjonsbaserte byggeforskrifter kan gi mulighet for innovative losninger.
- Det er ulike krav for ulike typer bygg.

I telefonsamtale med MSB (Lundberg, 2012) blir det opplyst at de er usikker pa om det er noe ekstra spesielt med celleplast. De har erfaring med at det kan bli like store branner med "vanlige" materialer. Han viste til en brann i 2008 der brannen begynte pa kykket, gikk videre opp i ventilasjonsanlegget, og sa opp til taket for den gikk ned igjen i ytterveggene. Brannspredningen i denne brannen oppfattes som meget lik den i Mjålby, men her var det vanlige lette trekonstruksjoner som brant. Det ble like store skader og brannen spredte seg og omfattet bygget slik at 40 leiligheter ble ubeboelige. Denne brannen fikk ikke den samme omtale som Mjålby-brannen, kanskje pa grunn av at det ikke var celleplast i dette bygget og at det ikke var noen omkomne personer i denne brannen.

Det blir videre presisert av MSB at celleplasten ikke var tilleggisolering i Mjålby-bygget. Dette var en typegodkjent losning som var brukt pa 70-tallet.

6.4.1 Rapport 2 – oppsummering

Hovedgrunnen til den raske brannstarten og brannspredningen var inventaret og en stor startbranncelle. Brannspredning til nye brannceller var via uklassifiserte vinduer mot innglassede balkonger med stor brannlast. Brannspredningen til taket var via fasadeisolasjonen, men denne spredningsveien forte ikke til at flere brannceller begynte å brenne. Det ble rask spredning bak fasadeplatene pa grunn av god O₂-tilgang i luftespaltene. Celleplasten var derved ikke hovedgrunnen til omfanget av denne brannen.

6.5 Rapport 3 – Flerfunksjonsbygning i Hole kommune

I Vik Torg i Hole kommune inntraff en stor brann 6. juli 2006. Denne brannen har blitt vurdert av flere da det var flere forhold som forte til at dette ble en stor brann. Det er her

trukket ut informasjon fra rapporten som er utarbeidet av myndighetene (Direktoratet for brann og eksplosjonsvern og Statens bygningstekniske etat , 2007) og som er av betydning for vurderingen i dette prosjektet.

Spesielle forhold som er oppgitt i rapporten:

Den raske og omfattende brannspredningen skyldes sannsynligvis en kombinasjon av flere forhold.

- Brennbare materialer, inkl. utvendig trekledning.
- Liten brannmotstand i takfot/raft.
- Stort, uoppdelt kaldt loft.
- Brannteknisk svak takkonstruksjon (takstoler av tre).
- Branntekniske svakheter i etasjeskiller mot loft.
- Brennbar isolasjon i etasjeskillet mot loft.
- Ytterveggskonstruksjon av brennbare materialer, inklusive isolasjon, som muliggjorde horisontal og vertikal brannspredning samt brannspredning nedover.
- Manglende brannteknisk oppdeling.

Andre forhold som har hatt betydning for utfallet.

- Brannvesenet måtte prioritere redningsinnsats fremfor skadebegrensning i starten.
- Det var manglende kapasitet av slokkevann.
- Det var ikke gjort risikoanalyse og oppgradering av nødvendige sikringstiltak.
- Manglende dekningsgrad av brannalarmanlegget, spesielt på loft og i rømningsveier.

Anbefalte endringer av regelverket som er angitt i rapporten.

- Strengere krav vedrørende bruk av konstruksjoner med brennbar isolasjon (sandwichelementer).
- Ytterligere presiseringer vedrørende bygning med store uoppdelte loftsrom.

Spesielle forhold som er registret ved vurderingen av informasjonen i rapporten.

- Det burde ikke vært dårlig dekning av slokkevann i dette området. Det er et kommunalt ansvar at det er et tilstrekkelig ledningsnett for slokkevann.
- Noen av leilighetene ble brukt av kommunen som omsorgsboliger og ikke vanlige boliger hvilket de var prosjektert som. Dette førte til at det ble nødvendig med assistert evakuering.
- Det er spesielt at det var gitt aksept for kun å ha delvis dekning av brannalarmanlegget og sprinkleranlegget i et bygg med omsorgsboliger.
- Det var dårlige rømningsforhold fra flere leiligheter.
- Bygget var oppført med mange fravik fra regelverket.

6.5.1 Rapport 3 – oppsummering

Brannen ble meget stor på grunn av flere uheldige forhold, som at det var dårlig tilgang på slokkevann, det ble nødvendig med assistert evakuering, det var mye brennbart materiale og det var mangelfull branncelleinndeling.

Bruk av brennbar isolasjon var kun en av flere forhold som førte til det store omfanget av denne brannen.

6.6 Rapport 4 – Brann mot fasade

I en rapport utarbeidet etter denne brannen (Dennet, 2009) er de påkjeningene som en lastebilsbrann utsatte et bygg med sandwichpaneler for beskrevet. Bilen var parkert helt inntil et bygg i Rathnew Wicklow i UK. Brannen inntraff 17. september 2008. Ytterveggene var bygget opp av sandwichpaneler med PIR-isolasjon.

Lastebilen var parkert ca. 1 m fra bygningsfasaden (*for å hindre innbrudd*). Hele forløpet ble registrert av et overvåkningskamera, hvilket gav nøyaktige tidsangivelser og observasjoner fra hele brannen. Bilen ble antent, mest sannsynlig ved hjelp av brennbar væske, klokken 01:20 og bare noen få sekunder seinere er hele førerhytten overtent. Flammene begynner å belaste bygningen klokken 01:22 og ved 01:28 var det kraftig brannpåkjenning på bygget. Bilen "eksploदerte" klokken 01:33. Brannvesenet ankom og startet slokningsarbeidet først 25 minutter etter brannstart.

I rapporten blir det beskrevet at selv etter en såpass lang og hard påkjening var panelene fortsatt intakte og stabile. Dette blir illustrert ved at det var vanskelig å fjerne stålplatene fra kjernematerialet slik at isolasjonen kunne undersøkes etter brannen. Observasjonen av isolasjonen konkluderer med at isolasjonsmaterialet var noe forkullet, men at den var på plass uten noen deformasjon eller synlig smelting. Se figur 4.



Bilde 1.

Bilde 7.

Bilde 8.

Figur 4: Brann mot fasade.

Bildene er hentet fra http://www.epic.uk.com/external_fire_attack_05.jsp, 2013-02-21. Se punktene nedenfor med forklarende tekst til bildene.

- *Bilde 1:* Bilen eksploderte, slik at en ildkule og bildeler blir slynget mot veggen.
- *Bilde 7:* Bygget var påkjent av brann helt til bilen var tilnærmet utbrent.
- *Bilde 8:* Sandwichpanelene deltok ikke i brannen, og de hindret brannspredning inn i bygningen.

6.6.1 Rapport 4 – oppsummering

Sandwichpanelene med PIR-isolasjon bidrar ikke til noen brannvekst, og de hindret brannspredning inn i bygget. Dette selv om brannbelastningen hadde vært både kraftig og relativt langvarig.

6.7 Rapport 5 - Møbelfabrikk

I en rapport utarbeidet etter denne brannen (EPIC, 2003) er det beskrevet en brann som startet i en møbelfabrikk i Shanles Pine, Ardee i UK. Brannen inntraff 24. februar 2003. Det er i denne rapporten oppgitt at ytterveggene var av murblokker, mens taket var bygget av 40 mm sandwichpaneler med PUR-isolasjon montert på trelekter.

Brannen ble varslet ca. klokken 15:30 av noen naboer som så at det kom røyk ut fra det som var et lakkeringsrom. Det blir oppgitt at brannen antas å ha startet ca. klokken 15:15. Brannvesenet ankom ca. 30 min etter antatt brannstart, og da var brannen helt utviklet. Brannen ble videre meldt å være under kontroll ca. 15 minutter etter at brannvesenet ankom, hvilket gav en rask brannslukking.

Det blir oppgitt i rapporten at panelene hadde vært med på å hindre brannspredningen ut fra startbrannrommet, se figur 5.



Bilde 3.

Bilde 7.

Bilde 8.

Figur 5: Brann i møbelfabrikk.

Bildene er hentet fra http://www.epic.uk.com/performance_of_ncps_08.jsp, 2013-02-21. Se punktene nedenfor med forklarende tekst til bildene.

- *Bilde 3:* Trelektene hadde en kraftig innbrenning, men taket kollapset ikke.
- *Bilde 7:* En av panelene hadde en liten deformasjon, hvilket har gitt flammene mulighet til å penetrere, men som vist på bildet er det kun røykskader på den eksponerte isolasjonen.
- *Bilde 8:* Det eksponerte trevirket hadde store brannskader samtidig som isolasjonsmaterialet i panelene kun var noe forkullet på overflaten. Forkullingen hindret videre brannskader på isolasjonen og brannspredning til andre deler av bygget.

6.7.1 Rapport 5 – oppsummering

Sandwichpaneler med PUR-isolasjon hadde god brannmotstand. Panelene bidro ikke til brannveksten og de hindret videre brannspredning til andre deler av bygningen.

6.8 Generelle erfaringer fra branner gitt i artikler og rapporter

I dette kapitlet er det en del informasjon som ikke alltid er direkte relatert til byggevarer av plast, men den er tatt med for å belyse at det er flere andre forhold som også har betydning for brannvekst, brannspredning og hvilke brannskader som kan oppstå.

6.8.1 Historiske erfaringer fra branner

I artikkelen *Fire Disasters: What have we learned?* (Brannigan & Carter) er det hevdet at vi har lært lite fra inntrufne branner. De mener at mer eller mindre hver

generasjon må gjøre de samme feilene, slik at alle de feilene vi har gjort tidligere vil bli gjort på nytt.

Problemene som gjentas er at det er for mange mennesker, for få eller blokkerte utganger, dårlig merking, dårlig vedlikehold av utstyr og dårlige rutiner/opplæring. Åpne sjakter, trapper og dører samt feil overflatematerialer har også hatt stor betydning for brannspredningen. Derimot blir det sjelden trukket frem at byggematerialene har vært et problem.

Noen eksempler på store tidlige hendelser er:

- 1940 - Rhythm Club, Natchez, MS (198 døde).
- 1942 - The Cocoanut Grove, Boston (491 døde).
- 1977 - Beverly Hills Supper Club, Southgate, KY (164 døde).
- 1990 - Happy Land Social Club, Bronx, NY (87 døde).

Vår kunnskap og sikring av denne typen bygninger har ikke blitt bedre. For i nyere tid har det også oppstått liknende branner som har krevd mange liv.

- 1998 - Diskotek i Göteborg, Sverige (63 døde).
- 2003 - Station night club, Rhode Island, US (100 døde).
- 2004 - Cromagnon night club, Buenos Aires, Argentina (194 døde).
- 2013 - Santa Maria, Brazil, (230 døde).

I alle disse brannene døde flere personer på grunn av at brannsikkerhetstiltakene enten var neglisjert eller ikke vurdert fullt ut. Byggevarer av plast hadde ikke noen direkte betydning for utfallene i noen av disse brannene. Hvis det var dekorasjoner av plastmaterialer involvert i noen av disse brannene, var det ikke noen opplysninger om at byggevarer av plast hadde vært et problem. Dekorasjoner kan bli definert som overflater, og skal da oppfylle gitte brannkrav, men vanligvis blir de vurdert av eier / bruker som kunst. Derfor tror de sikkert at de kan montere dette uten noen videre brannsikkerhetsvurdering.

6.8.2 Myndigheters erfaringer fra branner

MSB (Lundberg, 2012) sier at celleplast som fasadeisolasjon blir ofte brukt i Sverige. MSB opplever at det kan bli et problem med ubeskyttet celleplast under rehabilitering av en bygning, før konstruksjonen har blitt ferdig montert. De ser også at det kan bli et stort problem når det blir lagret store mengder celleplast på byggeplasser som er lett tilgjengelig for eventuelle brannstiftere.

MSB opplever at det å isolere med celleplast er blitt en vanlig metode, og at det er økt bruk av denne type isolasjonsmateriale. MSB oppgir at bruk av celleplast kan være følsomt for skader, byggejuks og byggefeil, men ellers er det et bra isolasjonsmateriale.

Det fins mange ulike typer av plaster som betes seg ulikt. MSB ønsker ikke å forby plast uten en vurdering, og de har ikke noe imot plast som materiale.

Et brannvesen i Norge (Liebe, 2012) har erfaring med at det muligens kan være inventar som har større betydning for brannutviklingen enn byggevarene. De viser til

f.eks. lekeland der det er store mengder inventar av plast som kan bli et kommende problem.

Räddningsverket (Albinson, 2008) oppgir at det hvert år gjennomføres en vurdering av ca. 600 branner i Sverige. Et antall av disse vurderingene angir spesielle problem der bruk av EPS har vært en bidragende årsak til brannen. Andre land beskriver samme type problem. De har kommet frem til at det er nødvendig å øke fokuset på opplæring av byggeier og entreprenører om hvilke branntekniske egenskaper disse materialene har. EPS har dårligere brannegenskaper enn de fleste andre isoleringsmaterialer. EPS er en lett antennelig plast som produserer mye røyk. Energien i EPS er ca. 39 MJ/kg, hvilket kan sammenlignes med bjørk som har 19 MJ/kg og bensin som har 45 MJ/kg.

Disse verdiene kan videre sammenlignes med brannenergiverdiene til PVC og PUR som er på henholdsvis 20 MJ/kg og 24 MJ/kg (Steen - Hansen, Reitan, & Andersson, 2012).

6.8.3 Forsikringsselskapenes erfaringer fra branner

IF Sverige har basert på egen statistikk konkludert med at det er ca. 50 % flere nye bygg som brenner sammenlignet med gamle bygg. De har sendt ut to pressemeldinger (Claeson, IF, 2012) og (Claeson, Försäkringsbolaget IF, 2012) som beskriver dette. De trekker frem forhold som at det ofte er brukt celleplast som isolasjon i nyere bygg. IF er av den meningen at de ser at det oftere blir større totalskader i nye bygg. De angir også at det ofte er mer elektronikk og stressede barnefamilier i slike bygg. IF er derfor av den mening at det er unge familier og plastisolasjon i de nye byggene som har stor betydning for at det blir flere og større branner i nye bygg. (*Brannvesener ser også at det kan være plastinventar, andre brennbare materialer, spinklere konstruksjoner samt balansert ventilasjon som har like mye å si for brannutviklingen, se kap. 7.1.*)

IF Skadeforsikring, Norge, skriver i et innlegg (IF Skadeforsikring, 2009) at det i dag blir brukt mer plastelementer i næringsbygg på grunn av at de er rimelige, lette, gir god isolasjon og gir enklere renhold. IF syns at dette er en uheldig utvikling, da de er av den oppfatningen at disse produktene er så brennbare at det blir kraftigere og raskere brannutvikling i bygg med denne typen materialer.

Flere forsikringsselskap i Europa har i en konferanse diskutert (Shurmer, 2004) og beskrevet sine meninger om sandwichpaneler. Det er flere forsikringsselskap som har dårlig erfaring med EPS-paneler etter flere store branner i UK. Det blir oppgitt at de nesten ikke vil forsikre bedrifter i bygg som har sandwichpaneler med brennbar isolasjon. Zurich Risk Services, UK, mener derimot at det er mange som overreagerer hvilket fører til undringer og misforståelser. De mener at man skal behandle de ulike panelene basert på de enskiltes egenskaper og ikke likt.

Zurich Risk Services, UK oppsummerer sin erfaring med de ulike typene plaster, med å ha følgende branntekniske egenskaper:

- EPS – meget brennbar.
- Brannhemmet EPS – meget brennbar.
- PUR – brennbar, er det mest vanlige kjernematerialet i UK de siste 20 årene.

- PIR (standard) – brennbar.
- PIR (godkjent i UK) – tåler mer brannpåkjenning, men er fortsatt brennbar.
- Modifisert fenolplast – brennbar, men klarer en god del brannpåkjenning.

Polystyren er også et tradisjonelt vanlig kjernemateriale i noen industrier, men det er svært brennbart og produserer brennende dråper og panelene kollapser raskt. Brannen kan spre seg usett inne i panelene.

EPS- og PUR-paneler vil kunne gi overtenning. Utvendige paneler med EPS vil spre brannen meget raskt, mens PUR trenger eksternt brannbidrag for å fortsette å brenne. EPS er farligst og mange forsikringsselskap vil ikke akseptere bruk av dette materialet.

I en rapport (Association of British Insurers, 2003) som er utgitt i UK er det presisert at det ikke er sandwichpanelene som starter brannene. Det å hindre at en brann starter, og etterpå hindre at den sprer seg, er det som er viktigst. De fremhever at branncelleinndeling er meget viktig. Det samme er montering av panelene, det må gjøres riktig. Hvis panelene kollapser og isolasjonen blir direkte påkjent vil dette føre til at det blir en meget farlig situasjon for brannvesenet. Man må da også forvente en total nedbrenning av bygningen. De nevner at hvis man utfører monteringen korrekt med rett type sammenføyninger kan man bruke sandwichpaneler uten problemer.

I en artikkel fra tyske forsikringsselskap (Münchener Rück, Munich Re Group, 2007) er det beskrevet at de allerede i 1995 identifisert at meget brennbare paneler med plastisolasjon var en grunn til at det har blitt store tap og rask brannspredning i bygningsbranner i matindustrien.

I en oppsummering fra flere branner i Tyskland blir det angitt at branntapene ofte har samme type brannstart. De trekker frem elektriske feil, påsatte branner, varme arbeider, meget brennbare materialer og overoppheting som problemområder. De har erfaringer med at (*med utgangspunkt i min oppgave*):

- Hovedgrunnen til tap er feil i elektriske anlegg, på grunn av feil service eller vedlikehold.
- Konstruksjoner med brennbar isolasjonen eller utstyr med høy brannenergi. Brann kan spre seg meget raskt og føre til store røykskader i resten av bygningen.
- Brannslokkingsanlegg ikke er montert, eller fungerer ikke.
- Store bygningskompleks med dårlig branncelleinndeling.

De poengterer at brannsikkerheten i matproduksjonslokaler, spesielt de med store brannceller, er avhengig av at det fins både organisatoriske tiltak og brannsikkerhetstiltak i bygget. De angir videre at:

- Branncellene bør være så små som mulig.
- Områder med høyrisikoaktivitet bør skilles fra andre områder med branncelleskiller.
- Det anbefales å dele byggene med seksjoneringsvegger.
- Det anbefales at tak skal ha brannmotstandsegenskaper.
- Sandwichpaneler med brennbar isolasjon bør ikke brukes.

I et notat (Rowlands & Hames, 2005) er det angitt at forsikringsselskapene økte premien for de som har plastprodukter i sine bygg med helt opp til 1000 % i slutten av 1990-tallet. Forsikringsselskapene vurderer nå EPS, PUR og PIR basert på de ulike materialegenskapene som hver av dem har. Det blir presisert at det fins paneler med isolasjon som vil fungere godt, men at det dessverre etterpå er vanskelig å kontrollere hvilken type isolasjon som er montert.

De angir at EPS ikke har noen brannmotstand, mens polyuretan kan ha opptil 15 min. Problemet med panelene er at det etterhvert ofte vil bli skader på panelene slik at isolasjonen blir eksponert og lettere kan antenne.

De sier videre at mange brannvesen i UK ikke går inn i bygg med sandwichpaneler for å utføre innvendig slokking grunnet risikoen det er med slike konstruksjoner. Dette kan føre til at det blir større skader.

6.8.4 Andre fagmiljøers erfaringer fra branner

I en artikkel (Köhler, 2011) har Ville Bexander fra Brandskyddsföreningen i Sverige presisert at hvis man bygger med celleplast må man se til at plasten alltid er beskyttet fra å komme i kontakt med åpen ild. Dette kan gjøres ved at det brukes gipsplater og/eller ubrennbar isolering på begge sider.

Brandskyddsföreningen ønsker å diskutere de nye byggeforutsetningene og at det er fler og fler branner som starter utvendig. Enten som en påsatt brann eller på grunn av en brann i en søppelbeholder. Det fins ikke noen krav i Sverige (*eller i Norge*) for de utvendige forholdene så lenge fasaden har klart SP 105-testen. De oppsummer dette med ett spørsmål – *Er byggereglene slik vi vil ha dem?*

I artikkelen (Köhler, 2011) er det videre henvist til en brann i Dijon Frankrike, der et ni-etasjes bygg brant kraftig på grunn av at fasadepussen hadde løsnet og frilagt EPS-isolasjonen. En søppelbeholder som var plassert inntil veggen begynte å brenne, og førte til at brannen kunne spre seg videre til fasadeisolasjonen. Brannen spredte seg så via vinduene inn i trapperommet, hvilket hindret evakuering av bygningen.

I en rapport (EPIC, 2012) er det vist til at det er utført studier av inntrufne branner i UK. Over 400 store branner i industri / kommersielle bygg ble kontrollert i løpet av årene 1992-2001. De kom blant annet frem til at:

- 80 % av brannene var knyttet til at det hadde vært stor innvendig brannlast.
- Store tap er uavhengige av hvilken type konstruksjon bygget var oppført med.
- 97 % av de store brannene var i bygninger med tradisjonelle byggematerialer. (*Det var ikke angitt hvor stor andel de vanlige byggematerialene er av den totale bygningsmassen.*)
- Av 179 branner var 84 % (150 stk) i tradisjonelle bygninger (mur, metall og mineralull), 13 % (23 stk) i bygg med PS sandwichpaneler og 3 % (6 stk) med PUR/PIR utvendig kledning. (*Hva de ca. 221 andre byggene var av ble ikke oppgitt. Forholdet mellom denne typen av bygg og den totale bygningsmassen var ikke heller oppgitt.*)

- Undersøkelsen avdekket at det var innholdet og brannlasten samt hvor nært det var til veggene som hadde størst betydning for utviklingen og spredningen av brannen.

I en artikkel (Hanif & Thomas, 2012) sier Thomas Bell-Wright, teknisk sjef i et internasjonalt rådgivningskonsern, at man ble gjort oppmerksom på at paneler med brennbare isolasjon var et problem i United Arab Emirates (UEA) allerede på 1980-tallet. Det er videre angitt at opptil 70 % av alle høyblokkene i UEA kan ha brennbare paneler. Hans erfaringer er at det er vanskelig å antenne slike paneler, men begynner de å brenne blir det en brann som er meget vanskelig å slokke. Glo fra en grill vil vanligvis ikke være nok til å antenne isolasjonsmaterialet, men en sigarett i en søppelbeholder i nærheten av fasaden vil lett kunne føre til at det blir en bygningsbrann.

I en rapport (Zicherman, 2003) innleder forfatteren med å si at erfaring fra branner har vist at mye tyder på at skumplastisolasjon ofte er montert feil og at erfaringer om brannsikkerhet de siste 25 årene begynner å bli glemt av industrien.

Rapporten viser videre til at spesielle installasjoner av skumplastisolasjon har unike antennelse- og brannvekstegenskaper. Det blir vist til at det nylig (2003) har vært flere store branner der det har vært misbrukt produkter av skumplastisolasjon. Feil bruk av isolasjon for lydisolering og ulovlig bruk av fyrverkeri har ført til at det har blitt mange dødsfall og skadde personer spesielt på utesteder, se kap. 6.8.1.

Rapporten oppsummerer med å si at når sandwichpaneler er brukt og vedlikeholdt riktig er skumplastisolasjon et bra produkt, men ved feil bruk vil de kunne føre til store skader. Det er således viktig for eier og vedlikeholdspersonell å vite hvilken type av materialer man har i bygget.

Det blir i rapporten også hevdet at det er et problem med at dagens arkitekter, ingeniører og entreprenører mest sannsynlig neglisjerer brannsikkerhetstiltak. Dette må bli bedre.

6.8.5 Notater med erfaringer fra branner

I et notat (Pariße, 2012) er det gitt informasjon om en brann i en høyblokk i Roubaix, Frankrike. Denne brannen spredte seg meget raskt i utvendig fasade. Bygningen hadde en ny fasadekledning av typen Alucobond som er en type komposittpanel.

Brannen startet på en balkong i 2. etasje, mest sannsynlig på grunn av selvantennelse i maling- eller løsemiddelavfall. Brannen spredte seg utvendig oppover og inn i ca. 20 leiligheter. Det er litt spesielt, men det er angitt at EPS-isolasjonen bak fasaden ikke hadde noen betydning i brannen. Det er lagt ut flere filmsekvenser på nettet av denne brannen som alle viser til en meget rask brann som sprer seg i fasadematerialet, og bak det ytterste tynne sjiktet i materialet.

I en rapport (Nilsson, 2010) og en artikkel (Lindahl, 2010) er den voldsomme brannutviklingen i Norrevångshallen i Eslöv beskrevet. Der var det store mengder av lettantennelig celleplast og et dårlig branncelleskille angitt som en stor betydning for brannutviklingen. Fra alarmen kom inn klokken 01:25 til taket raste sammen gikk det

kun 35 minutter. Det blir oppgitt at det var plassert 15 tonn celleplastisolasjon på loftet/taket der brannen mest sannsynlig ble påsatt. Taket var under rehabilitering. Det blir videre oppgitt at brannen spredte seg ekstra raskt på grunn av at det i tillegg var lufttilførsel på undersiden via luftkanaler da vindskiene var fjernet på grunn av rehabiliteringen. Den manglende branncelleoppdelingen hadde også betydning for omfanget til brannen.

Brannen i Fjällbackens köpcentrum er beskrevet i en rapport (Ringqvist, 2006). Bygningen ble antent av en utvendig brann i lastepaller som spredte seg inn via sandwichpanelene som førte brannen videre opp på taket. Det blir oppgitt at brannen fikk et kraftig og unormalt raskt brannforløp. Brannen ble meldt inn som en mindre brann ute i lastepaller, men allerede to minutter senere ble den oppgradert til brann i bygning. Kun fem minutter etter det første innkomne varslet har brannen spredt seg til inntilliggende vegger og til deler av yttertaket. Overvåkingsvideoen fra innsiden viser at K-Rautas lokaler ble røykfylt på kun 2,5 minutter. Ytterveggene ved lastepallene var isolert med 150 mm EPS. Taket til ca. halve bygget var isolert med EPS og kork. Det oppsummeres at gjeldende byggeregler ikke var fulgt for dette bygget.

Brannen i Krontorpsvägen 14 Trönninge er beskrevet i en rapport (Sjöström & Rydberg, 2009). Denne brannen oppsto på grunn av at et fuglereir like ved en avgasskanal fra et dieselaggregat antente. Reiret begynte å brenne på grunn av varmeledning fra avgassrøret. Brannen spredte seg etterpå videre til EPS-isolasjonen i ytterveggen. Brannen spredte seg både opp og ned i veggen, men det ble kun en liten og innstengt glødebrann og det var ikke mye røyk når brannvesenet ankom.

I rapporten om brannen i Brunstorp, Huskvarna (Jonsson, 2011) er det angitt at når alarmen kom inn klokken 11:50, var det kun en brann i fasaden. Brannen sprer seg raskt i den ubeskyttede celleplastisolasjonen. Svart røyk syns flere mil fra branntomten ved alarmtidspunktet. Når brannvesenet ankommer, har brannen stort sett brent ferdig. Brannen starter mest sannsynlig på grunn av varmt arbeid like ovenfor arnestedet. Det er oppgitt at brannen antenner plastisolasjonen, men det er først når pappen under celleplasten begynner å brenne at brannen utvikles meget raskt. *(Dessverre blir dette forholdet ikke utdypet videre i rapporten.)* Celleplasten var ubeskyttet på grunn av at arbeidet med å montere fasaden ikke var påbegynt ennå.

6.9 Erfaringer fra branntester

En branntest av isolerte hulldekkeelementer er beskrevet i en rapport (SINTEF NBL, 2011). Prøvestykket var bygget opp av fire 220 mm hulldekkeelementer som var isolert med 20 mm Rockwool trinnlydplate, 50 mm EPS (vanlig) og 60 mm A-plan påstøp.

Tre av elementene ble lagt på toppen av horisontalovnen ved SINTEF NBL, og brannbelastet mot undersiden. Det ene av disse elementene hadde et 32 mm hull opp til EPSen, de to andre hadde hvert sitt Ø110 M/A rør som var tettet med 25 mm Protecta EX Mortar rundt røret mot hulldekket og Protecta akryl 40 mm fugemasse mot A-plan påstøp. Forskjellen mellom disse to elementene var at EPSen var byttet ut med 50 mm Rockwool støpeplate i en avstand tilsvarende en plate (600x1200 mm) sentrert rundt røret. Det ene prøvestykket hadde således EPS helt inntil røret mens det andre hadde

steinullisolasjon. Det siste elementet ble plassert på bunnen av ovnen med en last som skulle tilsvare en vegg. Dette prøvestykket ble således branntestet fra oversiden.

Testresultatene viser at EPSen hadde fått skader i alle prøvestykker, men at det ikke hadde oppstått noen brannspredning inne i dekket som førte til en brann. Størst skader og høyest temperatur ved EPSen var det i prøvestykket som hadde et 32 mm åpent hull. Her ble det målt temperaturer på maksimalt ca. 250 °C, mens det i alle de andre elementene ikke ble målt høyere temperaturer enn ca. 100 °C. EPSen i prøvestykket som lå nede i ovnen hadde smeltet bort med unntak for under lasten. Her var EPSen igjen slik at lasten hadde den nødvendige støtten og ble stående på plass. Dette elementet lå nede i ovnen helt til dagen etterpå før denne observasjonen ble gjort. I tillegg viser temperaturregistreringen som varte i 4 timer (3 timer etter at testen var avsluttet) at det ikke oppstod noen brann i EPSen i løpet av denne tiden. Temperaturen var hele tiden stabil rundt ca. 100 °C.

EPSen i prøvestykket som hadde et åpent hull brant i nærheten av hullet, og smeltet noe lenger bort. Brannen slokket av seg selv når branntesten ble avsluttet. Det kommer tydelig frem på temperaturregistreringene som ble gjort i ca. 30 minutter etter avsluttet branntest. Registreringene viser at det blir etablert en stabil temperatur på ca. 100 °C.

I en bacheloroppgave (Eikeset, Sæther, & Bjerke, 2012) er det beskrevet 5 ad hoc branntester av mur/betongvegger. Veggfeltene var bygget opp av betong og leca med mellomliggende isolasjon av henholdsvis EPS og PUR. De gjennomførte branntestene i en pilotovn, med et eksponert areal på 1x1 m. De oppsummerer egenskapene til EPSen med at den er uheldig på grunn av den raske brannspredningen, samt at den smeltet og produserte brennende dråper. PUR-isolasjonen oppviste egenskaper som at den forkullet, produserte lite røyk og at den var selvslukkende i deres branntester. Av beskrivelsen av prøvestykkene og branntestene ser man at EPS-isolasjonen blir kraftigere påkjent enn PUR-isolasjonen på grunn av kraftig avskalling av betongen som var brukt i testveggene med EPS-isolasjon.

I en bacheloroppgave (Ajkunic, Markhus, & Steinstø, 2008) ble det gjennomført 2 ad hoc branntester av fasader og 10 småskalaforsøk. Fasadetestene ble gjennomført i henhold til en metode som lignet på SP Fire 105. Her ble det brukt PUR-isolasjon i en av testveggene, og en med EPS-isolasjon. Her er det ikke selve isolasjonen som er i hovedfokus, men brannspredning i luftespalten bak fasaden. I forhold til isolasjonene i denne oppgaven blir det oppsummert at PUR tåler høye temperaturer. PUR-isolasjonen smelter ikke, men den forkuller ved branneksporing. Egenskapene til EPS-isolasjonen oppsummeres bare med at den var meget brennbar.

6.10 Oppsummering – Erfaringer fra branner

I rapportene blir det oftest ikke gjort noen forskjell på hvilke typer materialer som er brukt. Antageligvis for at det er ukjent hvilken type plastmateriale som hadde vært brukt i bygget. Generelt var det vanskelig å finne ut hvilken type plastmateriale som hadde vært brukt i de ulike brannene. Det er uheldig at man ikke vet hva som var brukt da det fins mange ulike typer av plastmaterialer med ulike egenskaper. Dette blir tydelig når man kan lese at "samme type" av materiale oppviser helt forskjellig egenskaper i ulike branner.

I flere av rapportene som ble studert ser man at det var ubeskyttet plastisolasjon som hadde hatt stor betydning for både brannvekst og brannspredning. Den største risikoen med celleplaster ser ut til å være når materialet ikke er ferdig montert og celleplaster kan bli direkte eksponert. Utover det blir byggevarer av plast ikke særlig ofte omtalt som et problem ved brannspredning. Det var i stedet mange andre forhold som hadde større betydning for brannutviklingen enn hva byggevarer av plast hadde hatt.

Det fins få rapporter fra branner der det hadde blitt små skader. Det er derfor lite kunnskap om hva som faktisk fungerer.

Branntester, både standardiserte og ad hoc tester, viser til at byggevarer av plast kan oppvise gode egenskaper. Spesielt om det blir valgt en polymer med gode egenskaper og byggevarer er montert og brukt korrekt under de rette forutsetningene.

Plast har vært brukt mye i et vidt spekter av typer materialer og konstruksjoner. Plast er bare et felles navn på mange ulike typer av materialer som har helt forskjellige egenskaper både med hensyn på funksjoner og bruk i bygninger samt ikke minst oppførsel i en brann. Det er derfor ikke mulig å gi ett svar på om plast kan brukes eller ikke da det har meget stor betydning hvilke egenskaper materialet har og hvordan det er en del av bygningen.

Forhold som er registrert:

- Brennbar isolasjon brenner ofte i byggeperioden når den er ubeskyttet.
- Brennbar isolasjon brukes som startbrann ved påsatte branner.
- Brennbare materialer antennes på grunn av varme arbeider.
- Plastprodukter kan smelte / dryppe og antenne branner lenger ned i en konstruksjon.
- Brennbare materialer kan antennes grunnet kontakt med glo fra sigarett og fyrverkeri.
- Korrekt monterte konstruksjoner med brennbar isolasjon kan hindre brannspredning.
- Korrekt monterte konstruksjoner med brennbar isolasjon deltar i liten grad til brannvekst.

7 Intervjuer

For å få informasjon fra de som har praktisk erfaring fra reelle branner ble det gjennomført intervjuer med både brannmenn og brannetterforskere. For å vurdere om det var noen forskjell på de erfaringene som ulike brannvesen og politi har opparbeidet seg ble det kontaktet enheter i både Norge og Sverige. Åtte enheter stilte vennlig opp for å bli intervjuet eller delta i en samtale. Det kom kun et nei på forespørsel om intervju, og det ble begrunnet med at de mente at de ikke hadde noen erfaring med byggevarer av plast og derved ikke kunne bidra med noen erfaring. Intervjuene ble gjennomført som standardiserte intervjuer med forberedte spørsmål, se Bilag C – Intervjuguide.

7.1 Intervju av brannvesen

Det ble gjennomført intervjuer av personell i utrykningsavdelingene til brannvesenene i Trondheim og Oslo, samt Göteborg og Malmö i Sverige. Alle de som deltok i intervjuene hadde lang erfaring først som brannmenn, og så som brigadeføder.

De fire brannvesenene oppgav at de hadde liten erfaring med at det hadde vært brukt byggevarer av plast. De har mest erfaring med boligbranner og der er det ikke brukt så mye byggevarer av plast, men desto mer inventar av plast.

Ingen av dem hadde i sin opplæring noe spesiell fokus på hvilken effekt eller bidrag plastprodukter har i en brann.

Det var noen mindre forskjeller på hovedproblemene de fire byene fokuserte på. Selv om alle byene er gamle og man kunne tro at det har vært brukt lignende byggemetoder var det noen geografiske forskjeller som var tydelige. Forskjellene var små sammenlignet med likhetene på erfaringene som ble beskrevet.

Den store forskjellen var mellom de to landene ved at brannvesenet i Norge beskrev at de hadde stort sett boligblokker oppført med trekonstruksjoner, mens det i Sverige ble oppgitt at det der er vanligst med betongkonstruksjoner i boligblokker.

Alle var enige om at det er inventaret i bygningene som har størst, og helt avgjørende rolle for hvor raskt en brann vil utvikle seg og hvor vanskelig den blir å slokke. De var også helt enige om at det er meget vanskelig å slokke en brann som har kommet inn til bærekonstruksjonene bak kledningen. For når en brann har kommet inn til konstruksjonen blir det ofte ukjente spredningsveier. Dette gjør det vanskelig å vite hvor brannen er, og hvor de skal sette inn sin innsats.

De var også enige om at utviklingen er at det i nyere bygg er brukt mye tynnere og enklere konstruksjoner som antenner lettere og brenner raskere enn konstruksjonene i eldre bygg som er oppført i mer solide materialer.

Brannvesenene var enige om at de byggevarer som har størst innvirkning på brannen, med hensyn på brannvekst og brannspredning, er overflatematerialene på tak og vegger. Tynne enkle materialer antenner lett og kan spre brannen raskt. Gulvmaterialet har derimot liten betydning. De forklarer at det er overflatene som har størst betydning på grunn av at de oftest kommer frem før brannen har brent igjennom kledningen.

Dette svaret ville mest sannsynlig bli helt annerledes hvis man hadde intervjuet brannvesen ute i distriktene som har mye lenger innsatstid grunnet lange avstander. Dette blir også tydelig i samtale med Kripas sammenlignet med politiene i byene, se oppsummering av erfaring fra politiet i kap. 7.2.

Ett brannvesen poengterte at byggevarer av plast ikke er et stort problem, men at sponplater med limstoffer heller kan være et brannteknisk dårlig produkt som brenner raskt og produserer store mengder med brennbare gasser.

Ett brannvesen hadde opplevd at en brann hadde spredt seg nedover via et plastrør. Plastrøret i startbranncellen hadde smeltet og brennende plastdråper hadde falt ned innvendig i røret til et bend lenger nede og så antent plastrøret der og spredt seg videre der ifra.

Kabelbranner med PVC mantler er et stort problem, ved at de kan produsere mye giftig røyk. Branner kan spre seg langs kabler spesielt om gjennomføringsåpningene ikke er branntettet. Et brannvesen har også erfaring med at en glødebrann i kabler kan holde på lenge etter at brannen er "sløkket", før den igjen går over til å bli en flammebrann når den kom frem til en koblingsboks. De hadde erfart at en slik glødebrann hadde vart i ca. 12 timer før den ble en flammebrann igjen. Det samme kan skje med treullsementplater som kan holde på en glødebrann lenge før den igjen blusser opp som en flammebrann.

To av brannvesenene sa at flere lag med maling eller tapet kan føre til at det initialt blir en ufullstendig forbrenning som utvikler mye CO, som så kan føre til at det blir overtenning når de går inn.

De vurderer ikke hvilken sløkketeknikk som skal benyttes basert på om det er plast i bygget eller ikke. De velger sløkketeknikk basert på hvilken type konstruksjon det er og hvor det brenner i bygget. De har ikke noen spesiell kunnskap om hvilke brannegenskaper de ulike plastproduktene har.

I forhold til spørsmål sløkketeknikk er alle helt enige om at vann, gjerne som vanntåke, er det beste sløkkemiddel. *Politiet var også enig i at vann var et meget effektivt sløkkemiddel (se kap. 7.2).* Men de to brannvesenene i Sverige trakk frem et nytt tilsattsmiddel (*omtalt som one/7*) som gjør at sløkkemiddelet blir et klebrig skum som fester seg til underlaget og hindrer oksygentilførselen.

Skjærslokker ble angitt av både brannvesen og politi som et annet effektivt hjelpemiddel for å komme til brannen raskt. Rask brannsløkking fører til lite vannforbruk og mindre skader.

På spørsmål om plastmaterialer fører til en varmere, raskere og vanskeligere brann var svarene samstemte om at det er vanskelig å si om det er plasten i seg selv som gir kortere tid til overtenning i nyere bygg, eller om det er en kombinasjon av flere forhold. De opplever at det i dag gjerne er varmere og mer intense branner i nyere bygg som har mye inventarer. Alle beskrev at det helt klart er tilgangen på oksygen som har størst betydning for brannen. Er bygget meget tett kan en brann slukke av seg selv. Nye bygg er meget tette, men de har også et balansert ventilasjonsanlegg som går kontinuerlig og dermed fører inn ny oksygen til brannen. Derfor ser de heller at det er de gamle byggene som kan være utformet slik at en brann kan slukke av seg selv. De angir ikke at

plasten i seg selv fører til et større problem med total nedbrenning av et bygg. Det er heller den totale brannlasten, og hvor mye oksygen som er tilgjengelig for brannen som har betydning.

De angir at plastmaterialer er et problem ved at det produseres mye mer røyk. Hvilket er et stort problem for både rømningen og deres innsats. Røyken som produseres når plastmaterialer brenner er svart, tykk og klebrig. Denne typen røyk og mengden av den er også et stort problem for restverdiredningen (RVR). Denne røyken er meget farlig på grunn av at det blant mye annet dannes HCl og HCN som er korrosivt og kreftfremkallende.

Et annet brannvesen viste til erfaringer med at bilbranner i kjellergarasjer brenner raskt med stor røykproduksjon hvilket gjør at de er meget vanskelige å slokke. *Dette er egentlig ikke et tema for denne rapporten, som er begrenset til byggevarer i plast, men er tatt med her som eksempler på at ubeskyttet plast kan være et stort problem med hensyn på både produksjon av røyk og brannspredning. Dette er også vist i flere branner, se kap.6.10.*

På spørsmål om det er noe annet som de vil trekke frem ble det stort sett fire ulike typer svar.

Et brannvesen svarte at folk har generelt for stor tillit til brannvarslingsanlegg. Dette viser seg i at de ikke ringer til brannvesenet hvis de oppdager en brann i et bygg med brannalarmanlegg da de tror at brannen allerede er direktevarslet, men anlegget kan være defekt eller avstilt slik at varslingen til brannvesenet ikke fungerer. Brannen blir da mye større enn nødvendig før brannvesenet blir varslet.

Et brannvesen sa at utvendig brannspredning opp på loftet via raft er et større problem enn byggevarer av plast.

En av dem mente det kunne være bra om det ble utarbeidet et enkelt informasjonsark som beskriver forholdene som har betydning for personsikkerheten. De ca. 60 personene som dør i branner i Sverige dør av røykskader hjemme i sin bolig. Personene dør vanligvis alltid av røykskader også i raske brann.

Et brannvesen poengterte at da det i Sverige er vanlig å bruke søppelsjakter i boligblokker vil en brann nede i søppelrommet føre til at det blir røykspredning opp til rømningstrappen via sjaktene. Dette blir et enda større problem når beboerne ikke lukker lukene til sjaktene i trapperommene. Det er også et problem at det er brukt søppelbeholder av plast. Da disse brenner godt og produserer mye røyk. Kripos har vurdert dette spesielt, se kap. 7.2.

Det ble også presisert at det kan bli et økende problem ved at det er flere eldre og psykisk syke personer som bor hjemme lenger i dag enn hva som var vanlig tidligere.

Forhold som ble angitt som et større problem for dem enn hva plastmaterialer er, og som burde bli vurdert videre er:

- Konstruksjonsbranner da de er farlige og vanskelige å slokke. En slik brannspredning vil oftest føre til at det blir en stor brann.
- Bilbranner i garasjekjellere. Spesielt om garasjen forbinder flere boligblokker.
- Kjøkkenbranner som starter på grunn av tørrkoking.

7.1.1 Oppsummering fra brannvesenet

Det som har størst betydning for hvor stor en brann blir og hvor raskt den sprer seg er hvilken type og mengde inventar det er i startbrannrommet sammen med hvor god oksygentilgang det er.

Hvor vanskelig brannen blir å slukke er derimot avhengig av hvor raskt de kommer til for å starte slukkearbeidet. Tidlig varsling gjerne med et direkte koblet brannvarslingsanlegg i tillegg til kort innsatsvei er bra. Får brannen komme inn i hulrom, eller inn slik at det blir en konstruksjonsbrann blir det meget vanskelig å slukke brannen.

Byggevarer av plast blir oppgitt å ha liten innflytelse på initialbrannen, men får brannen holde på lenge slik at den blir varm, samt om den kommer inn til konstruksjonene blir brannen mer intensiv og vanskeligere å slukke.

7.2 Intervju av politi

Personell i politiets kriminalavdeling ble intervjuet i Trondheim samt tilsvarende enheter i Göteborg og Helsingborg i Sverige. I tillegg ble det gjennomført en samtale med flere kriminalteknikere i Brann- og eksplosjonsgruppa ved Kripos i Oslo. Kriminalteknikerne i de tre politiavdelingene arbeider med ulike typer etterforskning, men alle hadde bred erfaring med mange ulike typer av branner.

De var enige om at de hadde lite erfaring med byggevarer av plast. Det ble sagt at de foreløpig kun har sett denne typen konstruksjonsmaterialer være brukt i mindre omfang. De er enige med brannvesenet i at det er brukt mye inventar med plastmaterialer og det er det som har stor betydning for utviklingen av brannen. I forhold til byggevarer er det i først og fremst overflatene som har mye å si for både brannveksten og brannspredningen.

Alle var enige om at det ikke er avgjørende hvilken type bygg det er for hvor vanskelig det blir å etterforske brannen. Det er hvor langvarig brannen har vært som er det store problemet. For jo lenger en brann har vart jo mindre er det igjen å tolke, og det er derved mindre tydelige spor. Det kan også være slik at bygget har falt sammen, da blir det mer eller mindre umulig å helt sikkert rekonstruere brannspredningen og finne tilbake til arnestedet.

De presiserte at de hadde mest erfaring med boligbranner, da det skjer flest branner i slike bygninger.

Kripos opplyste om at plastmateriale kan være en utfordring å etterforske. Det er vanskelig å tolke sporene da materialet brenner opp og det kan være vanskelig å påvise hva som hadde vært i området av type og mengde plast. Når det gjelder byggevarer av plast ble det oppgitt at Kripos har erfart at plasttak, musestoppere i plast samt at plast i veggene har vanskeliggjort deres etterforskning.

I Sverige ble det opplyst at det av og til blir vurdert om et bygg heller skal få lov til å brenne ned i stedet for å forsøke å slukke brannen grunnet at det da blir mindre miljøkonsekvenser, enn om det ekstra slukkevannet kommer ut i vassdragene. Dette fører selvfølgelig til at det blir større problemer for politiet å etterforske brannen og å finne arnestedet, men det blir vurdert å være en nødvendig konsekvens. Det ble også sagt i begge land at en kontrollert nedbrenning er en vanlig metode som blir brukt i

distriktene på grunn av at brannvesenet da gjerne kommer seint i brannforløpet og det er begrenset med slokkevann der.

De var enige om at plast som byggevarer ikke har vært noen problem for dem i deres etterforskning. Sjøppelbeholder av plast som står utvendig inntil fasaden er derimot et stort problem. Dette på grunn av at en brann i en søppelbeholder vanligvis blir stor og kan spre seg inn i bygget via vindu eller raft. Kripos har utført branntester av slike beholdere og funnet ut at brannene i tillegg til å bli store, på slutten kan blusse opp som en stor væskebrann.

Alle presiserte at brannlasten ligger i hovedsak i inventaret, og at det ofte består av mye plastmaterialer. Politiet var enige om at PC og dagens flat TV-apparater starter sjelden en brann og byr heller ikke på problem i deres etterforskning. *(Dette ble også trukket frem som en erfaring fra et av brannvesenene.)* De tykke TV apparatene samt kjøkkenutstyr sammen med tørketrommelen er de apparater som starter flest branner. Flere av disse apparatene inneholder mye plast. En av kriminalteknikerne presiserte at det er stor forskjell på de ulike plasttypene som er brukt i kretskort, og at de bidrar ulikt i brann. Noen kretskort brenner meget godt, mens andre nesten kan defineres som "selvslokkende".

To av kriminalteknikerne presiserte at tørt trepanel antenner lett og brenner meget raskt og vil i henhold til dem være et minst like stort problem som plastmateriale.

Ingen av dem hadde erfaring med at utvendig tilleggsisolasjon av plast hadde vært et problem ved at det hadde brent. En av dem presiserte at dette var et "ikke-problem" i deres område.

Det ble sagt at vinylgulv brenner godt sammenlignet med gulv av gamle materialer, men de anser uansett at byggene er mer brannsikre i dag enn hva de var tidligere.

Kriminalteknikerne var enige med brannvesenet i at vann helt klart er det beste slökkemiddelet. Det var best for dem når brannvesenet hadde brukte slokkespydene med vanntåke for det gav minst forstyrrelser på inventaret og det ble ikke påført mye vann til bygget. En kriminaltekniker i Sverige poengterte at den nye typen skumslokker (*one/7*) var gunstig for dem. Valg av slokketeknikk og varigheten på brannen har stor betydning for dem og for hvor effektivt og korrekt de kan rekonstruere brannrommet etterpå. Vanligvis er de helt avhengige av å diskutere branntomten og slokkearbeidet med brannvesenet for å kunne få dannet et korrekt bilde. Rekonstruksjon av brannrommet er helt avgjørende for dem for å kunne avgjøre arnested og brannstart, som er deres hovedfokus. Et eksempel på dette ble beskrevet av en kriminaltekniker med en brann der førsteinntrykket hadde tydet på flere arnesteder, hvilket ofte blir vurdert som en påsatt brann, men som egentlig var at det hadde vært montert opp beskyttelsesplast på vegger og gulv. Plasten på veggene hadde smeltet og falt ned og startet nye branner flere plasser på gulvet. Brannrommet hadde vært under oppussing og vegger og gulv hadde vært tildekket med byggplast da eieren skulle spraymale taket. Dette kom frem ved rekonstruksjon og forhør av eier.

Ingen av kriminalteknikerne har sett noe problem med at plast har ført til svekkelser i bæresystemet. Derimot poengterer en av dem at lettere konstruksjoner som Ranti-I bjelker heller kan være et problem for dem uavhengig av brannbelastningen da sponplaten i steget tar til seg slokkevann og sveller opp og derved mister sin stabiliserende funksjon.

Mekanisk ventilasjon som ikke stopper gir økt tilluft til brannen, men hvis man stenger ventilasjonen vil dette gi økt CO produksjon. Dette gjør at det ikke er entydig hva som er best med hensyn på sikkerhet. I forhold til personsikkerhet er det nok bedre at ventilasjonen fortsetter å gå til alle har kommet seg ut, men i forhold til brannspredning er det nok bedre å forsøke å kvele brannen ved å stenge ventilasjonen.

De har tidligere sett at det har vært dårlige løsninger med el-kontakter med hurtigkobling som grunnet kortslutning har startet mange branner. Dette er ikke et vanlig problem lenger, da slike hurtigkoblinger har blitt bedre.

De har flere eksempler på at el-feil i en koblingsboks ikke fører til at det blir noen brann. Brannen slukker ofte av seg selv uten å utvikle seg videre fra koblingsboksen. De gjenstående tilfellene som blir en brann er kanskje ikke et stort problem når man tenker på hvor mange koblingspunkter det fins i alle bygg.

Røykproduksjonen i en plastbrann fører ikke direkte til noen problem for dem, men alle presiserte at det oftest dannes et seigt klebrig belegg som dekker alt. Denne røyken er farlig grunnet at det dannes HCl og HCN som er korrosivt og kreftfremkallende.

Kriminalteknikerne i politiene var enige om at plast brenner sjelden helt opp, det er vanlig at de finner en hel del plast igjen etterpå. Det kan til og med være slik at smeltet plast har beskyttet materialet som ligger under slik at det blir enklere for dem å finne ut hvordan gulvet så ut før brannen. Kripes var derimot av en annen oppfatning, men de poengterte selv at dette var nok grunnet at en brann i byene gjerne blir slukket mye raskere enn de brannene som Kripes etterforsker i distriktene. Det ble presisert av flere av dem at hvor mye av plasten som er igjen etterpå er helt avhengig av hvor mye oksygen som har vært tilgjengelig og hvor lenge brannen hadde vart. Kripes presiserte at noen ganger kan plast oppfattes som brennbar væske etter en brann.

Det ble nevnt at PVC-kasser og sandwichpaneler i fiskehaller kan være et brannteknisk problem. Fiskeindustrien har en god del sandwichpaneler i sine bygg, og de har mye inventar av plast som kan føre til store komplekse branner.

Kriminalteknikerne oppfattet det slik at det var et generelt lite problem med byggevarer av plast.

De var alle enige om at når brannen blir så varm at plasten begynner å brenne vil den føre til at brannen blir større og mer intens enn når det er kun trematerialer som brenner. Når plast først brenner vil den brenne godt. Det kreves bare nok varme / energi for at den skal kunne bli stor. En grunn til dette ble oppgitt å være at plastprodukter gjerne er utformet som et deksel med bakenforliggende hulrom, hvilket gir mer tilgang på O₂, sammenlignet med treprodukter med samme funksjon av heltre. De finner på tross av dette ofte mye plast igjen etter en brann også om det har vært så varmt at aluminium har smeltet. (*Dette ser de ofte i forbindelse med bilbranner.*) De kan også finne at dørkarmen av plast, om enn noe deformert, er igjen når resten av brannrommet er helt utbrent etter en overtenning. De sier alle at det ikke har vært et problem med at byggevarer av plast har startet nye branner. Derimot var det en som viste til at inventar som f.eks. tynne gardiner av nylon kan falle ned og starte nye branner. Et par av dem presiserte at de er av den oppfatningen at det er mindre plastmaterialer i bygg i dag enn det var på 70-tallet.

Det ble oppgitt at det i deres opplæring, verken i Norge eller i Sverige, er vanlig å fokusere på plastmaterialer og ulike typer plaster. De konsentrer seg om hvordan

brannen generelt oppfører seg. I Norge ble det oppgitt at det kan skje at de forsøker å finne ut hvilke typer plast det hadde vært i et bygg, mens det i Sverige ble opplyst at dette vanligvis ikke blir gjort. De var alle enige om at de fokuserer sin etterforskning på hvor og hvorfor det hadde begynt å brenne og ikke så mye på hva som har brent eller hvordan den har spredt seg. De overlater til brannvesenet å vurdere om byggeforskriften har vært fulgt.

De sa alle at det generelt sett er et stort problem med påsatte branner i søppelbeholdere. Denne type branner sprer seg ofte også inn i byggene.

Branner på takterrasser / balkonger kan også føre til store skader, spesielt om brannen sprer seg inn på loftet.

Flere av dem nevnte at de er skeptiske til plast hvis det blir økt bruk.

Et par av dem sa at de opplever at det er høyere brannsikkerhet nå enn tidligere.

7.2.1 Oppsummering fra politiet

Det er tilgangen på oksygen og varigheten av brannen som har størst betydning for hvor vanskelig det vil være å finne arnested og brannstart.

I forhold til byggevarer av plast er det i først og fremst overflatene som har mye å si for både brannveksten og brannspredningen.

Det blir vist til at plastmateriale kan være en utfordring å etterforske. Det kan bli vanskelig å tolke sporene da materialet brenner opp og det kan være vanskelig å påvise hva som hadde vært i området av type og mengde plast.

Det blir oppgitt at de oppfatter det slik at det er et generelt lite problem med byggevarer av plast.

8 Fullskala branntester

For å forsøke å finne noen svar på hvorfor det er sprikende erfaring om oppførselen til byggevarer av plast i inntrufne branner ble det gjennomført noen fullskala branntester i samarbeid med TBRT og SINTEF NBL. En fullskala test er en kontrollert "brann" der man simulerer en realistisk brann med både sammenføyninger og gjennomføringer samt åpninger, samtidig som man gjennomfører registreringer og observasjoner i løpet av hele brannen.

En slik fullskala branntest kan være et bindeledd mellom en standard branntest av et enkeltstående materiale eller en konstruksjon, og en reell bygningsbrann. En standard branntest er utført i henhold til en del definerte forutsetning, mens det i en reell brann ikke er noe som er gitt eller spesifisert.

Basert på de erfaringer som er registrert etter inntrufne branner er det en del som tyder på at materialer og konstruksjoner ikke oppfører seg helt likt i virkeligheten som i en standard branntest. Dette er også poengtert i *Fire Protection Handbook* (Benedetti & Colonna, 2008). De henviser til at konstruksjoner ikke vil oppnå de samme brannegenskapene i virkeligheten som i en branntest. Dette er helt naturlig da en standard branntest er ment å være et grunnlag for å sammenligne ulike materialer og konstruksjoner opp mot hverandre og ikke for å gi et entydig svar på hvordan de vil oppføre seg i en reell brann. En standard test vil kun vise hvordan materialene eller konstruksjonene kan forventes å oppføre seg i en brann. Omfanget av en reell brann vil være avhengig av mange andre forhold, som for eksempel er brannlasten større/mindre, raskere/tregere enn i en test, eller det er mer/mindre tilgang på oksygen vil det gi andre resultater. Hvilken type vær det var under brannen, mye/lite vind, kaldt/varmt eller om det var nedbør vil også ha betydning. En brann vil således aldri kunne være lik en annen brann. Et fullskala brannforsøk kan være et bindeledd mellom standard branntester innendørs med spesifisert brannpåkjenning og en reell brann der det er flere variabler. En annen forskjell er at en konstruksjonsbranntest egentlig viser egenskapene først etter overtenning, mens brannvesenet ønsker helst å slokke før overtenning. En reell brann har vanligvis en relativt lang branntid før overtenning, selv om det selvfølgelig også kan gå raskt.

I løpet av disse branntestene sikrer brannvesenet at det blir kontrollerte branner, samt at de utfører innvendige observasjoner. Branntestene vil bli avsluttet/slokket av brannvesenet like etter overtenningen. Dette blir gjort for å sikre at alle tester kan gjennomføres og for at brannvesenet skal få en kontrollert og planlagt nedbrenning av bygningen helt til slutt.

8.1 Forutsetninger i bygget og testmaterialene

Bygningen som brannvesenet fikk tilgang til for sine øvelser og som skulle brennes ned var en to-etasjes trebygning fra 1950-tallet. Grunnet krav om miljøsanering var den originale fasadekledningen fjernet, det samme var de originale vinduene. Innvendig var det brukt sponplater med strietapet på veggene, fast himling av sponplater i taket og klikkparkett på de fleste gulvene. Ytterveggene var isolert med 50 mm steinull. Se figurene 6 - 10 som viser noen av forutsetningene i bygget og beskriver hva som ble testet. Se også Bilag F – Tegning av 1. etasje.

Brannvesenet ga tillatelse til at det kunne benyttes tre rom i 1. etasje for å gjennomføre de innvendige branntestene. De utvendige branntestene kunne gjennomføres på fasadene utenfor disse rommene. Resten av bygningen skulle brannvesenet bruke for egne øvelser samt å gjøre forberedelser for en styrt og planlagt nedbrenning av hele bygget.



Figur 6: Testfasaden

Vinduene nærmest er vinduene i testrom 3. Vinduet til venstre er vinduet i testrom 2. Testrom 1 er plassert i utbygget helt til venstre.



Figur 7: Detalj yttervegg

Før fasadetestene ble deler av ytterveggen isolert med to ulike typer isolasjon, som hadde to ulike typer av kledning. Som en referansetest ble en del av fasaden kun kledd med vanlig luftet trekledning. Fasadematerialene ble montert direkte mot den eksisterende veggen.



Figur 8: Testrom 3

I dette rommet ble to typer av plastvinduer testet. Det var ønsket å se hvordan plastvinduer oppfører seg i en brann. Rom 3 er angitt som "rom 55" på tegningen, se Bilag F – Tegning. (Skrivebordet ble fjernet før branntesten.)



Figur 9: Testrom 2

I dette rommet ble en plasthimling, og to typer av brennbar isolasjon branntestet. Testrom 2 er angitt som "rom 56" på tegningen, se Bilag F – Tegning.



Figur 10: Testrom 1

Detalj av testrom 1, dette rommet er angitt som "kopirom" på tegningen, se Bilag F – Tegning. Dette rommet ble brukt som en referansetest ved at de originale trematerialene ble branntestet.

Områder som var ønsket å analysere:

- Hvilke egenskaper oppviser plastmaterialer i en brann, sammenlignet med vanlige trematerialer. Har plastmaterialer dårligere branntekniske egenskaper enn for eksempel vanlige trematerialer?
- Har alle typer av plastmaterialer like brannegenskaper?
- Hvilket tilskudd gir plastmaterialer til brannutviklingen og brannspredningen, sammenlignet med trematerialer?
- Hvilken betydning vil et plasttak over for eksempel søppelbeholder eller et uterom ha for brannvekst og brannspredning?
- Kan en søppelbeholdere spre en brann opp langs fasaden?

8.1.1 Drøfting forutsetninger

For å ivareta personsikkerheten var det brannvesenets røykdykker som styrte brannene og, gjennomførte registreringene innvendig samt utførte selve slokkingen.

Det var ønsket at de innvendige brannene skulle gå til overtøning inne i rommet før de ble slokket. For å sikre at alle branntestene kunne gjennomføres var det ikke ønsket at noen av branntestene skulle føre til at brannen spredte seg ut fra startbrannrommet. Dette krevde at brannvesenet vurderte hvor lenge brannene kunne pågå før de slokket brannen.

Forholdet mellom romvolum, type brannlast og ventilasjonsåpning førte til at det ble vanskelig å styre varigheten på testene. Det var brannvesenet som ble styrende både for utviklingen og slokkespunktet. Dette førte til at det ikke var mulig å ha full kontroll på brannbelastningen eller varigheten.

I de utvendige branntestene var det ønsket at brannen skulle belaste fasaden, men brannen skulle ikke spre seg inn på loftet. Dette ville ført til at det ikke ble en styrt nedbrenning slik som planlagt av brannvesenet.

Det var nødvendig å gjennomføre alle branntester fortløpende og raskt nok for at selve nedbrenningen kunne starte tidlig på ettermiddagen. Dette ble gjort for å sikre at det var tilstrekkelig tid for å gjennomføre en kontrollert nedbrenning i løpet av dagen.

8.2 Branntest 1 - Plastvinduer

Hvilke materialer: Et vindu av akrylplast og et vindu av polykarbonatplast.

Hvordan ble de montert: Montert inn i de originale vindusåpningene mellom to trelekker.

Hvorfor ble de valgt: Bruk av plastvinduer er omdiskutert i UK og det er forventet økt bruk av slike vinduer her i Norge. I UK blir de omtalt å være meget brennbare og vil kunne være med på å spre en brann.

Hvilken startbrann: En plaststol med to biter av en skumplastmadrass (totalt ca. 30x60 cm) ble brukt for å simulere for eksempel en brann i en lenestol. Brannkilden ble antent av fire trefiberplater (10x10 cm) som var dynket med 1,5 dl heptan og lagt i en tynn plastpose.

Hva man kan få ut av testen: Hvor raskt vil en brann ha effekt på slike plastvinduer og hvor raskt vil det føre til at en brann kan spre seg via åpningen som oppstår. Få et svar på om slike plastvinduer er like lett antenkelige som angitt.

Forventet brannutvikling: Det er ønsket å la brannen gå til overtenning for å se effekten på de to vindustypene.

Se også bilagene E - I for mer utfyllende informasjon om materialene og branntesten.

8.2.1 Testoppsett branntest 1

I testrom 3 ble et vindu av akrylplast og et vindu av polykarbonatplast montert inn i de eksisterende vindusåpningene. Vinduene ble fastmontert mellom 45x45 mm trelekker. Hulrommet mellom vinduene og ytterveggen ble tettet med Sika Boom Top-G. Se figur 11.

Brannkilden som ble brukt i testrom 3 var en plaststol med to biter av en skumplastmadrass. Se figur 12. En stol ble plassert rett under hvert av vinduene. Denne brannkilden ble valgt for å simulere for eksempel inventar som kan være plassert i nærheten av vinduet.

For denne testen ble det på forhånd vurdert at utvendig termografering ville gi de nødvendige registreringene for hvilken belastning som ble påført vinduene, se figur 13. For å begrense utgiftene for termoelementer ble temperaturregistrering således ikke gjennomført inne i dette testrommet.

Termoelementene som var montert i testrom 2 loggførte temperaturutviklingen i det rommet når branntesten i testrom 3 ble gjennomført, se figur 14.



Figur 11: Innvendig test av plastvinduer

Før branntesten ser vindusflatene ut som vanlige vinduer av glass.



Figur 12: Rom 3 – brannlast

Brannkilden under hvert vindu ble av brannvesenet antent samtidig, ved å tenne på en standard krybbe.

8.2.2 Observasjoner branntest 1

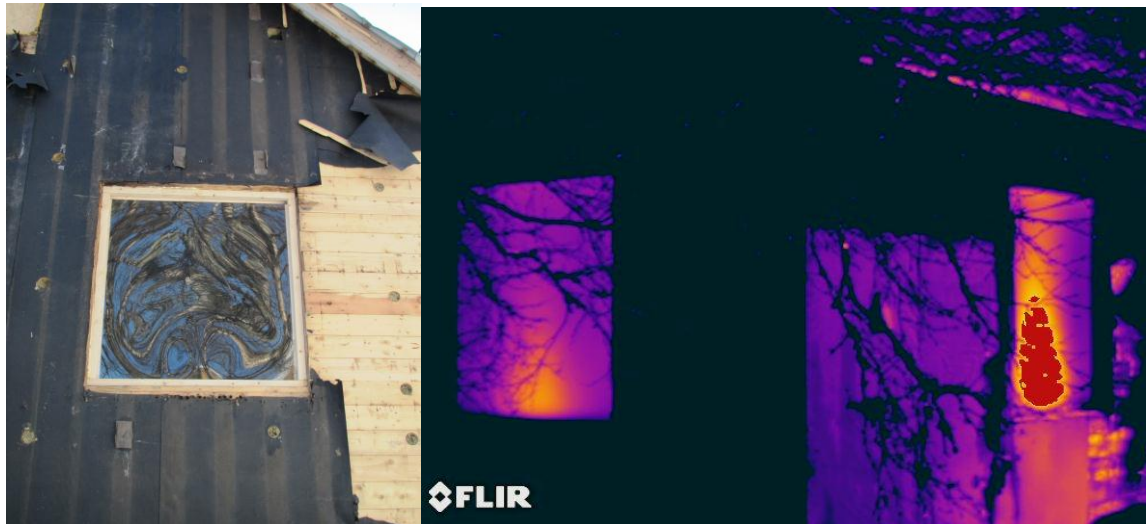
Det var plassert et sett med totalt tre web-kameraer inne i rommet for å kunne overvåke utviklingen på en sikker plass fra utsiden av bygningen. Da disse ikke var fastmontert ble kameraene dessverre flyttet på i oppstarten av testen hvilket førte til at kameraene ikke klarte å registrere utviklingen av brannene slik som planlagt og ønsket.

Følgende observasjoner ble gjort i løpet av denne testen fra utsiden. Se også Bilag H – Testobservasjoner for flere detaljer.

Plastvinduene begynte raskt å bule utover og sige litt nedover, men det ble ikke noen åpninger. Plastvinduene begynte heller ikke å brenne i løpet av branntesten som varte i ca. 10 minutter. Brannvesenet forsøkte å stikke hull på et av vinduene etter avsluttet test, men plasten utvidet seg bare. Vinduet lot seg derfor ikke åpne på en enkel måte.

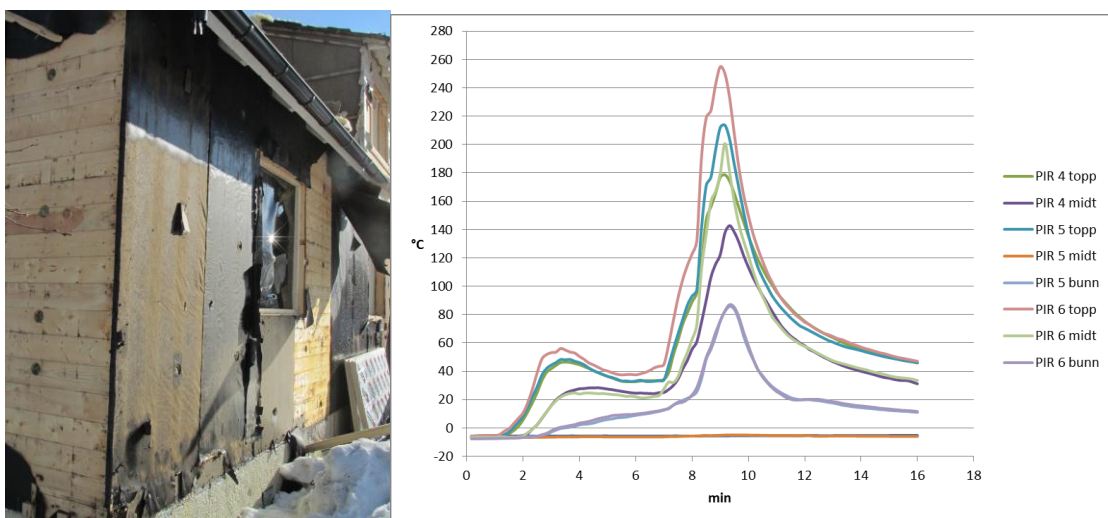
Brannene ved vinduene ble så store at flammene dekket hele vindusflaten, men plastvinduene deltok ikke i brannen. Det var heller ikke noe som tydet på at det ville ha skjedd noe mer ved en eventuelt større brann. Se figurene 13 og 14. Vinduene ble kun noe deformert.

Temperaturregistreringer, se figur 14, som ble gjort i testrom 2 (naborommet), viser tydelig samsvar med observasjonene som ble gjort. Fra disse registreringene kan man også anta at temperaturen i testrommet har vært relativt høy.



Figur 13: Innvendig branntest

Vinduene deltok ikke i brannen. Termografbildet er tatt av SINTEF NBL, ca. 5 min etter brannstart. Solen skinte mot veggen på høyre side med polykarbonatvinduet, hvilket førte til at denne fasaden hadde en høyere overflatetemperatur.



Figur 14: Innvendig branntest

Vinduene har utvidet seg og seget noe, men ellers er de like hele som før brannen. Dette vinduet ble forsøkt presset hull i av brannvesenet etter avsluttet test uten å lykkes. Temperaturregistreringene er gjort i naborommet.

8.2.3 Drøfting branntest 1

De to plastvindueene, et av akryl og et av polykarbonat, som ble branntestet brant ikke som forventet. Vindueene utvidet seg kun noe og ble litt deformerte. De deltok ikke i brannen og de førte ikke til noen brannspredning. Det er usikkert om en større og mer langvarig brann ville ført til at de hadde begynt å brenne. Branntesten varte i ca. 10 minutter.

Det var ikke mulig for brannvesenet å åpne dem ved å trykke hull på vindueene. Dette var uventet og kan ha stor betydning i en reell brann. Dette vil føre til at det blir vanskelig for brannvesenet å enkelt lufte ut røygasser for å hindre videre brannspredning i en bygning med plastvinduer.

Brannlasten som ble valgt for dette rommet førte i utgangspunktet ikke til overtenning i rommet. Det ble derfor nødvendig for brannvesenet å påføre mer energi i form av skumplastmadrassbiter etter ca. 7 minutters testtid. Den totale brannlasten er derved ikke helt kjent. Svakheteene ved denne testen var at brannbelastningen ikke var godt nok tilpasset rommets volum og åpningsareal for tilluft slik at varigheten og brannutviklingen ble mindre enn ønsket.

8.3 Branntest 2 – Plastmaterialer i et rom

Hvilke materialer: 70 mm PIR isolasjonsplater, 100 mm PUR sandwichpaneler og PVC himlingsplater. Det originale gulvet ble beholdt uendret, da det var et klikklaminatgulv som mest sannsynlig hadde en type plastoverflate.

Hvordan ble de montert: Himlingen ble montert direkte mot den eksisterende himlingen ved hjelp av aluminiumsskruer i henhold til monteringsveiledningen. Isolasjonene ble festet direkte til veggene i henhold til deres respektive monteringsveiledninger.

Hvilken startbrann: Brannkilden var fire trefiberplater (10x10 cm) som var dynket med 1,5 dl heptan og lagt i en tynn plastpose i hver av de to testhjørnene. I tillegg ble etter noen minutter en bit (ca. 40x40 cm) skumplastmadrass lagt i hvert hjørne av brannvesenet.

Hvorfor er de valgt: Denne typen materialer er i økende bruk. Det er uenighet om plastmaterialer kan ha gode branntekniske egenskaper. I noen rapporter er det vist til at plastprodukter kan ha minst like gode branntekniske egenskaper (om ikke bedre) som tradisjonelle trematerialer.

Hva kan man få ut av det: Hvor raskt vil en innvendig brann spre seg / gå til overtenning i et rom der det er brukt plastprodukter.

Forventet brannutvikling: Det er ønsket å la brannen gå til overtenning for å se på oppførselen til plastproduktene.

Se også bilagene E - I for mer utfyllende informasjon om materialene og branntesten.

8.3.1 Testoppsett branntest 2

I testrom 2, se også Bilag E – Figurer branntester, ble 1,5 vegg isolert med 100 mm PUR sandwichpaneler, og 1,5 vegg ble isolert med 70 mm PIR-isolasjon. Se figur 15. PIR-isolasjonen ble ikke, mot normalt, tildekket med noen kledning. Dette ble valgt å gjøre for å se hvilken effekt en direkte branneksplosjon ville ha på isolasjonsplatene.

Sandwichpanelene hadde en stålplate på hver side av PUR-isolasjonen og var således ferdig kledd ved monteringen.

Det ble valgt å ha 1,5 vegg av hver isolasjon for å få et hjørne der initialbrannen skulle plasseres. Dette ble gjort for å kunne sammenligne med brannlasten som er påført i en "room corner test". Den siste vegg ble beholdt slik den var. Se også Bilag G – for mer utfyllende informasjon.

Det ble brukt en standard startkrybbe, lik tennkilden i test 1, i hver av de to hjørnene som brannenergi sammen med et par biter av skumplastmadrasser som ble lagt på av brannvesenet etter ca. 3 minutter.



Figur 15: Innvendig test, plastmateriale

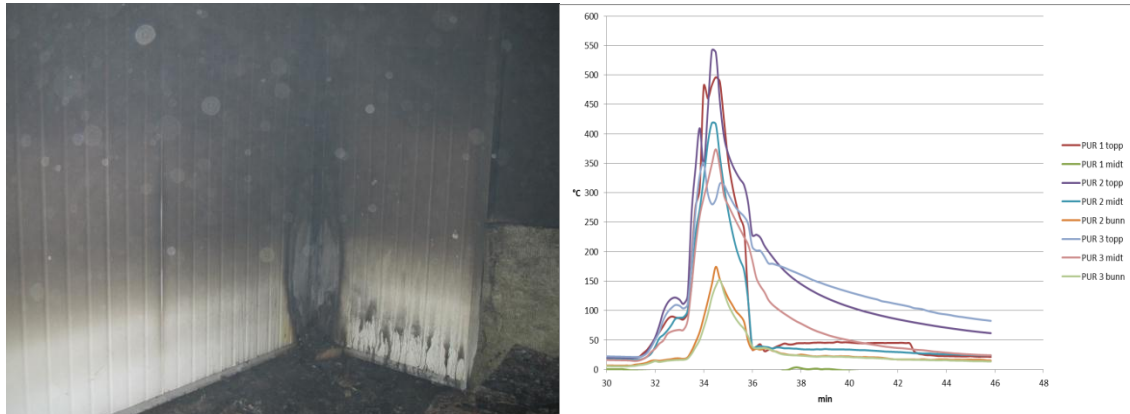
Plasthimling samt to typer av isolasjon, PIR og PUR, ble montert i henhold til monteringsveiledningene i testrom 2.

8.3.2 Observasjoner branntest 2

Observasjonene som ble gjort i løpet av denne testen var utført av brannvesenet. Se Bilag H – Testobservasjoner for flere detaljer.

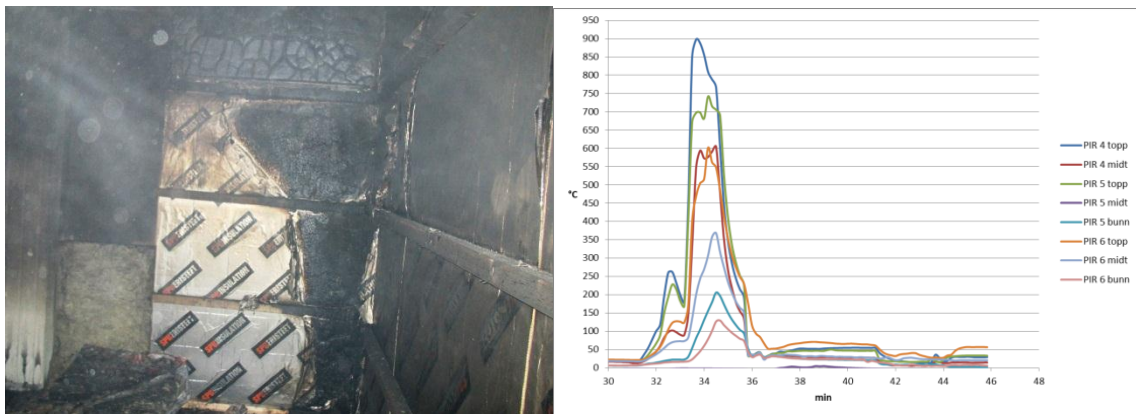
PIR-isolasjonens overflate brant, det samme gjorde plasthimlingen. Sandwichpanelene deltok derimot ikke i brannen. Rombrannen var enkel å slokke etter overtenningen.

Brannen i rommet gikk til overtenning etter at det ble lagt på mer energi i form av en skumplastmadrassbit i hvert hjørne. I tillegg deltok overflaten til PIR-isolasjonen og plasthimlingen i brannen. De ekstra madrassbitene ble lagt på etter ca. to minutter, og overtenningen kom kort tid etter det. Brannvesenet startet slokkingen etter ca. fem minutter. Se figurene 16 – 18, bildene er tatt etter brannen. Temperaturutviklingene som er registrert i rommet i løpet av testen er også vist her. Se også Bilag I – Temperaturregistreringer for mer informasjon.



Figur 16: Innvendig branntest

Sandwichpanelene med stålplateledning deltok ikke i brannen. Grafene fra både denne og de andre testene viser tydelig når brannvesenet la på den ekstra brannlasten.



Figur 17: Innvendig branntest

Overflaten til PIR-isolasjonen deltok i brannen, mens selve isolasjonen forkullet mer enn den deltok. Overflaten bestod av en aluminiumsfolie med en tynn plastfilm. Grafen viser tydelig en høyere temperatur på denne siden av rommet.



Figur 18: Innvendig branntest

Plasthimlingen deltok i brannen, og brant tilnærmet helt opp. Brannvesenet oppfattet det som om plasten rant ned fra taket.

8.3.3 Drøfting branntest 2

Brannlasten som ble valgt for dette rommet førte til at det ble overtenning i rommet, men først etter at brannvesenet hadde påført mer energi i form av skumplastmadrassbiter etter ca. 2 minutters testtid. Overflaten til PIR-isolasjonen og himlingsplatene bidro også til brannlasten, den totale brannlasten i rommet er derved ikke kjent. Svakheten ved denne testen var at åpningsarealet for tilluft var meget lite, kun døråpningen, og at det var relativt stor røykproduksjon. Dette førte til at det ble vanskelig for brannvesenet å styre utviklingen, men temperaturregistreringen viser at brannen gikk til overtenning slik som ønsket.

Overflaten til PIR-isolasjonen, som ikke var tildekket, brant mens isolasjonen forkullet og deltok mest sannsynlig ikke direkte i brannen. Overflaten brant således opp og produserte en del energi, isolasjonen forkullet mest. Sandwichpanelene med den stålplatetildekkede PUR-isolasjonen deltok ikke i brannen. Plasthimlingen smeltet og brant raskt og fullstendig opp.

Overteningen i rommet kom allerede etter ca. 3 minutter. Materialeegenskapene var som forventet med unntak for himlingen. For i henhold til materialgodkjenningen for himlingsmaterialet skulle det ikke oppstå noen brennende dråper, hvilket det raskt gjorde i denne testen etter uttalelse fra brannvesenet.

8.4 Branntest 3 – Trematerialer

Hvilke materialer: De originale materialene som var i rommet ble brukt i denne referansetesten. Det var malt strietapet på sponplater på veggene og en fasthimling av malte sponplater. I dette rommet var det originalt et betonggulv, som ble tildekket med ubehandlede kryssfinerplater.

Hvordan ble de montert: Det ble ikke gjort noen endringer eller tilleggsmonteringer i dette rommet utover kryssfinerplater som ble lagt løst direkte på gulvet.

Hvorfor ble de valgt: Det var ønsket å bruke tradisjonelle trematerialer som referanse og sammenligne disse med plastmaterialene i den andre testen.

Hvilken startbrann: Brannkilden var fire trefiberplater (10x10 cm) som var dynket med 1,5 dl heptan og lagt i en tynn plastpose i to hjørner, helt tilsvarende som i test 2. I tillegg ble to skumplastmadrassbiter (ca. 40x40 cm) lagt i de to hjørnene av brannvesenet etter ca. to minutter.

Hva kan man få ut av det: Hvor raskt vil en innvendig brann spre seg / gå til overtenning i et rom der det er brukt tradisjonelle trematerialer.

Forventet brannutvikling: Det er ønsket å la brannen gå til overtenning for å se på oppførselen til de originale trematerialene.

Se også bilagene E - I for mer utfyllende informasjon om materialene og branntesten.

8.4.1 Testoppsett branntest 3

Veggene og himlingen har de originale materialene i testrom 1, se figur 19 samt Bilag F – Tegning for mer informasjon. Rom 1 ble branntestet slik det var originalt, med unntak for at betonggulvet ble dekket med kryssfinerplater. Disse platene ble lagt på

gulvet for å simulere et tregulv og for å isolere mot eventuelt varmetap via betonggulvet.

Det ble brukt en standard krybbe i to hjørner som brannenergi, likt tennkildene i test 2, men her sammen med to ekstra biter av en skumplastmadrass i hvert hjørne. Høyden til himlingen i dette rommet varierte mellom 2,3 m og 2,7 m. Dette gjør at volumet som ikke ble registrert med termoelementer var $2,16 \text{ m}^3$. Det antas at dette resulterte i at det ble en forsinkelse i temperaturutviklingen med ca. ett minutt. Se Bilag G – for mer utfyllende informasjon.



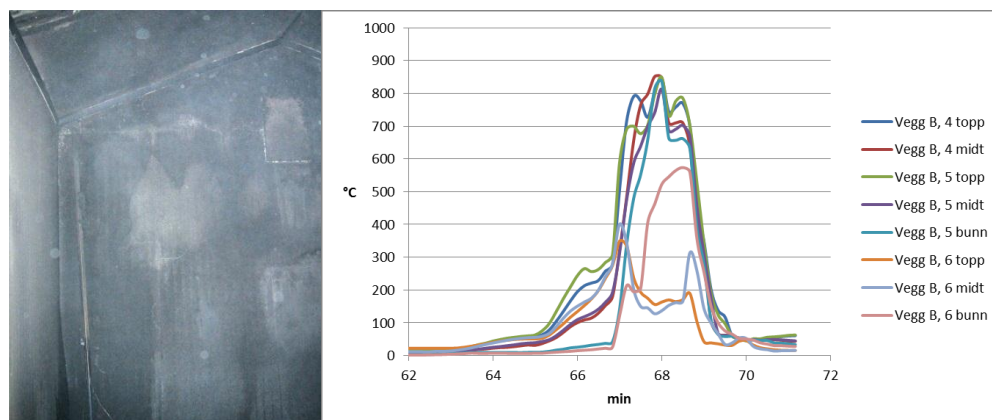
Figur 19: Innvendig branntest

Vindusåpningen ble, likt som i rom 2, tett med steinullplater.

8.4.2 Observasjoner branntest 3

Følgende observasjoner ble gjort av brannvesenet i løpet av denne testen. Se Bilag H – Testobservasjoner for flere detaljer.

Overflatene i rommet brant som forventet, og det ble overtenning i rommet etter at brannvesenet la på mer brannlast i form av skumplastmadrassbiter. Brannen i denne testen utviklet seg litt saktere og i et mindre omfang sammenlignet med PIR-overflaten i rom 2. Se figur 20 for å se hvordan rommet så ut etter brannen samt temperaturregistreringen som er gjort i løpet av brannen.



Figur 20: Innvendig test

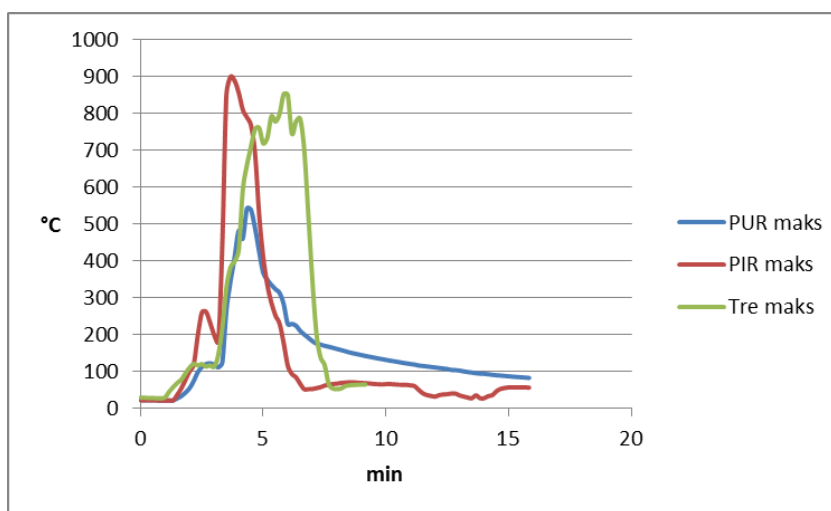
Materialene i testrom 1 deltok i liten grad i brannen, omtrent som forventet. Det er vanskelig å se på bildet, men det ble kun en mindre innbrenning i trematerialene. Temperaturgrafen viser at noen av målepunktene plassering mest sannsynlig ble forstyrret ved påføringen av den ekstra brannlasten.

8.4.3 Drøfting branntest 3

Trematerialer brenner som forventet og rommet gikk til overtenning på lignende måte som i testrom 2. Litt ekstra tilskudd av brennbart materiale ble lagt på for å få overtenning. Dette ble mest sannsynlig gjort før det egentlig var nødvendig.

Brannlasten som ble valgt for dette rommet førte til at det ble overtenning i rommet, men først etter at brannvesenet hadde påført mer energi i form av to skumplastmadrassbiter etter ca. 3,5 minutters testtid. Svakheten ved denne testen var at åpningsarealet for tilluft var meget lite, kun døråpningen. I tillegg ble termoelementene flyttet fra testrom 2 til rom 1 av brannvesenet på grunn av at bygningen var helt røykfylt. Etter branntesten ser man også at noen av stavene som termoelementene var montert på lå nede på gulvet. Med utgangspunkt i temperaturregistreringene kan det tyde på at disse ble forstyrret når brannvesenet gikk inn for å slokke brannen. En snittemperatur vil derved ikke være relevant å beregne eller å bruke for å sammenligne temperaturer fra branntestene 2 og 3. Det er derfor valgt å se på den maksimale temperaturen i disse to rommene.

Overteningen i rommet kom etter ca. 4,5 minutter, og hvis man fjerner ca. 1 minutt fra dette på grunn av større takhøyde i dette rommet, er forskjellen mellom rom 2 og 1 på kun ca. 1 minutt. Dette gir således en så pass liten forskjell mellom trematerialer og plastmaterialer at det er mulig å tolke resultatet i begge retninger, se figur 21. Hvis PUR-isolasjonen hadde vært kledd, slik den ville vært i virkeligheten, kunne det ha vært slik at trematerialene ville ha oppvist dårligere egenskaper enn plastmaterialer spesielt i forhold til registret temperatur og tid til overtenning. Varigheten til testen var imidlertid mer i forhold til den brannlasten som var i rommet og ikke byggevarene. Brannvesenet slokket brannen før materialene bidrog i brannen slik at det blir vanskelig å konkludere helt sikkert.



Figur 21: Temperatursammenligning av branntest 2 og 3

Utvikling av maksimal temperatur i branntestene 2 og 3 var overraskende like. Temperaturutviklingen stemmer godt overens med de visuelle observasjonene som ble gjort under brannene.

8.5 Branntester 4 a-c – Utvendig fasader

Hvilke materialer: Tilsvarende isolasjonstyper som innvendig samt to typer av PVC plasthimlinger. For spesifisering av de tre fasadetestene se testoppsettet for hver enkelt test.

Hvorfor ble de valgt: Disse materialtyper er relativt vanlige og vil mest sannsynlig bli ennå mer vanlige å bruke her i Norge. Både som en del av et uterom, innglasset balkong, men også som en del av en svalgang. Det var derfor interessant å se hvordan disse byggevarene av plast oppførte seg sammenlignet med mer tradisjonelle materialer. "Uterommene" ble planlagt bygget opp helt like i de tre testene, slik at det kun var de ulike veggmaterialene som varierte. Dette ble dessverre ikke mulig på grunn av at de materialer som ble levert fra produsenten ikke tillot det. To av "uterommene" ble bygget opp helt like, mens det tredje hadde både et annet type tak og en større dimensjon. For mer informasjon se Bilag G – Testinformasjon.

Hva kan man få ut av det: Hvor raskt vil en utvendig brann spre seg inn i en bygning via vindu/raft? Når vil utvendig isolasjon begynne å bidra i en brann? "Uterommene" kunne muligens også sammenlignes med brannspredningen på en svalgang eller i en innglasset balkong, hvis det hadde blitt montert vegger. På grunn av at det var begrenset tid for montering, lot dette seg ikke gjøre å montere noen vegger.

Forventet brannutvikling: En begrenset brann under terrassetaket før den vokser og sprer seg oppover og tilslutt inn på loftet.

Hvilken startbrann: Brannlasten var en standard søppelbeholder av HDPE plast med to madrassbiter (ca. 30x150 cm). Det er oppgitt i (Total Produktkatalog) at alle PWS søppelbeholdere er laget av HDPE (high density polyethylene). Dette er en gjenvinnbar plast som er UV-bestendig og slagfast. Den tåler temperaturer fra -40 °C til +80 °C. Materialet inneholder ingen miljøfarlige tilsetningsstoffer. Brannen ble antent i en standard krybbe bestående av 4 stykk 10x10 cm trefiberplater som var dynket med 1,5 dl heptan og lagt i en tynn plastpose. Det var ønsket å få bruke samme dimensjon på søppelbeholderne, men det ble levert to ulike dimensjoner. I testene 4a og 4b ble det brukt en søppelbeholder på 240 liter og i test 4c ble det brukt en søppelbeholder på 140 liter. For å sikre at brannene ikke slokket på grunn av for lite oksygen ble det boret to hull nederst i hver av søppelbeholderne.

Se også bilagene E - I for mer utfyllende informasjon om materialene og branntestene.

8.5.1 Testoppsett branntest 4a

Hvilke materialer: 100 mm PUR sandwichpaneler med stålplatekledning på begge sider. Uisolert terrassetak av PVC over en søppelbeholder av plast.

Hvordan blir de montert: Panelene ble skrudd fast direkte mot den eksisterende veggkonstruksjonen. Se figur 22. Monteringen ble gjort i henhold til monteringsveiledningen av egne montører. Det ble bygget et enkelt bjelkelag til terrassetaket.



Figur 22: Utvendig branntest, 4a

Prøvematerialene var 100 mm PUR-sandwichpaneler samt uisolert PVC terrassetak. Brannlasten var en standard 240 liter søppelbeholder sammen med noen biter av skumplastmadrasser.

8.5.2 Observasjoner branntest 4a

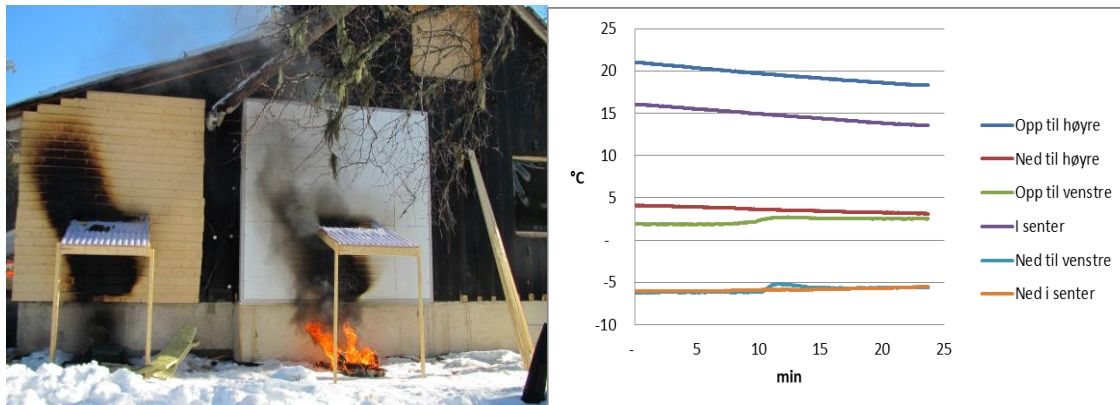
Følgende observasjoner ble gjort av terrassetaket, fasaden, søppelbeholderen og selve brannen. Se Bilag H – Testobservasjoner for flere detaljer.

Brannen tar godt tak i beholderen og madrassbitene slik at plasttaket begynner å smelte. Beholderen smeltet raskt og brant helt opp uten at det førte til noen brannspredning videre. Se figurene 23-24. Brannbelastningen på fasaden varte i kun ca. 4,5 minutter.



Figur 23: Utvendig branntest, 4a og 4b

Brannene ved fasadene med PUR-sandwichpaneler (test 4a) og PIR-isolasjon bak trekledning (test 4b) ble startet samtidig.



Figur 24: Utvendig branntest, 4a

PIR-isolasjonen ble sløkket, mens søppelbeholderen ved PUR-sandwichpanelene fikk brenne litt lenger (ca. 7 min.). Dette ble gjort for å se på effekten av denne brannlasten og hvordan den utviklet seg. Grafen viser at mest sannsynlig har den innvendige branntesten varmet opp veggen, og at det etterpå er en kontinuerlig avkjøling.

8.5.3 Drøfting branntest 4a

Sandwichpanelene deltok ikke i brannen. Det kan ha hatt betydning for resultatet at søppelbeholderen raskt falt sammen og bort fra fasaden at det ble en kort påkjenning på fasaden. Det ville ha vært nødvendig med en større og mer langvarig brann hvis det skulle hatt noen stor effekt, se figur 27 for temperaturutviklingen og figur 31 fra den endelige nedbrenningen.

Brannen i søppelbeholderen i denne testen ble ikke sløkket før etter at den var helt smeltet. Dette ble gjort for å se om brannen ville ta seg opp igjen som en væskebrann. Det ble ikke registret noen tendenser på at brannen ville vokse seg stor igjen som en væskebrann. Grunnen til dette kan være at brannen ble sløkket for tidlig, eller at søppelbeholderen sto direkte på den kalde snøkleddde marken. Det var heller ikke noen vegger på sidene av "uterommet" og rundt søppelbeholderen som samlet opp de varme gassene.

Terrassetaket smeltet slik at det ble et hull like over brannen, hvilket ført til at branngassene ble sluppet ut. Det er derfor usikkert om effekten av eventuelle vegger ville ha hatt stor betydning. Terrassetaket brant ikke med flammer, og fra observasjonsplassen ble det heller ikke observert noen brennende dråper. Avstanden var dessverre relativt lang så det kan ikke helt utelukkes at det oppstod brennende dråper.

8.5.4 Testoppsett branntest 4b

Hvilke materialer: 70 mm PIR-isolasjon kledd med ubehandlet trekledning. Uisolert terrassetak over en 240 liter søppelbeholder av plast med noen madrassbiter.

Hvordan ble de montert: Isolasjonen ble skrudd fast direkte mot bygningens yttervegg. Montering av isolasjonen ble gjort i henhold til monteringsveiledningen av teknikker fra SINTEF NBL. Isolasjonen ble dekket med en standard luftet furutrekledning. Det ble bygget et enkelt trebjelkelag til terrassetaket. Se figur 25.



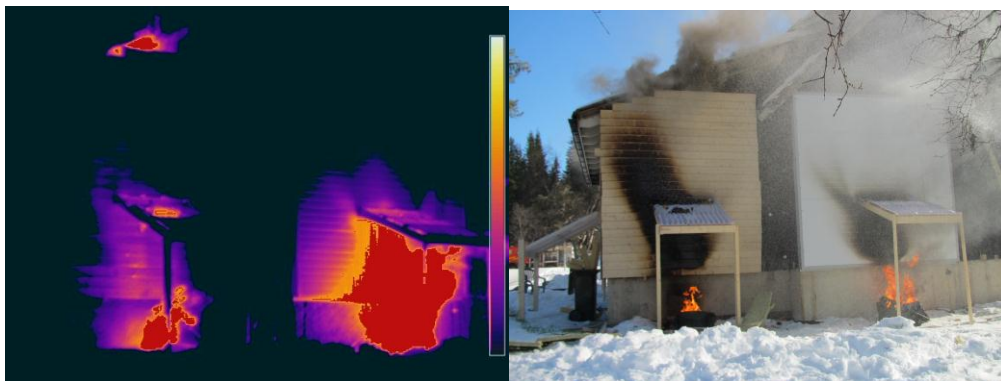
Figur 25: Utvendig branntest, 4b

Branntest av PIR-isolasjon med trekledning, samt et uisolert PVC terrassetak. Det var i alle branntestene (4a-c) omtrent like langt fra søppelbeholderne opp til de respektive fasadene og til terrassetakene.

8.5.5 Observasjoner branntest 4b

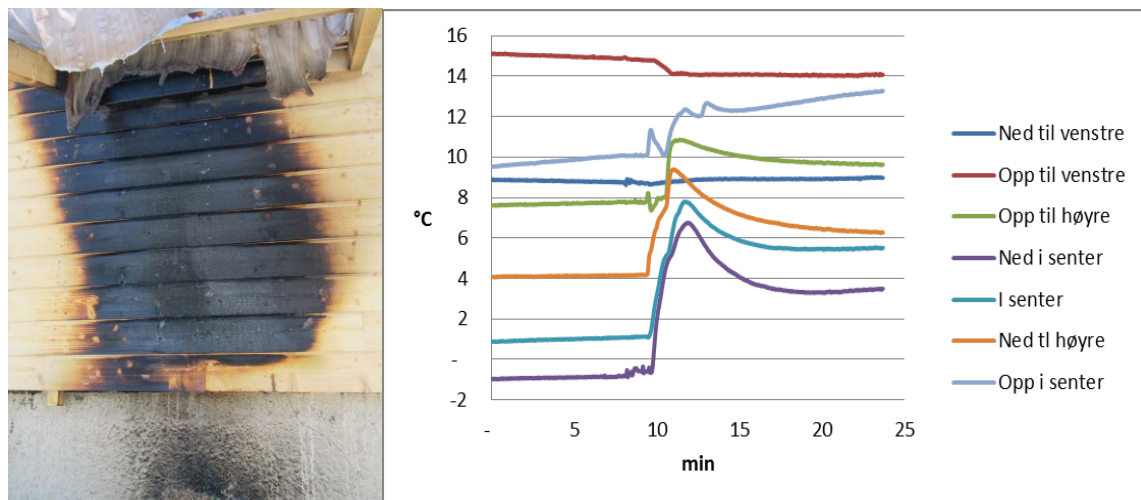
Følgende observasjoner ble gjort av terrassetaket, fasaden, søppelbeholderen og selve brannen. Se Bilag H – Testobservasjoner for flere detaljer.

Søppelbeholderen brant godt, men også denne smeltet bort fra fasaden. Før søppelbeholderen falt sammen begynte trekledningen å få noen stikkflammer, men disse sluttet raskt når flammene kom lenger bort fra fasaden og ble mindre. Se figur 27. Brannbelastningen på fasaden varte kun i ca. 4,5 minutter. Derimot begynte overflaten til isolasjonen bak kledningen å brenne. Brannvesenet følte at det ble nødvendig å slokke denne brannen slik at den ikke ville spre seg inn på loftet og starte en brann inne i bygget. Se figur 26 der man ser tydelig at det var høy temperatur som spredte seg oppover bak trekledningen.



Figur 26: Utvendig branntest, 4a og 4b

Overflaten til isolasjonen bak trekledning har antent. Brannen ble slokket av brannvesenet for å sikre at brannen ikke ville spre seg inn på loftet. Termografbildet er tatt av SINTEF NBL. Begge bildene er tatt omtrent samtidig ca. 4,5 min etter brannstart.



Figur 27: Utvendig branntest, 4b

Terrassetaket smeltet, men deltok ikke i brannen. Trekledningen forkullet, men fortsatte ikke å brenne når søppelbeholderen falt sammen, bort fra trekledningen. Grafen viser at det ble en noe forhøyet temperatur bak kledningen.

8.5.6 Drøfting branntest 4b

Overflaten til PIR-isolasjonen, bak trekledningen, brenner mest sannsynlig mens isolasjonen kun forkuller likt som i den innvendige brannen. Dette kunne dessverre ikke verifiseres etter branntesten grunnet tidsbrist. Brannvesenet ønsket å starte selve nedbrenningen av bygningen så tidlig som mulig på ettermiddagen. Dette hindret nedrivning og kontroll av de bakenforliggende materialene etter branntesten. Det hadde også vært interessant om man hadde hatt mulighet til å la brannen bak trekledningen utvikle seg litt mer før den ble sløkket. Dette for å se om brannen kunne bli så stor at den hadde klart å spre seg inn på loftet.

Terrassetaket oppførte seg helt likt som i branntest 4a. Taket smeltet uten å brenne og det ble ikke observert noen brennende dråper. De varme røykgassene ble effektivt luftet ut både gjennom hullet som oppstod i terrassetaket samt til sidene da det ikke var noen vegger rundt søppelbeholderen. Konstruksjonene i branntest 4a og 4b kan muligens sammenlignes med en godt ventilert svalgang, men ikke med en innglasset balkong eller et uterom.

8.5.7 Testoppsett branntest 4c

Hvilke materialer: Vanlig luftet trekledning ble montert på trelekter mot den originale ytterveggen. Dette feltet ble ikke isolert. Et 16 mm isolert terrassetak ble montert over en 120 liter søppelbeholder av plast. Se figur 28.

Hvordan ble det montert: Trelektene ble skrudd fast til den eksisterende veggkonstruksjonen. Liggende trekledning ble spikret fast til trelektene.



Figur 28: Utvendig branntest, 4c

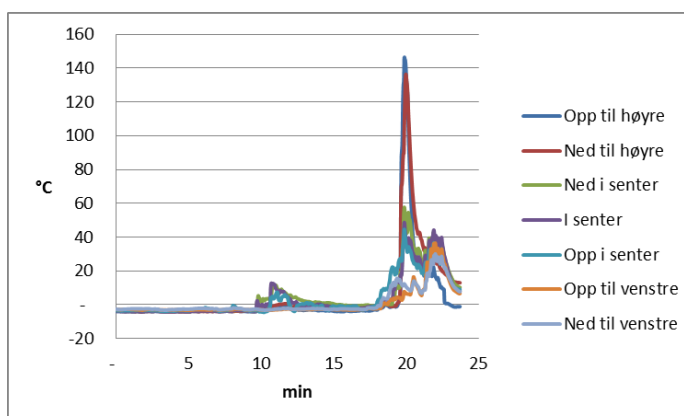
Terrassetaket som ble montert mot trefasaden var av en isolert type med fire luftkanaler. Søppelbeholderen i denne brannen var mindre enn i de andre to fasadetestene, denne hadde kun et volum på 140 l, men den hadde samme mengde med skumplastmadrasser som i de andre to søppelbeholderne.

8.5.8 Observasjoner branntest 4c

Følgende observasjoner ble gjort av terrassetaket, fasaden, søppelbeholderen og selve brannen. Se Bilag H – Testobservasjoner for flere detaljer.

Etter at denne søppelbeholderen var antent kom det flammer opp langs trekledningen, helt til beholderen raskt falt sammen. Denne søppelbeholderen falt raskere sammen enn de to andre som var noe større. Etter at den falt sammen kom det noen mindre stikkflammer inn bak trekledningen. Brannbelastningen på fasaden varte kun i ca. 3 minutter. Visuelt skjer det ikke noe spesielt og brannen blir slokket etter mindre enn fem minutter, men ved hjelp av termokameraet og temperaturregistreringene sees det tydelig at det var forhøyet temperatur som spredte seg oppover bak trekledningen. Se figur 29.

Terrassetaket løftet seg kun litt og trekledningen ble noe svidd, utover det kunne man ikke se noen brannskader på denne fasaden.



Figur 29: Utvendig branntest

Grafen viser at det ble en forhøyet temperatur i luftrommet bak trekledningen grunnet branntest 4b mellom 10 og 12 min. og i løpet av branntest 4c mellom 18 og 23 min.



Figur 30: Utvendig branntest

Det var ikke noe spesielt som inntraff i denne brannen, annet enn at søppelbeholderen brant opp. Termografbildet er tatt av SINTEF NBL. Begge bildene er tatt ca. 2 minutter etter brannstart. På termografbildet ser man tydelig at varme gasser har spredt seg inne i hulrommet bak trekledningen og kommer ut øverst mot raftet.

8.5.9 Drøfting branntest 4c

Denne brannen klarte ikke å antenne trekledningen, men med en større og mer langvarig brann kunne brannen muligens ha utviklet seg i hulrommet bak trekledningen på en slik måte at brannen hadde spredt seg inn på loftet.

I forbindelse med slokkingen av test 4b hadde noe vann blitt sprayet over denne fasaden. Dessverre var trekledningen på denne fasaden litt fuktig. Dette sammen med at det var en mindre søppelbeholder i denne testen hadde selvfølgelig betydning for utviklingen til brannen.

Terrassetaket begynte bare så vidt å utvide seg noe i løpet av denne brannen. Brannpåkjenningen ble for liten, og for kortvarig for at den hadde noen effekt på terrassetaket. I løpet av nedbrenningen av hele bygningen etterpå, smeltet dette taket, løsnet fra takkonstruksjonen og hang ned fra bjelkelaget. Se figur 31.



Figur 31: Nedbrenning av bygningen

Bildet er tatt mot slutten av den endelige nedbrenningen av bygningen. Her ser man tydelig at veggene med tilleggisolasjon hadde en bedre brannmotstandsevne enn den originale vegg med kun luftet trekledning. Man ser også at det isolerte terrassetaket kun smelter uten at det direkte deltar i brannen.

8.6 Oppsummering testresultater

Med utgangspunkt i de branntestene som ble gjort i forbindelse med denne oppgaven kan man oppsummere at det var vanskelig å få antent og brent de typene av byggevarer av plastmaterialer som ble brukt her. Det var kun plathimlingen inne i rom 2, samt overflaten til PIR-isolasjonen som bidro noe i brannene. Det kan argumenteres med at det ikke var nok brannlast for å antenne materialene og mest sannsynlig for liten ventilasjonsåpning innvendig for å få til de store brannpåkjenningene. De innvendige brannene gikk til overtenning slik som planlagt og de ble slokket av brannvesenet. I de utvendige branntestene var det derimot forhold som at det var kaldt, både i luften og på marken, hvilket førte til at det ble stor avkjøling til omgivelsen. Brannbelastningen utvendig var forholdsvis liten, og når søppelbeholderene falt sammen kom de langt fra fasadene.

Et annet forhold som dessverre ikke ble vurdert før testene, var at hver branntest førte til at starttemperaturen inne i rommene og ikke minst inne i veggene ble noe forhøyet før de etterfølgende branntestene startet. Dette er en feilkilde som kunne vært redusert hvis man hadde valgt å bruke rom som ikke lå helt inntil hverandre og om fasadetestene hadde blitt utført på motsatt side av bygningen. I utgangspunktet ville dette ha ført til at det ville blitt mindre risiko for antennelse og kanskje bedre resultater.

Ved å sammenligne plastmaterialer og trematerialer i de innvendige testene, vil man kunne si at de materialene som ble brukt har tilnærmet lik brannutvikling. Hadde for eksempel PIR-isolasjonen hatt en annen overflate ville mest sannsynlig trematerialene oppvist dårligere brannegenskaper enn plastmaterialene i forhold til temperatur og tid til overtenning.

Angående de utvendige brannene kan man konstatere at det var vanskelig å antenne fasadematerialene som ble brukt, og at en søppelbeholder langt ifra alltid er tilstrekkelig for å antenne en fasade. Dette er også vist i en virkelig brann i Avaldsnes, se figur 32. I dette nyhetsoppslaget blir det vist til at brannen spredte seg til trekledningen, men ikke videre inn i bygget. Brannen ble varslet av utenforstående personer og brannvesenet var raskt på stedet. Dette resultatet likner det som ble registret i de branntestene som ble gjort i forbindelse med denne oppgaven.

Hvorvidt det ble brukt rett type søppelbeholder med rett innhold for å utvikle den verst tenkelige brannen kan diskuteres. Brannskyddsföreningen i Sverige har vurdert dette spesielt, se figur 33. De poengterer at brannen ble mye mer intens når søppelbeholderen var tom. Årsaken er at det da blir en mer effektiv væskebrann. Innholdet i søppelbeholderen kan redusere risikoen for væskebrann. Denne effekten ble ikke oppnådd i de branntestene som ble gjort i forbindelse med denne oppgaven, selv om søppelbeholderne var tilnærmet tomme.



Figur 32: Brann i en søppelbeholder

I Haugesunds avis (Nilsen, 2013) er forholdene ved en brann i en søppelbeholder beskrevet. Av bildet ser man at brannen ikke spredte seg inn i bygget eller videre til den andre søppelbeholderen. Foto: Kristian Eidsvik.



Figur 33: Brann i en søppelbeholder

I Sverige har Brandskyddsföreningen branntestet søppelbeholdere med og uten innhold, og de har utarbeidet en film som viser brannutviklingen (Brandskyddsföreningen).

9 Diskusjon

Formålet med denne masteroppgaven var å forsøke å få svar på spørsmålet, *"Kan man med god nok sikkerhet identifisere de branntekniske problemområdene som fins ved bruk av plast i bygninger og som har betydning for brannvekst og brannspredning?"*

Etter å ha arbeidet med denne oppgaven er det tydelig at man i tillegg kan spørre, *"Hvorfor er det så stor uenighet om hvilke brannegenskaper plastmaterialer har?"* og *"Hvorfor har man ennå ikke løst dette problemet?"*.

En årsak til hvorfor det er stor uenighet kan være at det oftest kun blir brukt fellesnavnet *plast* for alle typer av plastmaterialer. Dette vil naturligvis føre til at man har ulik erfaring med plastmaterialer. Det er ikke bare mange ulike egenskaper på de ulike plastmaterialene, men materialene blir i tillegg utformet og brukt under helt ulike forutsetninger hvilket gjør at de oppfører seg forskjellig i en brann.

Hvorfor man ikke har løst problemet med bruk av plast er vanskelig å ha et konkret forslag til svar på. Det er forsket relativt mye på problemstillingen over en lang periode. Det kan være slik at når det hele tiden blir utviklet nye plastmaterialer som blir brukt på nye måter fører det til at forskningen har vanskelig for å følge med i den raske utviklingen. Alternativt kan det være at det er få, eller ingen, forskningsprosjekt som har vurdert bruk av plast i et helhetlig og større perspektiv.

Hovedspørsmålet i denne oppgaven var det også vanskelig å svare på, men nedenfor er det gjort et forsøk på å komme med argumenter for å kunne gi noen svaralternativer. Innspillene er gitt med utgangspunkt i de ulike metodene som er brukt i denne oppgaven.

9.1 Forskningen

Forskningen som er gjort er til dels av eldre dato selv om det fins en del nyere rapporter. Med utgangspunkt i den raske utviklingen er det bra at det er flere forskningsprosjekt på gang, men de var dessverre ikke ferdige slik at de kunne inkluderes i denne oppgaven.

Brannteknisk forskning er både vanskelig og dyrt. Når man ønsker å være sikker på at man har både validitet og repeterbarhet i de testene man gjør, innebærer det at man må utføre mange tester. Dessverre er det konkludert med i flere av de rapportene som ble studert at erfaringer fra branntester vanskelig lar seg ekstrapolere eller sammenligne fordi det er benyttet ulike materialer og metoder. I tillegg har forskningen vist at resultatene ikke enkelt lar seg overføre til virkelige branner da det er mange andre forhold i en reell brann som har betydning for de branntekniske egenskapene som plastmaterialene vil ha enn selve plastmaterialet. Derfor er repeterbarheten vanskelig å sikre, for en brann kan aldri bli helt lik en annen. Materialer og konstruksjoner har små variasjoner som gjør at ikke noe produkt er helt likt et annet. Da branntester er destruktive i sin egenskap, kan man ikke bruke materialet eller konstruksjonen i en ny branntest for å verifisere et resultat. Dette er også grunnen til at denne typen forskning gjerne blir meget dyr. Det er i tillegg nødvendig å bruke mye ressurser til montering av materialer og utstyr i forbindelse med hver enkelt branntest.

Forskerne visste tidlig at de ulike typene av plastmaterialer har flere ulike egenskaper, og at noen av dem brannteknisk kan ha tilsvarende egenskaper som trematerialer. Et materiale kan også ha ulike branntekniske egenskaper avhengig av hvilket strålingsnivå

som det blir påført, eller hvilken temperatur det blir eksponert for i brannrommet. Brannegenskapene kan raskt bli mye dårligere ved kun en liten økning av stråling eller temperatur.

I nyere forskning er det i hovedsak fokusert på å vurdere hvordan plastprodukter kan forbedres, brukes og gjenvinnes på en mest mulig miljøvennlig måte. De branntekniske egenskapene har i mindre grad blitt vurdert.

De standardiserte branntestene som er utviklet og som blir benyttet i forskningen er en måte å kunne sikre at man får en god rangering av materialene. De vil derimot ikke gi et eksakt svar på hvordan materialene vil oppføre seg i en reell brann. En slik rangering gjør at man kan foreta et materialvalg som man tror vil bli bra, men helt sikker kan man aldri være før bygningen har brent (*hvilket man håper den aldri gjør*). Man bør til tross for denne usikkerheten fortsette med å brannteste materialer for å sikre mer erfaring. Testene bør videre utformes så nært opp til endelig utforming og bruk som mulig. Dette gjør at variantene ved forskningen kan bli nesten uendelig mange da det er flere forhold som kan ha innflytelse på brannutviklingen.

Plast har vært brukt i et stort omfang og i et vidt spekter av typer materialer og konstruksjoner. Plast er et fellesnavn på mange ulike typer av materialer som har helt forskjellige egenskaper både med hensyn på funksjoner og bruk i bygninger, samt ikke minst på oppførsel i en brann. Det er derfor ikke mulig å gi ett svar på om plast kan brukes eller ikke. Årsaken er at det har meget stor betydning hvilke egenskaper materialet har og hvordan det er en del av bygningen for å kunne vurdere hvordan det vil oppføre seg i en brann. Byggevarer av plast har oppvist gode egenskaper i branntester, både i standardiserte og i ad hoc tester. Spesielt om det blir valgt en polymer med gode egenskaper og byggevaren er montert og brukt korrekt. Dette er verifisert i reelle branner.

9.2 Byggeforskriftene

Alle land har en byggeforskrift, men det kan se ut som om hvert land har ulik oppfatning av hva som er riktig eller nødvendig sikkerhetsnivå. De ulike kravene i de ulike landene er vurdert i forbindelse med denne oppgaven. Det bør derfor være relevant å spørre: *Har vi de rette kravene i Norge?* og *Hvor kommer de norske kravene i fra?* Dette er dessverre to spørsmål som det ikke er enkelt å få et konkret svar på. I Norge er det ikke noe tvil om at flertallet av alle branner og ikke minst dødsbranner inntreffer i vår egen bolig. Tallet på omkomne per år er relativt stabilt, selv om 2013 har startet med uvanlig mange boligbranner med et stort antall døde. På tross av dette er det få krav i byggeforskriften for egen bolig. En endring på dette kan muligens redusere antallet omkomne.

I en funksjonsbasert forskrift er det hvilke egenskaper som et material eller konstruksjon har som er det som er viktigst. I forhold til det som har kommet frem i forbindelse med denne oppgaven ser man at det samsvarer godt med det som er erfaringer fra inntrufne branner. Det er ikke viktigst om et materiale er av for eksempel plast eller tre, men hvilke egenskaper de oppviser i en brann.

I branner med mange omkomne er det utestedene som er klart overrepresentert. Da det ikke har inntruffet noen slik hendelse her i Norge kan man tro at reglene for slike

bygninger har et forholdsvis mer realistisk og korrekt nivå enn kravene for boliger. I andre typer bygninger er det både i Norge og i andre sammenlignbare land meget få dødsfall. Verdisikkerheten kan derimot bli vurdert helt annerledes. Her vil nok forsikringsselskapene si at de har store utbetalinger etter branner i mange typer av bygninger og spesielt i næringseiendommer. I forhold til byggevarer av plast vil industri og landbruk mest sannsynlig være de som oftest benytter store mengder av plastmaterialer. Det å vurdere det økonomiske aspektet har ikke vært en del av denne oppgaven, men kunne kanskje være et tema ved en senere anledning.

I byggeforskriftene er det naturligvis ikke angitt noen krav til inventaret, selv om det i flere branner har vist seg at inventaret hadde størst betydning for brannvekst og brannspredning. Det vil være mer eller mindre umulig å angi krav til hvordan man innreder et bygg. Det ville helt klart også ha ført til en for sterk styring av hvordan personer og bedrifter skal bruke sine bygg. Det som derimot vil være mulig, er å gi god informasjon om hvilken betydning inventaret har og øke forståelsen for hvilken effekt inventaret har slik at man selv kan gjøre et godt valg. Dette er ikke noe en byggeforskrift kan eller skal ivareta.

Myndighetene bør derimot vurdere om det skal være krav i byggeforskriften som hindrer at en utvendig brann enkelt kan spre seg inn i et bygg. Spesielt er dette aktuelt for boligbygninger og andre bygninger for overnatting da det har vist seg at utvendig brannstart er et økende problem.

Myndighetene bør også vurdere hvilke krav det kan være relevant å innføre for bygninger som er under oppussing. Det har inntruffet store branner på grunn av aktiviteter som skjer i løpet av en oppussingsperiode.

I nyhetenes reportasjer fra en tilsynelatende helt normal brann med en vanlig brannutvikling som muligens kunne ha spredd seg til nabobygget kan man noen ganger høre reportere og andre personer si at det var en "eksplosiv brann" eller at det var risiko for at det skulle bli en "bybrann". Det er derfor nærliggende å spørre: *Hvilket sikkerhetsnivå kan vi akseptere?*, og *Har vi ulike nivåer for hva vi mener er akseptabelt?* Det oppfattes nesten slik at vi i dag ikke forventer at bygninger vil begynne å brenne, og i hvert fall ikke spre seg fra startbranncellen. Dette på tross av at byggeforskriften angir at en brann med normal innsats fra brannvesenet skal begrenses til den brannseksjonen, ikke nødvendigvis branncellen, som brannen startet i. Det innebærer at med dagens forskrifter kan et bygg normalt kunne oppfattes som tapt hvis det begynner å brenne, og i noen tilfeller også et kvartal da lave bygninger i felleskap kan være en brannseksjon. Dette oppfattes ikke som det nivået som er forventet av allmenheten. Derfor kan det se ut som om kravene i byggeforskriften ikke er i samsvar med hva folk flest tror om brannvekst og brannspredning.

Konklusjonen er at en kombinasjon av forhold må vurderes. Det må bli en bevisstgjøring av allmenheten at vi selv er ansvarlige for vår brannsikkerhet inne i bygningene. Myndighetene må vurdere hvor dagens forskriftskrav kommer i fra, hvorfor de fins og hvilket sikkerhetsnivå de forventes å oppnå.

Gransking av bygningsbranner kan gi en mulighet til å sammenligne og å vurdere hvordan ulike byggevarer av plast deltar i brannutvikling og brannspredning. Det kan gi en mulighet til å identifisere de branntekniske problemområdene som blir knyttet til

plast i bygninger. Basert på dette kan man vurdere om det eventuelt er behov for en revisjon av veiledningen til byggeforskriften (VTEK10), eller om det er en presisering av god utførelse som er nødvendig.

9.3 Metastudiene

De rapporter som er gjort offentlig tilgjengelig oppfattes å være farget av hvilken forventning de som skrev rapporten hadde på forhånd om hvordan plast brenner. Rapportene blir utformet slik at det nesten ser ut som om man fant det man søkte etter. Deres konklusjon stemmer sikkert med brannforløpene, men måten rapportene var utformet på gjorde det vanskelig å finne ut hvilke plastmaterialer som faktisk hadde vært i bruk i byggene. Det blir for enkelt å si at plast er farlig, når hvilket plastmateriale som er farlig ikke blir omtalt i rapporten. Det kan oppfattes slik at det ikke en gang er gjort et forsøk på å finne ut hvilken type plastmateriale som hadde vært brukt. Dette ble i og for seg også angitt som vanlig prosedyre i intervjuene av politiet.

Det var vanskeligere å finne rapporter som var utarbeidet av helt uhildede personer når byggevarer av plast hadde hatt en positiv innflytelse enn når det hadde vært en negativ innflytelse. De fleste positive rapporter om plast og brann var utarbeidet av produsenter. Det er derved vanskelig å vite om konklusjonen ville vært den samme om uavhengige personer hadde utarbeidet rapporten. Dessverre virker det nesten som om det er på samme måte hvis en brann har blitt stor. Da utarbeider myndighetene en rapport som viser til bygningsmessige feil som én enkelt årsak når det mest sannsynlig var flere forhold som førte til at brannen ble så stor som den ble. Det er sjelden kun et forhold som fører til at en brann blir uvanlig stor. Se for eksempel på brannen av Vik Torg, der det var mange forhold som mest sannsynlig førte til at denne brannen ble så stor som den ble, og ikke bare byggevarer av plast som ofte blir trukket frem som en grunn til omfanget av denne brannen.

En kombinasjon av materialer kan også være et problem uten at det fullt ut har blitt forsket på. I en rapport var det for eksempel angitt at brannen begynte å utvikle seg raskt når den kom inn til pappen bak plastisolasjonen og den begynte å brenne. Dessverre blir det ikke videre vurdert hvilken betydning pappen hadde på brannutviklingen. Var det pappen som var årsaken til at brannen ble stor, eller var det kombinasjonen som gjorde utslaget? Dette ble ikke kommentert eller vurdert i rapporten.

En brann som raskt blir sløkket og/eller kun får mindre skader blir sjelden etterforsket. Det er uheldig for det fins lite forskning og undersøkelser på hva som faktisk fungerer i en brann. Det kan finnes byggevarer som brannteknisk er meget gode uten at vi egentlig har noen kjennskap til det, og det gjelder spesielt for byggevarer av plast. Det fins noen få rapporter som viser til gode branntekniske egenskaper, men det er på grunn av at produsenter har bedt om og betalt for at disse brannene spesielt blir etterforsket.

Det er vist i flere rapporter at mange branner starter i ubeskyttet plastisolasjon i forbindelse med oppussingsarbeider. Vanligvis på grunn av åpen ild mot ubeskyttet isolasjon. Det er gjerne i forbindelse med varme arbeider, glo fra fyrverkeri eller sigaretter som kan være årsaken til at materialene begynner å brenne ved et uhell. Den største risikoen med celleplaster ser ut til å være når materialet ikke er ferdig montert og celleplasten er direkte eksponert. Det kan se ut som om at store mengder av brennbar

materiale som ligger lagret på en byggeplass øker risikoen for påsatt brann. En slik brann kan starte grunnet en bevist handling, eller som følge av barns lek med ild. Enkelt oppsummert kan man si at man ikke bør bo i en bygning som er under rehabilitering, i hvert fall ikke uten at det er iverksatt ekstra sikkerhetstiltak.

I flere av de rapportene som ble studert blir byggevarer av plast ikke omtalt som et problem ved brannspredning. Det var i stedet mange andre forhold som hadde større betydning for brannutviklingen enn hva byggevarene av plast hadde hatt.

9.4 Erfaringer fra brannvesener og brannetterforskere

Det er ulik oppfatning om hvor mye plast det er i bygninger – "alle" mener at det er for mye. Mange som arbeider i brannvesenet og politiet har ikke registrert at det er økende bruk av plast – noen mener i stedet at det har blitt mindre. Om det innebærer at det er en mindre mengde plast, mindre synlig plast eller om plasten er mindre brennbar og derfor mindre lagt merke til, eller om det er slik at plastproduktene blir brukt på en bedre måte slik at de ikke har så stor betydning i en brann lenger vites ikke. Det var ikke mulig å få noe konkret svar på hva som var mest sannsynlig.

Politi og brannvesen var enige om at det som har størst betydning for hvor stor en brann blir, og hvor raskt den sprer seg, er hvilken type og mengde inventar det er i startbrannrommet sammen med hvor god oksygentilgang det er. Hvilke typer av bygningsmaterialer det hadde vært i bygget var av mindre betydning.

Byggevarer av plast blir ofte oppgitt å ha liten innflytelse på initialbrannen. Av byggevarer av plast er det først og fremst overflatene som har mye å si for brannvekst og brannspredning. Dette blir også vist i en av branntestene som er gjort i forbindelse med denne oppgaven.

Det er generelt dårlig kunnskap hos politi og brannvesen om hvilke plasttyper som fins. Det ble i tillegg erfart at det var liten interesse for å finne ut hvilke plasttyper som hadde vært brukt for å vurdere hvordan de hadde oppført seg i brannene. Det er derfor lav kunnskap om hvilke plastmaterialer som har bra og hvilke som har dårlige branntekniske egenskaper.

Det begynner å bli vanlig å gjennomføre en kontrollert nedbrenning av bygninger for å redusere miljøpåvirkningen fra slokkevannet. Slokkevannet vil påføre større lokale miljøskader enn de branngassene som produseres. Årsaken er at branngassene tynnes ut i luften. Dette fører til at det er mindre igjen etter en brann å etterforske, hvilket gjør at det blir vanskelig å vurdere egenskapene til byggevarene. Det kan føre til at det blir vanskeligere å finne ut hvorfor, og hva som gjorde at brannen ble så stor som den ble.

Politi og brannvesen viste til andre problemområder enn byggevarer av plast som de mener har mye større betydning og som man bør vurdere effekten av. De ser store problemer med hvilken type inventar som er brukt, og ikke minst bruk av slankere/enklere konstruksjoner som brenner raskere. I tillegg til forholdet med hvilken oksygentilgang det har vært i bygget. For eksempel ser de at balansert ventilasjon som tilfører frisk luft til brannen, er et forhold som har betydning for brannutviklingen og som bør vurderes videre.

9.5 Erfaringer fra fullskala branntester

Brannutviklingen i fullskala branntester er vanskelig å forutse. Det er ofte vanskelig å få med alle de forholdene man ønsker å teste. Med utgangspunkt i de testene som ble gjort i forbindelse med denne oppgaven, kan man oppsummere at de innvendige brannene gikk raskt til overtenning. Dette førte til at det ble nødvendig for brannvesenet å slokke dem. Bygningsmaterialene ble derved ikke i særlig stor grad involvert i brannen. Dette er i og for seg helt likt med de erfaringer som brannvesenet har fra virkelige branner, men det gjør det vanskeligere å vurdere brannegenskapene til byggevarene. Det som ble tydelig i testene var at overflaten kan ha stor betydning for brannutviklingen.

Tid til overtenning i disse testene ble slik som vist i ulike forskningsrapporter. Det blir ofte angitt at det vil gå mellom to til fem minutter før en rombrann går til overtenning, her var det i snitt ca. fire minutter til overtenning.

I de utvendige testene ble brannene ikke så store at materialene hadde noen særlig betydning for brannspredningen. Når det i tillegg var ønsket å gjennomføre flere branntester, var det ikke mulig å la den ene brannen få utvikle seg helt uforstyrret.

De fleste testresultatene viser til erfaringer som gjenspeiler virkelige branner, selv om vi ikke alltid fikk de samme resultatene som vist i forskning eller standard branntester. For eksempel brant og smeltet himlingen i testrom 2 på en helt annen måte enn det som er vist i materialtestene av denne himlingstypen.

Det er videre vanskelig å eksakt vite hvorfor våre søppelbeholdere ikke oppførte seg slik som forventet basert på uttalelser fra politiet, og som vist av Sveriges brandskyddsförening. En grunn til dette kan være at vi ikke hadde noe gulv under, eller vegger rundt søppelbeholderen.

Derimot ble det vist i disse branntestene at brann- og varmespredning i hulrommet bak kledningen ble slik som de finske forskerne ved VTT har vist. Varmespredning går meget raskt og kan bli et problem. I vår test ble det ikke registrert noen stor brann i søppelbeholderen, men det ble uansett en relativt stor temperaturøkning bak kledningen.

9.6 Andre refleksjoner

Flere plastmaterialer er ikke like brennbare som bensin, slik det ofte blir sagt. Noen trematerialer har til og med dårligere branntekniske egenskaper enn en del plastmaterialer. Det er en del som tyder på at alle typer av plastmaterialer blir oppfattet som et og samme materiale med fellesbetegnelsen plast. De får alle en felles skyld når det begynner å brenne.

Det er ikke alle testmetoder som fungerer for alle materialkombinasjoner. For eksempel vil en test i konkalorimeteret ikke alltid kunne overføres til resultater i SBI, en SBI-test kan heller ikke overføre videre til fullskala. Det er også vist at det har stor betydning hvilken stråling som blir brukt i branntesten for hvilke testresultater man får.

En annen årsak til at brannutvikling og brannspredning kan oppleves som forskjellig i branntester og i virkelige branner kan være at konstruksjonene ikke blir bygget opp på helt samme måte. Overgangene kan også bli utført litt annerledes i en branntest enn i en bygning.

Videre kan en annen årsak være at virkelige branner brenner lenge før de blir meldt, og at brannen derved har holdt på lengre enn hva man tror. Det er derfor også vanskelig å eksakt vite hvor lenge konstruksjoner og materialer motstår en reell brann. Et eksempel på dette er brannen i Burger King i Trondheim. Denne brannen ble først varslet klokken 03:24 til brannvesenet, mens det blir oppgitt at en av gjestene hadde varslet om en rar lukt til vaktene nesten en hel time tidligere (Bjørkli, Adresseavisen, 2013). Brannen kan derfor ha holdt på i minst en time før den blir oppdaget.

Det er mange som tror at branngodkjente konstruksjoner er fullstendig røyktette, men det er ikke krav om at branngodkjente konstruksjoner skal være helt røyktette. De standardiserte branntestene som er utarbeidet viser kun til at en brann ikke skal spre seg videre. Noe røyk kan derimot passere så lenge den ikke sprer brannen videre i løpet av en gitt tid. Røykspredning har selvfølgelig stor betydning for personsikkerheten da røyken er giftig og vil redusere sikten, slik at rømning hindres. Man bør på grunn av dette vurdere andre røykproduksjonskrav, spesielt om det skal være strengere krav enn D-s2,d0 i boliger.

I forhold til personsikkerheten er det sjelden noe problem med hvilken type isolasjon det er inne i en konstruksjon da platekledningen som oftest fortsatt beskytter isolasjonen når brannvesenet starter sin innsats. Det er derfor ikke noen grunn til å ha strengere materialkrav til isolasjonsmaterialet enn hva det er til den beskyttende kledningen.

10 Konklusjon

Enkelt oppsummert har byggevarer av plast ikke større betydning enn andre materialer i bygningsbranner. Det er derimot andre forhold enn byggevarene som har betydning for hvilken brannvekst og brannspredning man får. Basert på underlaget til denne oppgaven er det derved ikke mulig med *god nok sikkerhet å identifisere de branntekniske problemområdene som fins ved bruk av plast*. Derimot er jeg av den mening at man kan konkludere med følgende:

- Varmer arbeider er fortsatt et stort problem, som kan føre til store branner. Det er mye som tilsier at man ikke bør bo i bygninger som er under rehabilitering, spesielt ikke om det blir utført varme arbeider når man har brennbare bygningsmaterialer. I hvert fall ikke uten at det har blitt etablert ekstra sikkerhetstiltak.
- Man bør heller ikke bo i bygninger som er under rehabilitering der det er ubeskyttede brennbare materialer som lett kan antennes av glo fra for eksempel fyrverkeri eller sigaretter. Det er også vist til at det er flere påsatte branner som starter under rehabilitering.
- Flere branntekniske egenskaper som er vist i materialtester i småskala kan ikke direkte overføres til fullskala bygningsbranner.
- Det er ikke samsvar mellom sikkerhetsnivået gitt i bygningsreglene og det som er allment forventet som maksimalt branntap.
- Det er ikke god nok kunnskap om hvilke plastmaterialer som har gode branntekniske egenskaper og hvilke som har dårlige egenskaper, da dette som oftest ikke blir vurdert etter en brann.
- Det er forsket for lite på hvorfor de små brannene forblir små. Det er liten kunnskap om hva som faktisk fungerer i en brann.
- Det er for lite fokus på hvilken betydning inventaret har for brannvekst og brannspredning. Uavhengig av materialtype vil en vurdering av inventaret ha større betydning for personsikkerheten enn en vurdering av bygningsmaterialene.
- Den eneste delen av byggevarene som har betydning for personsikkerheten er overflatene.
- Personsikkerhetsmessig er det sjelden noe problem med hvilken type isolasjon det er inne i en konstruksjon da platekledningen beskytter isolasjonen, oftest også når brannvesenet starter sin innsats. Det er derfor ikke noen grunn til å ha andre materialkrav til isolasjonsmaterialet enn hva det er til kledningen.
- Det er som oftest ikke kjent hvor lenge brannen har pågått før brannvesenet blir varslet. Branner blir oftest først observert kort tid før overtenning. En brann kan da oppleves som "eksplosjonsartet" selv om den egentlig har pågått i en lang periode.
- Det er vist at store brannceller gjerne får branner som blir vanskelige å slokke. Spesielt om det er mye inventar i branncellen.
- Det har flere ganger blitt vist at en brann kan bli stor på grunn av at brannvesenet har dårlig slokkevannskapasitet, eller at de først må fokusere på å evakuere personer før de kan starte slokkearbeidet.
- Man bør utarbeide et informasjonsblad som beskriver de forhold som allmenheten bør vurdere i egen bolig, som inventar, røykspredning, varsling og ikke minst at de må reagere på ukjente lukter og lyder for å øke sin egen personsikkerhet.
- Røyksetting og redusert bruk av røykproduserende materialer bør vurderes.

11 Videre arbeid

Mye forskning gjenstår, og hvis det hadde vært mulig hadde jeg ønsket å vurdere følgende forhold videre.

Det hadde vært interessant å vurdere inntrufne branner opp mot det regelverket som gjaldt da den aktuelle bygningen ble bygget, for å se om det fins noen forhold som er spesielt svake. Her kan en sammenligning av branntekniske erfaringer og regelverk fra flere land også være interessant.

Det er kjent at varme arbeider kan antenne brennbare materialer. Derfor er det et krav at det skal være pulverslokkere på byggeplassene. Dessverre er det mye som tyder på at pulverslokker ikke er tilstrekkelig for å slukke en slik brann, iallfall ikke de brannene som ble studert. Det er angitt i rapportene at det var gjort forsøk på å slukke brannen, men at det ikke gikk da brannen spredte seg alt for raskt. Det å forsøke å finne en metode som hindrer brannstart, og å teste ut et annet slokkesystem som kan brukes for å hindre branner grunnet denne type arbeider burde være interessant for flere, spesielt for forsikringsselskapene.

Det hadde vært interessant å finne ut *Hva en akseptabel brannstørrelse er*, i forhold til forventningene hos myndighetene, forsikringsselskapene og ikke minst allmenheten. Hva er et akseptabelt branntap? Er det et rom, en branncelle, en brannseksjon (som av og til kan være et kvartal) eller et bygg? Det oppleves ikke som om det er en sammenfallende mening om det. Dette tema kan vurderes i forhold til økonomi, eller psykologi. Vi er i dag, heldigvis, ikke vant med et en bybrann faktisk innebærer tap av flere kvartal slik det historisk sett har vært. Vi omtaler nå ofte en brann som sprer seg til mer enn en bygning som en "bybrann".

For å redusere byggekostnader er det blitt vanlig å bruke lette og enkle konstruksjoner. Med slike konstruksjoner vil oppbygging og sammenføyning få stor brannteknisk betydning. Dette sammen med krav om effektiv byggetid kan føre til at man får bygninger som er svakere enn hva de bør være. Dette kan være en årsak til at forsikringsselskapene sier at nye bygg brenner raskere og at det blir en større brann i nye bygg enn i gamle. Ved å vurdere hvilken betydning slike konstruksjoner har, kan man muligens finne løsninger som kan fungere godt i en brann.

Det er fortsatt viktig å fokusere på boligbranner og hvorfor de starter. Det har ikke blitt færre boligbranner i de senere årene. Antallet branner varierer bare litt opp og ned de ulike årene. Her er nok utarbeidelse av et godt informasjonsblad det viktigste tiltaket.

Da det er røyken som er det store problemet for personsikkerheten, bør man vurdere om man kan forske på hvordan man kan redusere røykproduksjonen. Dette må gjøres samtidig som man vurderer hvordan man kan varsle brannene tidlig. Det gir ikke noen gevinst å begrense røykmengden om det bare innebærer at man blir varslet seinere.

Det kom tydelig frem på brannvernkonferansen 2013 i Tromsø at det er et stort behov for å gjennomføre mye mer helhetlig forskning på hvilke forhold som har brannteknisk betydning i bygninger for å øke både person- og verdisikkerheten.

I intervjuene med flere brannvesen trekker de frem følgende forhold som de ønsker at det blir forsket mer på, og som de ser på som et større problem enn hva byggevarer av plast er:

1. Konstruksjonsbranner – da de er farlige og vanskelige å slukke.
2. Bilbranner – spesielt el-bilbranner i garasjer som forbinder flere boligblokker.
3. Kjøkkenbranner – hindre at tørrkoking får utvikle seg til en brann

Referanseliste

- 13784-1, I. (u.d.). *Reaction-to-fire test for sandwich panel building systems – part 1: Test method for small rooms*.
- (1994). *Melding HO-1/94 Plast i bygninger, Bygningsmaterialer som helt eller delvis består av plast*. Statens bygningstekniske etat.
- SINTEF Byggforsk. (2004). *Byggdetaljblad 573.344*.
- Plast Teknologi, 2. udgave*. (2005). Odense: Erhvervsskolernes Forlag.
- Adolfson, T. K. (2009, 09 04). *Garneribrannen: Bruk av polykarbonat og dårlig prosjektering*. Hentet 02 23, 2013 fra Norsk Brannverforening:
<http://www.brannvernforeningen.no/Nyheter/Arkiv/2009/Gartneribrannen-Bruk-av-polykarbonat-og-darlig-prosjektering>
- Adressa*. (u.d.). Hentet fra <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article6943559.ece>
- Ajkunic, M., Markhus, E., & Steinstø, E. (2008). *Brannspredning i fasader murt med Leca fasadeblokk*. Haugesund: Høgskolen Stord/Haugesund.
- Albinson, B. (2008). *Isolering av plastmaterial EPS*. Räddningsverket, Diariernr 112-7767-2008.
- Association of British Insurers. (2003). *Technical Briefing: Fire performance of sandwich panel systems*. Association of British Insurers (ABI).
- Babrauskas, V., & Simonson, M. (2006). *Fire beaviour of plastics parts in electrical appliances-standards versus required fire safety objectives*.
- Baker, G. B. (2002). *Performance of Expanded Polystyrene Insultated Panel Exposed to Radian Heat*. Christchurch: University of Canterbury, veileder Spearpoint, Michael J.
- Benedetti, R. P., & Colonna, G. R. (2008). *Fire Protection Handbook*, 20th edition. NFPA.
- Berge, G. (2002). *Bruk av brennbar isolasjon – hendelsesanalyse og akseptkriterier*. Trondheim: SINTEF NBL.
- Bjørkli, J. (2013, 01 13). *Adresseavisen*. Hentet 01 14, 2013 fra Adressa.no:
<http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article6943559.ece>
- Bjørkli, J. (2013, 01 13). *Adresseavisen*. Hentet 01 14, 2013 fra Adressa.no:
<http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article6943559.ece>
- Blomberg, E. (2012, 11 05). *Bofast*. Hentet 02 03, 2013 fra Cellplast i väggar och tak kan vara en stor brandfara: http://www.bofast.net/1/1.0.1.0/67/1/?item=art_art-s1/2176
- Blomqvist, P., & Krämer, R. (2008, # 38). *Brandfarliga plastmaterial i kopplingsdosor*. *SP Brandposten*.

- Blomqvist, P., MacNamee, S., & Thoreson, P. (2010). Relevant for EPS/XPS. *SP Compilation of International Building Regulations (Fire)*, alle.
- Bowes, P. (volume 17, issue 2). Smoke and toxicity hazards of plastics in fire. *Oxford Journals Life sciences & Medicine The annals of occupation hygiene*, 143-156.
- Brandskyddsföreningen. (u.d.). Hentet 04 27, 2013 fra Webbutik:
<http://www.brandskyddsforeningen.se/webbutik/anlagd-brand/287420-aven-en-tom-soptunna>
- Brannigan, F. L., & Carter, H. R. (u.d.). *Fire Disasters: What have we learned?* NAOED.
- BRE. (2002). *Fire performance and external thermal insulation for walls of multi-storey buildings*.
- Buchanan, A. H. (2006). *Structural Design for Fire Safety*. Canterbury: John Wiley & sons, Ltd.
- Byggmentor. (2012, 03 06). *Cellplast i veggarna - farligt vid brand*. Hentet 02 03, 2013 fra
<http://byggmentor.se/renovera/cellplast-veggarna-farligt-vid-brand/>
- Choi, K. K. (1985). *Effects of Foamed Plastic Insulation on Severity of Room Fires*. National Research Council of Canada, Division of Building Research.
- Choi, K. K. (1986). *Effects of Insulation on Postflashover Room Fire*. National Research Council of Canada.
- Claeson, D. (2012, 10 26). *Försäkringsbolaget IF*. Hentet 01 13, 2013 fra IF:
http://www.mynewsdesk.com/se/pressroom/if_skadeforsakring/pressrelease/view/fler-braender-i-nya-hus-807002
- Claeson, D. (2012, 10 26). *IF*. Hentet 01 13, 2013 fra What IF:
<http://whatifinsurance.wordpress.com/2012/10/26/nybyggda-hus-rakar-ut-for-fler-brander/>
- Cooke, R., & Ide, R. (1985). *Principles of Fire Investigation*. Leicester: The Institution of Fire Engineers Leicester.
- DeHaan, J. (2002). *Kirk's Fire Investigation*. USA: Pearson Eductions Inc.
- DeHaan, J. D. (2007). *Kirk's Fire Investigation*. I J. D. DeHaan, *Kirk's Fire Investigation, sixth edition* (ss. 292-293). New Jersey: Pearson Education Inc.
- Dennet, M. (2009). *Report into a fire at Spider transport Rathnew Wicklow*. Manchester: Tenos Limited.
- DiBK. (u.d.). *Direktoratet for byggkvalitet*. Hentet 01 23, 2013 fra
<http://byggeregler.dibk.no/dxp/content/tekniskekrav/>
- Direktoratet for brann og eksplosjonsvern og Statens bygningstekniske etat . (2007). *Vik Torg i Hole kommune 6. juli 2006*.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2010). *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. Oslo: Kommunal- og regionaldepartementet.

- Direktoratet for byggkvalitet. (2011). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. Hentet 04 22, 2013 fra DiBK byggeregler: <http://byggeregler.dibk.no/dxp/content/tekniskekrav/>
- DSB. (1949). *FOR-1949-12-15*. Forsynings- og gjenreisningsdepartementet (Kontoret for bygnings- og brannvesen).
- DSB. (1969). *FOR-1969-08-01 nr 0000*.
- DSB. (1985). *FOR 1984-11-15 nr 1892*. Kommunal- og arbeidsdepartementet.
- DSB. (1987). *FOR-1987-05-27 nr 0458*. Kommunal- og arbeidsdepartementet og Miljøverndepartementet.
- DSB. (2012). *Veiledning til forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- Eikeset, O., Sæther, G., & Bjerke, L. (2012). *Bruk av brennbarisolasjon i brannvegger*. Gjøvik: Høgskolen i Gjøvik.
- EPIC. (2003). *Shanles Pine*. Ardee: EPIC.
- EPIC. (2012, 01). *Insulated panels for external*. Hentet 02 23, 2013 fra A guide to fire safety: http://www.epic.uk.com/assets/epic_fire_guide_2011_pt2.pdf
- EPIC. (u.d.). *Engineerd panels in construction*. Hentet 02 02, 2013 fra <http://epic.uk.com/>.
- EPIC. (u.d.). *EPIC*. Hentet 10 15, 2012 fra Fire performance, Fire tests and research: www.epic.uk.com/rie_test_and_research.jsp.
- European Manufactures of EPS. (u.d.). *Behavior of EPS in case of Fire*. Hentet 02 03, 2013 fra <http://www.eumeps.org/show.php?ID=4471&psid=hmotjteo>
- Fellows, R., & Liu, A. (2008). *Research Methods for Construction*. UK: Blackwell Publishing Ltd.
- FM Approvals. (2010). *Approval Standard for Class 1 Fire Rating of Insulated Wall or Wall and Roof / Ceiling Panels, Interior Finish Materials or Coatings and Exterior Wall Systems., Class Number 4880*.
- FM Global. (2010). *Platics in Construction*.
- Forsén, J.-E. (2012). *Brand i flerfamiljshus Prästgårdsliden 14C Mjölby*. Mjölby: Räddningstjänsten Mjölby.
- Fredholm, L. (2012, 10 19). *Behövs nya regler för cellplast?* Hentet fra BrandSäkert.se.
- Furness, A., & Muckett, M. (2007). *Introduction to Fire Safety Management*. Butterworth-Heinemann.
- Halvorsen, K. (2011). *Å forske på samfunnet*. Oslo: J.W. Cappelens Forlag as.
- Hanif, N., & Thomas, J. (2012, 09 26). *Up to 70 per cent of UEA high-rises may have flammable panelling*. Hentet 02 24, 2013 fra The National: <http://www.thenational.ae/news/uae-news/up-to-70-per-cent-of-uae-high-rises-may-have-flammable-panelling>

- Hovde, P. (1977). *Plastmaterialer Branntekniske egenskaper, delrapport 5. Røykutvikling fra hard og myk PVC og effekt av tilsetningsstoffer*. Trondheim: SINTEF Norges Branntekniske laboratorium.
- Hovde, P. (1985). *Branntekniske egenskaper hos plastbelagte bygningsdeler*. Trondheim: SINTEF Norges branntekniske laboratorium.
- Hovde, P. J. (1977). *Plastmaterialer branntekniske egenskaper, delrapport 5. Røykutvikling fra hard og myk PVC og effekt av tilsetningsstoffer*. Trondheim: SINTEF Norges Branntekniske laboratorium.
- Hovde, P. J. (1977). *Plastmaterialer branntekniske egenskaper, delrapport 5, Røykutvikling for hard og myk PVC og effekten av tilsetningsstoffer*. Trondheim: SINTEF NBL.
- Hovde, P. J. (1980). *Plastmaterialer branntekniske egenskaper, delrapport 8. Røykutvikling ved varierende pyrolysetemperatur og atmosfære*. Trondheim: SINTEF Norges branntekniske laboratorium.
- Hovde, P. J. (1983). *Plastmaterialer branntekniske egenskaper og muligheter for reduksjon av brannrisiko*. Trondheim: SINTEF Norges branntekniske laboratorium.
- Hovde, P. J. (1992). *Branntekniske forhold ved bruk av plast i bygninger. Viktige egenskaper og forslag til bruksområder, prøvningsmetoder og bedømmelsesregler*. Trondheim: SINTEF Norges branntekniske laboratorium.
- Hovde, P.-J. (1978). *Plastmaterialer branntekniske egenskaper, delrapport 7, Harde skumplaster*. Trondheim: SINTEF Norges branntekniske laboratorium.
- Icove, D. J., & DeHaan, J. (2004). *Forensic Fire Scene Reconstruction*. Pearson Educations Inc.
- IF Skadeforsikring. (2009, 05 25). *Plastmaterialer i bygg gir nye brannbomber*. Hentet 02 23, 2013 fra <http://www.if.no/web/no/om/sistenytt/pages/plastmaterialeribygggirnyebrannbomber.aspx>
- Innsatsleder. (2012, 10 03). Rådningstjénsten i Mjölby. (E. Andersson, Intervjuer)
- International building code. (2009). *IBC*.
- Jonsson, F. (2011). *Undersökningssprotokoll Brand på byggarbetsplats*. Jönköping: Jönköpings kommun.
- Klason, C., & Kubát, J. (2001). *Plaster materialval och materialdata*. VI. Sveriges Verkstadsindustrier, Industrilitteratur AB.
- Kristoffersen, B. (2001). *Bruk av brennbar isolasjon*. Trondheim: SINTEF NBL.
- Köhler, N. (2011, 09 13). Hentet 09 27, 2012 fra www.byggindustrien.com
- Larsen, A. (2010). *En enklere metode*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Larsson, C., & D'Imporzano, P. (2012). *Rapport fra brand i Flerbostadshus Karlstorpsvägen 138 Trollhättan*. Trollhättan: Norra Älvsborg Rådningstjénst.

- Lentini, J. J. (2006). The mythology of arson investigation. I *Scientific Fire Analyses* (s. chapter 8). Big Pine Key: Scientific Protocols for Fire Investigation, CRC Press.
- Lever, A., & Rhys, J. (1962). *The Properties and test of plastics materials, second enlarged edition*. London: Temple press books limited.
- Liebe, G. (2012, 11 19). Telefonsamtale. (A. Eva, Intervjuer)
- Lindahl, H. (2010, 10 30). *Skånska Dagbladet*. Hentet 02 24, 2013 fra <http://www.skanskan.se/article/20101030/ESLOV/710299828/-/tonvis-med-cellplast-skyndade-pa-branden>
- Loss Prevention Standard. (u.d.). *Requirements and Test for Built- up Cladding and Sandwich Panel Systems for Use as the External Envelope of Buildings*.
- Lovdata. (1997). *FOR-1997-01-22-33*. Kommunal- og regionaldepartementet.
- Lundberg, A. (2012, 11 29). Telefonsamtale. (E. Andersson, Intervjuer)
- Münchener Rück, Munich Re Group. (2007, 2). Schadenspiegel.
- Nilsen, M. (2013, 04 11). *Haugesunds avis*. Hentet 04 14, 2013 fra <http://www.h-avis.no/nyheter/to-branner-i-samme-gate-1.7843032>
- Nilsson, B. (2010). *Olycksundersökelse Brand i Norrevångshallen, Eslöv*. Eslöv: Räddningstjänsten Syd.
- Norra Älvsborgs räddningstjänstförbund. (2012). *Insatsrapport*. Trollhättan: Norra Älvsborgs räddningstjänstförbund.
- Norsk brannvernforening. (2012). *Håndbok i brannetterforskning*. Oslo: Norsk brannvernforening.
- Olsson, N. (2011). *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Ondrus, J. (1980). *Sandwichelement av uretancellplast, Brandtekniska egenskaper, Rapport R20:1980*. Stockholm: Byggeforskningsrådet Liber Tryck Stockholm.
- Ore, S., & Storli, A. (u.d.). Hentet 02 03, 2013 fra plast. () I Store norske leksikon.: <http://snl.no/plast>
- Parisse, D. (2012). *Fire Information paper n°2*. Roubaix.
- Penn, W. (1964). *Plastics in building handbook*. Irland: Maclaren & Sons Ltd.
- Poon, J. K. (2012). *Bruk av brennbar isolasjon - Sertifisering og verifikasjon gjennom prøvning*. Trondheim: NTNU.
- Poon, K. J. (2011). *Bruk av brennbar isolasjon, Prosjektoppgave*. Trondheim: NTNU.
- Prager, F., & Rosteck, H. (2006). *Polyurethane and Fire, Fire Performance Testing under Real Conditions*. Wiley-VCH.

- PU Europe Fire Handbook. (u.d.). *Impact of insulation on fire safety in buildings*.
- PU Europe Fire Handbook. (u.d.). *Sustainable Construction with rigid polyurthane insulation*.
- Rakie, J. (2004). *Plastics burn, don't they?* Principal at J-RAK Consulting / Alliance for Fire & Smoke Containment & FPA Australia.
- Ringqvist, P. (2006). *Sammanfattning av olycksundersökning brand i byggnad*. Gävle: Gästrike Räddningstjänst.
- Rowlands & Hames. (2005, 01). *Client Bulletin - Risk Management, Composite "Sandwich" Panels*. Hentet 02 23, 2013 fra <http://www.update-area.co.uk/rowlands-hames-co-uk/page/uploads/files/composite-panels-cbgen010.pdf>
- Shurmer, T. (2004). The absolute thruth about composite panels. (s. Risk Engineering Global Workshop). Zurich Risk Services, UK.
- SINTEF Byggforsk. (2009). Byggdetaljer, 520.339. *Byggforskserien*.
- SINTEF NBL. (2011). *Brannteknisk prøvning, Hulldekkeelementer med isolasjon og påstøp*. Trondheim: Team St. Olav ANS.
- Sjöström, M., & Rydberg, M. (2009). *Brandutredning*. Halmstad: Halmstad Räddningstjänsten.
- SP. (1994). *SP FIRE 105 External wall assemblies and facade claddings. Reaction to Fire*. Swedish National Testing and Research Institute. Fire Technology.
- SPIF, S. P. (u.d.). www.plastindustri.org/plasthistoria-.aspx. Hentet 09 27, 2012
- Stanadard Norge. (2009). *Brennklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 2: Klassifisering ved bruk av resultater fra brannmotstandsprøving, unntatt ventilasjonssystemer*.
- Standard Norge. (2009). *Brennklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 1: Klassifisering ved bruk av resultater fra prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning*.
- Steen - Hansen, A., Kristoffersen, B., & Andersson, E. (2003). *Bruk av brennbar isolasjon - akseptalbe løsninger og anvendelsesområder*. Trondheim: SINTEF NBL.
- Steen - Hansen, A., Reitan, N. K., & Andersson, E. (2012). *Plast i byggvarer og brannsikkerhet*. Trondheim: SINTEF NBL as.
- Steen-Hansen, A., & Kristoffersen, B. (2007). Assesement of fire properties for painted surfaces in escape routes. *Interflame 2007*. London: SINTEF NBL.
- Strömgren, M. (2012, 03 07). *En blogg om brandsikkerhet och riskhandtering med fokus på byggområdet*. Hentet 10 07, 2012 fra Fire safety engineering, SP: xx
- Thomson, N. (2002). *Fire Hazards in industry*. Butterworth-Heinemann.

Total Produktkatalog. (u.d.). Hentet 03 27, 2013 fra <http://produkter.total-as.no/files/pdf/beholdere/2og3-norsk.pdf>

Troitzch, J. (2004). *Plastics Flammability Handbook, Principles, Regulations, Testing and Approval, 3rd Edition*. USA: Hanser Gardner Publications Inc.

Underwriters Laboratories Inc. (1969). *Report on Flammability Study of Cellular Plastics, File NC 522*. Northbrook, IL: Underwriters Laboratories Inc.

van Hees, P., Nilsson, M., & Johansson, N. (2012). *Cellplast och brand*. Lund: LTH.

Vermedal, A. (1999, nr 5). Plast og Isocyanater. *Brannmannen*.

Wikell, N. (2008). *Kuratorn 2 Trollhättan stad*. Trollhättan: Krebo 1 AB, Boverket.

Zicherman, J. P. (2003). *Fire Performance of Foam-Plastic Building Insulation, Practitioner's Forum*. Richmond: SFPE.

Bilag A – Trollhättanbrannen

I rapporten er det oppgitt at branncelleskillene skulle hatt brannmotstand EI 60 og bæringen skulle ha oppfylt R60. Det er videre opplyst at det var lagt løsullsisolasjon på loftet for å hindre brannspredning. Bygningen hadde et bæresystem av tre. Taket var bygget opp av tretakstoler og stålplater.

Innsatsrapporten (Norra Älvsborgs räddningstjänstförbund, 2012) som omhandler denne brannen angir at:

1. Brannvesenet blir alarmert klokken 19:55, om at det er røyk ved tavleskap på vegg.
2. Brannvesenet ankommer 20:00.
3. Brannen i krypkjelleren oppdages 20:55 (*ca. en time etter ankomst*).
4. Arbeidet avsluttes 03:30.

Denne brann blir også diskutert i en artikkel i Tjugofyra7, 2012-09-24, av Ulf Erlandsson. Artikkelen er basert på rapporten (Larsson & D'Imporzano, 2012). Her blir det angitt at den etterfølgende kontrollen kom frem til at bygningen var oppført i henhold til regelverket. Det ble likevel bestemt å installere seriekoblede brannvarslere i de resterende boligblokkene.

I dette bygget var det også en brann i 2008 som ikke ble like omfattende som den i 2012 (Wikell, 2008).

Bilag B – Mjölbybrannen

Brannen startet i et soverom ved at plastleketøy ble antent, mest sannsynlig grunnet barns lek med ild. Brannen fikk et raskt og intensivt forløp. Det ble gjennomført et sløkkeforsøk av beboerne, men det lyktes ikke. Brannen spredte seg videre fra startbranncellen til to andre leiligheter samt til fasaden og taket på boligblokken.

Været hadde tilnærmet ingen innvirkning på brannen eller brannspredningen. Det var kun 2 m/s vind, og temperaturen var ca. +4 °C.

Bygget var oppført i 1972, og hadde et bæresystem av betong. Brannkravet til bæresystemet var satt til A60 og A90, og B60 til branncelleskillene.

Kravet til ytterveggene var at alle materialer skulle være ubrennbare, hvis det ikke var adkomst for utvendig sløkking. Det hadde også blitt spesifisert at brennbare materialer skulle deles opp slik at en brann ikke kan spre seg forbi branncelleskillene.

Det var opprinnelig 20 leiligheter i boligblokken, men to av leilighetene var slått sammen til én. Det var i denne leiligheten at brannen startet. Det at startbranncellen var uvanlig stor er angitt som en grunn til at brannen ble så stor som den ble.

Flere av balkongene hadde blitt innglasset med et enkelt glass etter et ønske om å få vindskydd. Dette førte til at det kunne bli lagret store mengder brennbare materialer og det er også oppgitt som en grunn for omfang og spredning av brannen. Dette blir eksemplifisert ved at den øverste balkongen og leiligheten var tom, og at brannen ikke spredte seg inn dit.

Vitneutsagn fra en av dem som står nærmest arnestedet inne i leiligheten var at ca. to minutter etter at barnet har sprunget ut fra rommet lukter de noe brent. Når de åpner døren blir de møtt av både røyk og flammer. De forsøker å slukke brannen med hjelp av et vått håndkle, uten å lykkes. Døren blir ikke lukket før de evakuerer. Det oppgis at det fans mengder av plastleker i startbrannrommet.

Brannen blir alarmert klokken 15:41, og et bilde viser at startbrannrommet har gått til overtenning og at brannen har spredt seg ut til svalgangen på dette tidspunktet

Brannen blir også alarmert 15:42 fra en annen som ser brannen på den motsatte fasaden, se figur B1. Det blir sagt at det kommer flammer ut fra balkongen og at det ser ut som om hele etasjen brenner. Ved dette tidspunktet har brannen således fått feste i hele leilighetens bredde.

Brannvesenet ankommer 15:45. Figur B2 som er tatt 15:46 viser at brannen har spredt seg til kjøkkenet. På samme bilde ser man at det ikke kommer noen flammer ut fra vinduet i startbrannrommet, men det er en del svart røyk. Det kan også se ut som om fasaden har begynt å brenne ved dette tidspunktet.



Figur B 1: Bygningens langside mot vest med startbrannrommet der flammene slår ut gjennom vinduer og dører. Foto: Andreas Larsson, 15:42.



Figur B 2: Her har brannen spredt seg til kjøkkenet og videre under fasaden mot gavlveggen mot sør. Foto: Andreas Larsson, 15:46.

En beboer i blokken ringer til brannvesenet klokken 15:46 og sier at han ikke kan ta seg ut fra sin leilighet og at det brenner kraftig utenfor balkongen. Bilde fra 16:03 viser tydelig at brannen har spredt seg videre opp til neste balkong. På et bilde som er tatt 16:04 ser man at det brenner bak fasadekledningen. Deler av fasadekledningen på gavlsiden har også falt ned og brenner på bakken.

Det blir registret at røyklukene i trappen hadde åpnet seg automatisk. Trappen var røykfylt, men ble bedømt å kunne benyttes for rømning. Dette blir verifisert ved at naboen i etasjen over startbranncellen kom ut uten hjelp, selv om han først hadde meldt at han ikke kunne bruke trapperommet. Brannrøyken hindret derved ikke rømning fra bygget.

Flammene fra startbrannrommet strekker seg opp til 4. etasje. Svalgangene i 3. - 5. etasje er helt eller delvis røykfylte.

I telefonsamtale med innsatsleder i Räddningstjänsten i Mjölby (Innsatsleder, 2012) ble det oppgitt at når brannen først kom opp på taket ble det valgt å la den brenne ut kontrollert heller enn å forsøke å slokke den da bygget hadde et betongdekke. Se figur B3.



Figur B 3: Brannspredning til tak.

Etter ca. en time ser man at isolasjonen på taket har begynte å brenne, ca. halve taket brenner ved 17:14, da har brannen holdt på i mer enn 2,5 time. Foto: Lennart Örberg, 17:44.



Figur B 4: Brannskader på bygningens østre langside og gavlveggen mot sør.

Brannspredning fra startbranncellen gikk ut via vindu mot balkong og fasade. Foto: Mjölby räddningstjänst, se figur B4.

Bilag C – Intervjuguide

Innledning

- Presentasjon av meg
- Informasjon om prosjektet, " Brannsikkerhet i bygninger med byggevarer av plast".
 - **Formål**
 - Identifisere branntekniske problemområder knyttet til byggevarer av plast i bygninger, og vurdere hvordan disse produktene har deltatt i brannutvikling og brannspredning.
 - **Bakgrunn**
 - Det er et økende marked her i Norge/Skandinavia for bruk av byggevarer av plast, både som del av konstruksjoner og overflatematerialer. Interessen for byggevarer av plast er økende grunnet deres gode egenskaper med hensyn til isoleringsevne, ikke få fuktskader, mulighetene for tilpasning og utforming samt lave produksjonskostnader. Byggevarer av plast kan gi mer fleksible bygg til en lavere byggekostnad.
 - Da det generelt antas at byggevarer av plast vil gi høyere brannenergi i bygningene, er det viktig å vite mer om hvilken betydning slike produkter har for brannsikkerheten.
 - Ved å samle erfaringer fra analyser av bygningsbranner der det har vært benyttet byggevarer av plast, kan man undersøke om man kan finne hvilke forhold som har hatt betydning for brannspredningen. Det vil derfor være interessant å finne de materialer og konstruksjonsdetaljer som hadde størst negativ og positiv betydning i bygningsbranner.
 - **Oppgave**
 - Gransking av bygningsbranner kan gi en mulighet til å sammenligne og å vurdere hvordan ulike byggevarer av plast deltar i brannutvikling og brannspredning.
 - Dette vil kunne gi mulighet for å identifisere branntekniske problemområder knyttet til plast i bygninger.
 - Basert på dette kan man vurdere om det eventuelt er behov for revisjon av veiledningen til byggeforskriften (VTEK), eller om det er presisering av god utførelse som er nødvendig.
 - **Forskningsspørsmål**
 - *"Kan man med god nok sikkerhet identifisere de branntekniske problemområdene som fins ved bruk av plast i bygninger og som har betydning for brannvekst og brannspredning?"*
- Hva skjer etterpå, for eksempel tilbakemelding om resultat
- Garantere anonymitet, Retten til å bryte når som helst

Fakta spørsmål

1. Type stilling
2. Ansvarsområde
3. Erfaringsbakgrunn som er nødvendig for stillingen

Sentrale spørsmål om problemstillingen til brannvesenet

4. Hvilke type bygg er vanskeligst å slokke? (høyde, dybde, inndeling, åpne planløsninger, bruk, alder)
5. Hvilke type byggevarer gir størst innvirkning på brannen, i fht brannvekst og brannspredning?
6. Velger dere slokketeknikk basert på hvilken type material det er i bygget? Har dere noen retningslinjer på hva dere skal velge?
7. Opplever dere vanskeligere slokkeforhold i bygninger med plast, f.eks.
 - a. Blir det høyere temperaturer?
 - b. Raskere brannforløp eller brannspredning?
 - c. Er det annen type røyk?
 - d. Er plast vanskeligere å slokke?
 - e. Er det større sannsynlighet for total nedbrenning av bygningen?
8. Er det en del av deres opplæring å vurdere konstruksjoner med plast spesielt? (sikt, røyk, bæring, spredning, eksplosjon, giftig ...)
9. Hva er deres erfaringer med plastkonstruksjoner? Registrerer dere noen forskjeller på hvilken type plast det er i bygget? (PS, EPS, PVC, PUR, PIR ...)

Sentrale spørsmål om problemstillingen til politiet

10. Hvilke typer bygg er vanskeligst å etterforske i? (høyde, dybde, inndeling, åpne planløsninger, bruk, alder)
11. Hvilke typer byggevarer gir størst innvirkning på brannen, i fht brannvekst og brannspredning?
12. Hvilken slokketeknikk til brannvesenet er best i forhold til deres etterforskning?
13. Opplever dere det vanskeligere å etterforske i bygninger med plast, f.eks.
 - a. Har det blitt struktur endringer i bæresystemet når det har vært byggevarer av plast i bygget?
 - b. Har evt. økt røykproduksjon noen betydelse for å finne arnestedet?
 - c. Kan smeltet plast mistolkes til flere arnested eller påsatt brann?
 - d. Er det større sannsynlighet for total nedbrenning av bygningen?
14. Er det en del av deres opplæring å vurdere konstruksjoner med plast spesielt? (røykproduksjon, bæring, spredning, eksplosjon, giftig ...)
15. Hva er deres erfaringer med plastkonstruksjoner? Registrerer dere noen forskjeller på hvilken type plast det er i bygget? (PS, EPS, PVC, PUR, PIR ...)

Avslutning

16. Noen annet som dere vil belyse?
17. Andre problemområder som kunne vært vurdert?

Bilag D – Huskeliste for branngranskning

Tabell D 1: Ta med

Kjeledress		Målebånd		Kniv	
Vernesko		Lommelykt		Innbrenningsmåler	
Hjelm		Penn		Våtservietter	
Hansker		Papir		Neseduker	
Sokker		Skriveplate		Pustevern	
Varme klær?		Batteri/lader		Huskeliste branngranskning	
Regntøy?		Kamera			

Tabell D 2: Informasjon om bygget / etasje / rom

Risikoklasse / Brannklasse	
Antall etasjer	
Rom dim (b _x l _x h)	
Åpninger (b _x h, dør, vindu, vent)	Dim og plassering, samt endring av posisjon i løpet av brannen
Ventilasjonssystem	Aktivt / Avstengt / Ble stengt
Bæring	Material og beskyttelse
Konstruksjoner	Dimensjoner og oppbygging
Materialer (tak, vegger, gulv)	Tykkelse, struktur, beskyttet
Isolasjon	
Overflater	Dekorasjoner?
Sprinkler	
Brannalarm	
Passive tiltak	
Avvik	

Tabell D 3: Informasjon om brannen

Brannstart (antatt, hvor tidlig blir brannen meldt)	
Arnested	
Arnestart	
Deteksjon / Varsling	
Branntid (hvor lenge brant det før brannvesenet slukket brannen)	
Slukketid (hva har brent lengst i bygget)	
Slukketeknikk	
Brannceller	
Brannseksjonering	
Brannspredning i bygget	
Brannspredning til nabobygg	
Materialer som har vært involvert	
Inventar	
Funksjon til evt. aktive tiltak	
Aktiviteter før brannen	
Rømningsforhold	
Merknader	

Informasjon fra Kirk's Fire Investigation, sixth edition, John D. DeHaan

- **Skisse opp og ta bilder av alt!** Ta mange bilder både nært og oversikt, gjerne fra en høy posisjon.
- Skisse av branntomten som beskriver hva man ser og hvordan det er. Både lukter og visuelle observasjoner.
- Utvendig dokumentasjon – også bilder bort fra bygget. Hvordan ser omgivelsene ut? Hvem kan se hva?
- Innvendige og utvendige områder som ikke er påkjent – for å "se" hvordan det så ut før brannen.
- Alle tidsoppløsningene fra brannvesenet. Hva de gjorde når.
- Hvordan så det ut når brannvesenet kom – dører/vinduer som var åpne når de kom, og hvilke åpnete de. Låste, åpne eller opp låste?
- Informasjon fra brannvesenet om temperatur observasjoner av flammene/brannen, røykproduksjon type, omfang og farge.
- Hvilke områder har hatt best / lengst tilgang på oksygen? Hva har brent mest intensivt?
- Hvor gikk de inn først?

- Hva ble slokket først?
- Brukte de noen bensindrevne motorredskap, hvor fylte de på med drivstoff.
- Hvilke værforhold var det? Vind, temperatur, regn, snø ...
- Hva og når ble ting fjernet av brannvesenet i løpet av sløkkearbeidet.
- Hva så vitnene?
- Var det strøm i bygget?
- Fins det ting som ikke ser ut som om det skulle være der?

Tabell D 4 – systematisk dokumentasjon

Steg	Teknikk	Forklaring	Begrunnelse
1	Utvendig	Bilder av omgivelsene til eiendommen. Skisser av utvendig Bruk GPS for å faststille posisjon	Posisjonsbestemmelse av brannscenariet ifht omgivelsen, visuelle fikspunkter. Dokumentere brannskader på omgivelsen. Undersøk bæringens skader, hva som holder og hva som har blitt ødelagt.
2	Innvendig	Noter og skisse omfanget av brannskadene, mulige antennelseskilder, all nødvendig data for å kunne rekonstruere og modellere.	Følg sporene tilbake til arnestedet. Dokumenter varme og røyk skader, og skader på bæresystemet. Dokumentere forholdene rundt strømforsyning, alle typer oppvarmingsenheter, varmtvannstank. Dokumentere posisjon og skader på dører vinduer, trapper, adkomst til hulrom. Dokumentere plassering og funksjonen til sprinkler, branndetektorer, håndsløkkere. Dokumentere tider på klokker og posisjoner på komfyr og annet utstyr. Dokumentere alarm og lysbue info
3	Etterforskning	Dokumenter rydding av material og bevis før det blir fjernet, brannskader og forkullings mønster.	Dokumenter brannspor, flamme skader, "isochar" linjer. Dokumenter forholdene ved fysiske bevis, utstyr, distribusjon og beskyttelses utstyr.
4	Oversikt	Utarbeide flerdimensjonale skisser.	Oversiktsskisser av utvendig og innvendig. Ta bilder av vy punkter for vitner.

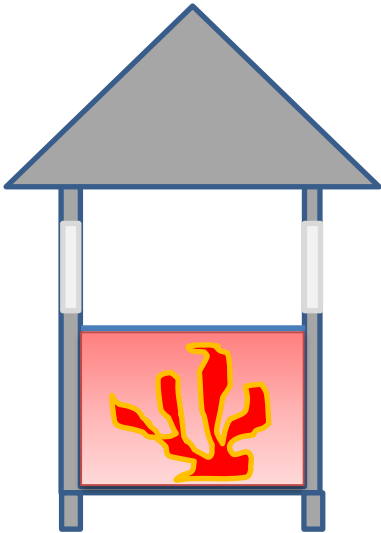
Følg sporene fra liten flamme til den store brannen:

1. Varme gasser (og flammer) er lettere og vil stige oppover så fremt at de ikke blir forstyrret av sterk vind eller fysiske hindringer.

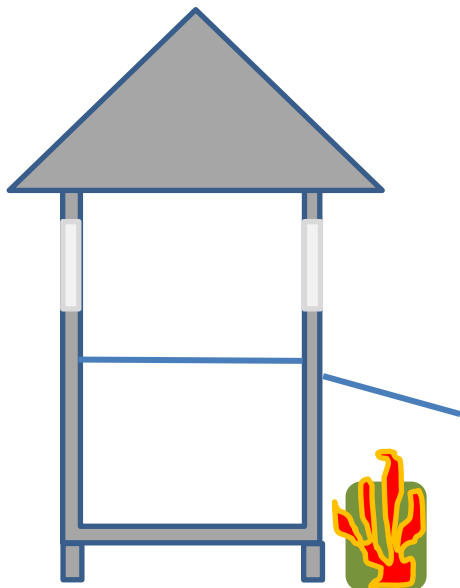
2. Grunnet de fysiske forholdene vil brannen alltid forflytte seg oppover mye raskere enn horisontalt eller nedover. Nedover vil være basert på stråling eller nedfall, smeltet plast.
3. Brennbare materialer vil antenne og derved øke intensiteten og omfanget av brannen. Jo mer intens (høyere HRR) brann jo raskere vil den øke og spre seg.
4. Brannen avtar selv når alt brennbart er fortært. Når flammene taket vil det mest sannsynlig føre til overtenning.
5. Brannlasten i rommet er meget viktig å faststille. Det inkluderer alt inventar, material overflater og konstruksjoner. Det er også viktig å få en oversikt hvor enkelt brannlasten blir omgjort til energi, altså hvilken HRR brannlasten har hatt.
6. Variasjon av brannspredning oppover vil inntreffe når det er hindringer. Det vil da oppstå antennelse av ny brannlast lateralt.
7. Vertikal brannspredning oppover vil intensifieres når brannen kommer inn i skorsteinslignende hulrom, som trapper, sjakter, hulrom i vegger.
8. Brannspredning nedover går mye langsommere, men det skjer ved stråling som kan antenne materialer relativt langt bort eller nedfall av maling, tapet, smeltet plast og andre materialer.
9. Slokkingen kan også ha stor innvirkning på brannspredningen, ved bruk av utlufting, brannslanger kan føre brannen inn i nye områder.
10. En brann "rinner" omtrent som væske (fast oppover) i ganske rette baner utover og rundt hindringer.
11. Ventilasjon gjennom åpne dører og vinduer og ventilasjonsåpninger eller overtrykk ved HVAC vil ha stor betydning for brannspredningen.
12. Man kan få overtenning i alle "rom" også om man har lekkasje så lenge brannen kan blir stor nok, jmf fotballstadium in Bradford (UK) i 1985.
13. Brannintensiteten etter overtenning vil være størst rundt ventilasjonsåpninger. Så skadene vil oppstå raskere rundt dørterskler, vinduer eller andre åpninger der luft kommer inn i brannrommet.
14. Det totale skadebildet vil være avhengig av både intensiteten til brannen og lengden av brannen. Husk også at intensiteten av brannen kan variere i løpet av branntiden og at all brannpåkjenning kanskje ikke har vært til samme tid.

Bilag E – Figurer branntester

Figur E 1: Test 1 -3



Figur E 2: Test 4a-c



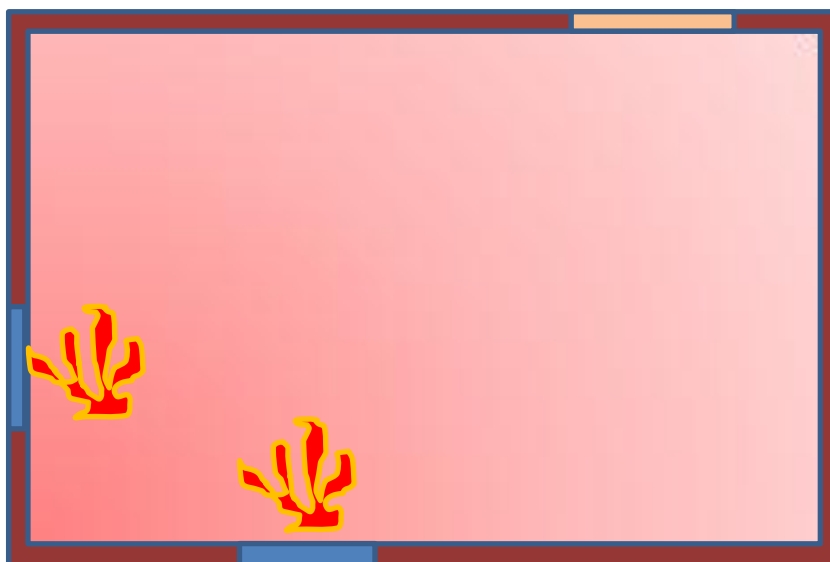
Figur E 3: Branntest 1 i rom 3

Branntest 1:

Innvendig brannpåkjenning mot
to typer av plastvinduer.

Horizontalsnitt av rom 3.

Ingen termoelementer.



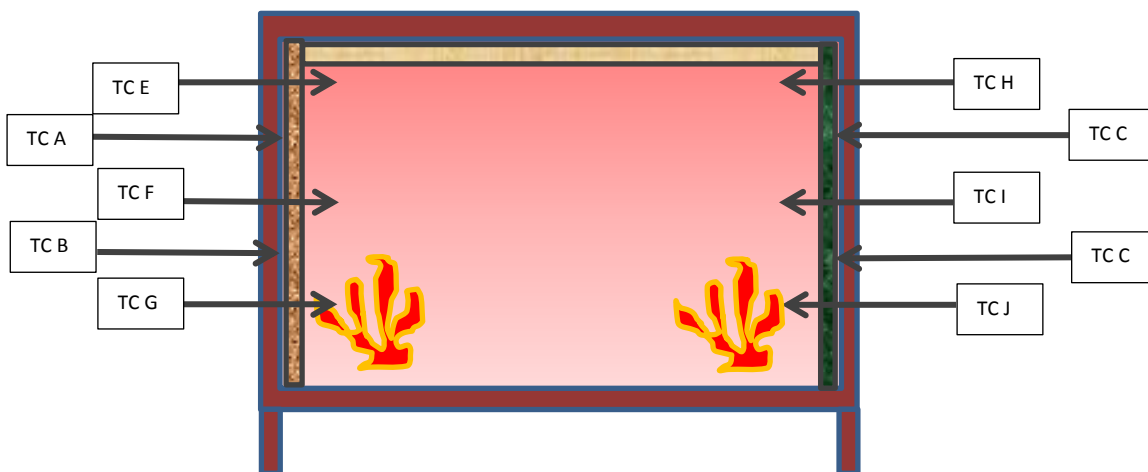
Figur E 4: Branntest 2 i rom 2

Branntest 2:

Innvendig brannpåkjenning mot to typer av tilleggisolasjon og plasthimling.

Vertikalsnitt av rom 2.

Se bilag I for spesifisering av eksakt plasseringen av termoelementene (TC).



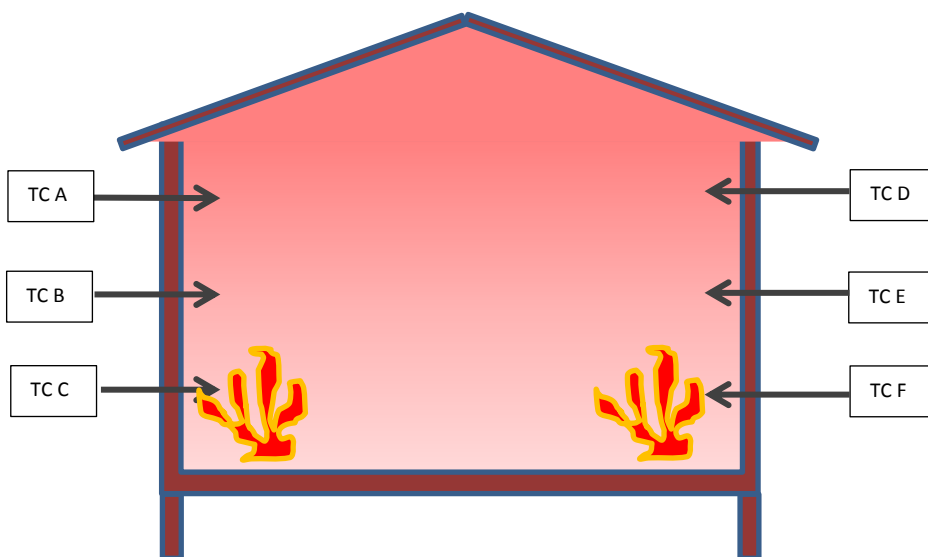
Figur E 5: Branntest 3 i rom 1

Branntest 3:

Innvendig brann mot originale trematerialer.

Vertikalsnitt rom 1.

Se bilag I for spesifisering av eksakt plasseringen av termoelementene (TC).



Figur E 6: Branntest 4 a-c, utvendig

Branntest 4 a-c:

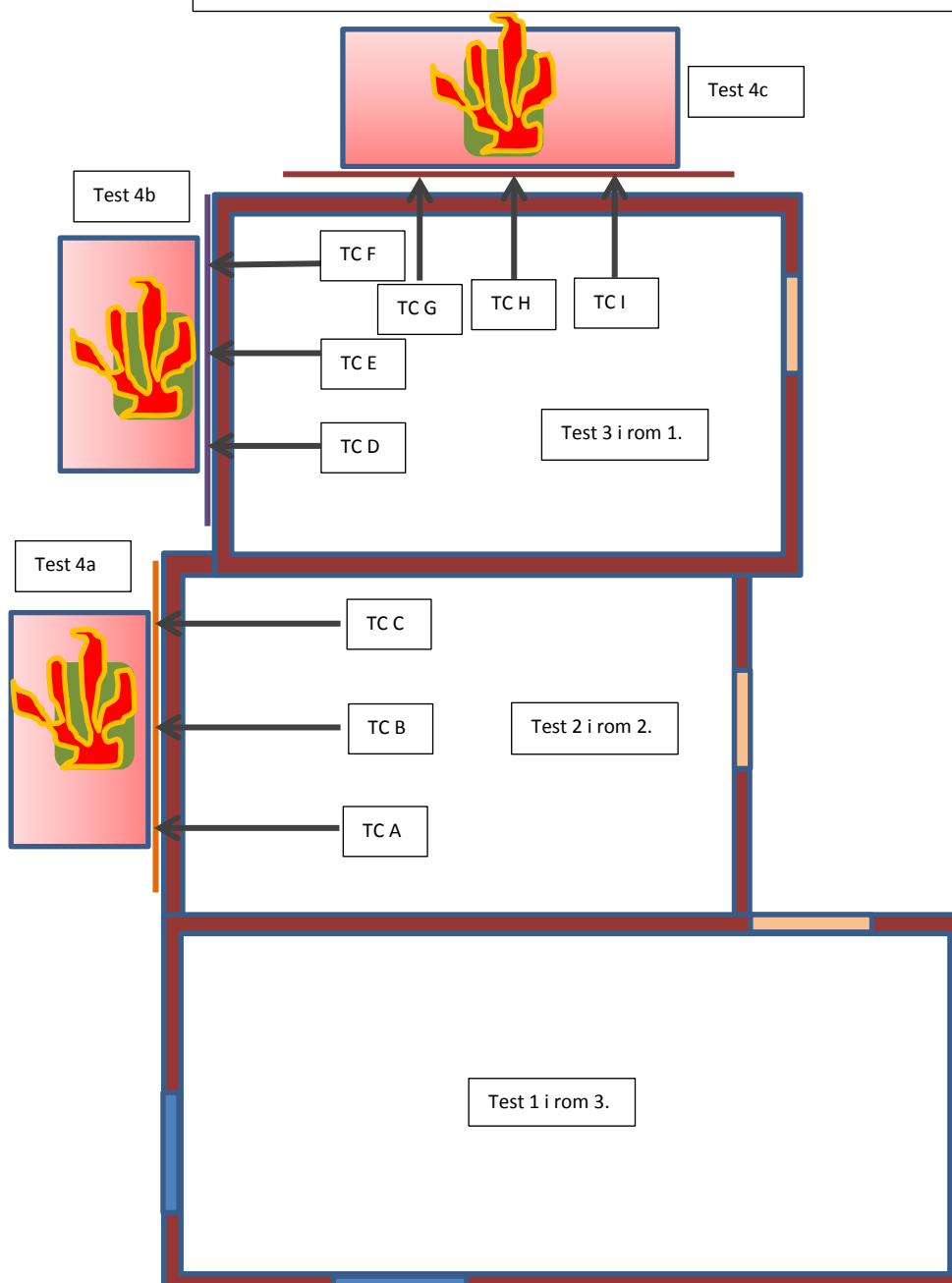
Utvendig brann mot to typer tilleggisolering og original trekledning.

Branntest i "uterom" i søppelbeholdere.

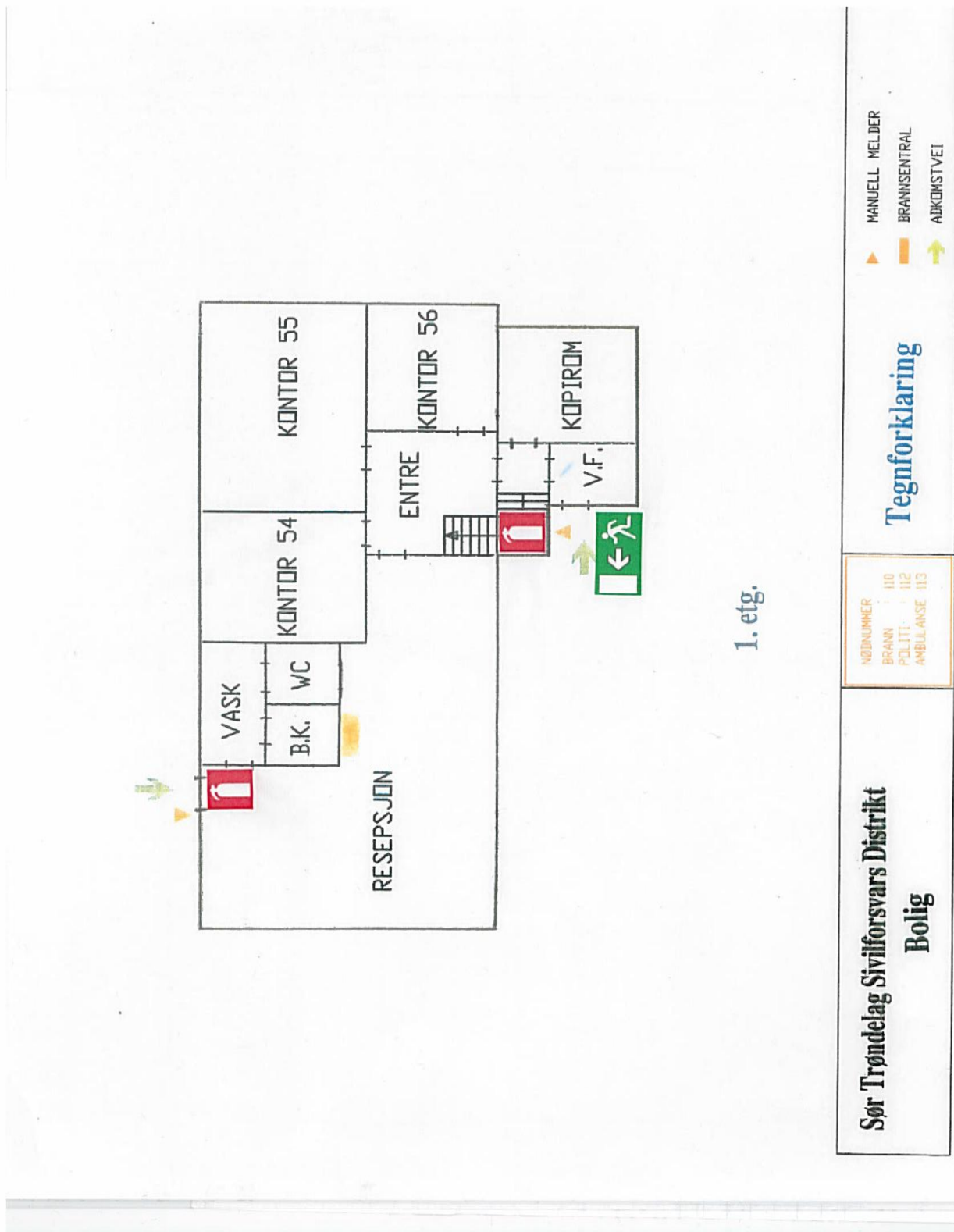
Horizontalsnitt av fasader og rom 1-3.

Se bilag I for spesifisering av eksakt plasseringen av termoelementene (TC).

TC plassert inne i isolasjonen i test 4a og 4b, og i luftrommet i test 4c.



Bilag F – Tegning



Figur F 1: Plantegning 1. etasje

Bilag G – Testinformasjon

Tabell G 1: Rom dimensjoner

Rom	Areal (m ²)	Takhøyde (m)	Volum (m ³)	Åpninger (m ²)	Åpninger
1	8,1	2,3-2,7	19,2	1,6	1 dør
2	8,7 (7,9)*	2,4 (2,3)*	20,9 (18,5)*	1,8	1 dør
3	18	2,4	33,1	1,8	1 dør

*Verdier for rommet når det var tilleggisolert med 70 mm PUR- og 100 mm PIR-paneler samt 50 mm plasthimling.

Tabell G 2: Testdagen

Test	Ute / Inne	Tidspunkt	Vind (m/s)	Temperatur (°C)	Testlengd (min)
1	Inne	ca. 9:50	-	ca. -5	11
2	Inne	ca. 10:20	-	ca. -5	5
3	Inne	ca. 12:00	-	ca. -5	5
4a	Ute	ca. 13:50	0,6	-1,3	4,5
4b	Ute	ca. 13:50	0,6	-1,3	7
4c	Ute	ca. 14:00	0,7	-1,3	4,5

Tabell G 3: Brannlast i testene

Prøvestykke	Brannlast	Ekstra brannlast	kg	MJ/kg	MJ	Tennkilde
Test 1 – Polykarbonat	PVC stol og PU madrass	Brannvesenet tenner på ekstra	2,2	20	44	4 stykk 10x10 cm, 1,5 dl heptan
Test 1 - Akryl	PVC stol og PU madrass	Brannvesenet tenner på ekstra	2,2	20	44	4 stykk 10x10 cm, 1,5 dl heptan
Test 2 – PUR og PIR	-	1 PU madrassbit på hver side	0,5	24	12	2 x 4 stykk 10x10 cm, 1,5 dl heptan
Test 3 – Tremateriale	-	2 PU madrassbiter på hver side	1,0	24	24	2 x 4 stykk 10x10 cm, 1,5 dl heptan
Test 4c – Tremateriale	PVC-dunk og PU-madrass		14,3	20	286	4 stykk 10x10 cm, 1,5 dl heptan
Test 4b – PIR	PVC-dunk og PU-madrass		17,2	20	344	4 stykk 10x10 cm, 1,5 dl heptan
Test 4a – PUR	PVC-dunk og PU-madrass		16,3	20	326	4 stykk 10x10 cm, 1,5 dl heptan

Oppbygging brannforsøk:

Branntest 1: Plastvinduer, innvendig

Plastvinduene ble fastmontert mellom to trelekter, 45 x 45 mm. Lektene ble skrudd fast til bygningens trestendere i de originale vindusåpningene med 3 skruer i hver lekt. Vinduene var derved helt fast (ikke åpningsbare). Hulrommet mellom lektene og bygningen ble tettet med Sika Boom Top-G.

Lysåpningene i veggen var ca. 110 x 120 cm (bxh). Plastvinduene hadde en lysåpning på ca. 100x110 cm.

Akrylvinduet ble montert i vindusåpningen i fasadetestveggen (gavlveggen).

Polykarbonatvinduet ble montert i vindusåpning mot gårdsplassen (fremsiden).

Branntest 2: Byggevarer av plast, innvendig

Himling:

Plasthimlingen i rom 2 var av typen hard homogen PVC, med tykkelse 0,8 mm. Himlingsplatene hadde en bredde på 106 cm, og de kan leveres i lengder på mellom 240 og 600 cm.

I dette rommet var det lagt inn en skjõt i senter av himlingen for å få med dette forholdet i branntesten, selv om det ikke hadde vært nødvendig med noen skjõt i et så lite rom som dette. Det var montert 3 plater i "lengden" (fra kortside til kortside mellom de to ulike typene isolasjoner).

Himlingsplatene var skrudd fast til taket med aluminiumsskruer, med c/c 300 mm i bredderetningen og c/c 700 mm i lengderetningen med motfase i bølgene.

Himlingsplatene ble kuttet i bredden på grunn av at det var et lite rom. I lengderetningen var det ca. 1,7 m til plateskjøten.

Det ble valgt å montere himlingen litt ut fra veggen slik at isolasjonene kunne monteres helt opp til den originale himlingen.

De originale tak- og gulvlister ble fjernet før byggevarene av plast ble montert.

Veggisolasjon med PUR-sandwichpaneler:

Sandwichpanelene med PUR-isolasjon hadde en tykkelse på 100 mm. Panelene ble satt ned i en bunnsvill som først hadde blitt skrudd fast til gulvet.

Toppen av panelene ble presset inn bak den nye himlingen. Avstanden mellom himlingen og panelene ble fuget med Soudafoam FR.

Rommet hadde en total bredde på 2,9 m, og det var to panelskjøter i bredden. I tillegg var et panel montert i hjørnet, dette panelet hadde en bredde på 0,8 m. Hvert panel hadde en bredde på 115 cm. Metall-lister ble skrudd fast over alle panelskjøtene.

Vindusåpningen ble tettet med steinull.

Totalt fire termoelementer ble festet rett på veggen bak sandwichpanelene.

	20 cm ned	80 cm ned	20 cm ned	
50 cm inn	TC		TC	50 cm inn
	220 cm opp		220 cm opp	
145 cm inn		TC	145 cm inn	
		160 cm opp		
50 cm inn	TC			
	100 cm opp			Brannen

Figur G 1: Termoelementplasseringen (TC) bak PUR-sandwichpaneler innvendig, se bilag I for TC plassering inne i rommet.

2,4 m høy	2,4 m høy	2,4 m høy	
1,15 m bred	1,15 m bred	0,6 m bred	2,4 m høy
		Brannen	
		0,8 m bred	

Figur G 2: Skjøtplassering av sandwichpanelene innvendig.

Veggisolasjon med PIR-isolasjonsplater:

Isolasjonsplatene med PIR-isolasjonen hadde not og fjær sammenføyning. Plateskjøtene ble fuget med Sika Boom Top-G eller Tytan Gun. Tytan Gun ble brukt som alternativ da den kan benyttes ved monterings temperaturer ned til -10°C . Platene hadde en bredde på 1,2 m og en høyde på 1,9 m. Tykkelsen på platene var 70 mm.

Platene ble skrudd fast med trelekter til veggene. Lektene var plassert med c/c 600 mm, og skruene ble montert med c/c 600-900 mm.

Vanligvis vil isolasjonsplatene bli kledd med en type platekledning (for eksempel gipsplater) som blir skrudd fast til trelektene.

Det var to vertikale skjøter i bredden og to horisontale skjøter i høyden. Rommet hadde en totale bredde på 2,9 m og høyde på 2,4 m. Et felt var montert i hjørnet, disse platene hadde en bredde på 1,2 m. De horisontale skjøtene var plassert i motfase med to oppe og en nede i bredden av rommet.

Dimensjoner på not og fjær var at fjærdelen har 20 mm bredde på topp med en høyde på 14 mm og 24 mm på hver av sidene. Not-delen hadde 25 mm bredde på bunn med dybde 20 mm og 20 mm på hver av sidene.

Totalt fire termoelementer ble montert direkte på veggen bak PIR-isolasjonsplatene.

	20 cm ned	80 cm ned	20 cm ned	
50 cm inn	TC		TC	50 cm inn
145 cm inn		TC	145 cm inn	
		220 cm opp		
			TC	50 cm inn
			100 cm opp	
Brannen				

Figur G 3: Termoelementplassering bak PIR-platene innvendig, se bilag I for TC plassering inne i rommet.

		0,55 m høy	1,9 m høy	0,55 m høy
		1,9 m høy		1,9 m høy
			0,55 m høy	
0,55 m høy	1,9 m høy	1,2 m bred	1,2 m bred	0,5 m bred
		Brannen 1,2 m bred		

Figur G 4: Skjøtplassering av PIR-isolasjonsplater innvendig.

Branntest 3: Original trekledning, innvendig

Sponplatene på veggene hadde en overflate av typen malt strietapet. Taket hadde en sponplatehimling som var malt. Rommet hadde skrå himling med 40 cm høydeforskjell mellom senter av rommet og ut mot sidene.

Betonggulvet ble ”isolert” med kryssfinérplater som ble lagt løst ut på gulvet.

De to åpningene i rommet ventilasjonslyren og vinduet, ble tettet med steinull.

For TC plassering inne i rommet se bilag I.

Branntest 4a: PUR-sandwichpaneler, utvendig

Fasadeisolasjon:

For å montere de utvendige sandwichpanelene ble først en bunnlist skrudd fast til veggen. Panelene ble så plassert liggende på bunnlisten for etterpå å bli skrudd fast direkte til veggen.

Panelene hadde not og fjær i skjøtene, og fjærdelen ble rettet oppover for å forenkle monteringen.

Sandwichpanelene hadde også en vertikal skjøt. Denne ble dekket med et flattstålbeslag, som hadde en bredde på 20 cm. Flattstålbeslaget ble skrudd fast til begge panelene med en c/c avstand på 150 mm. De horisontale skjøtene hadde ikke noen stålbeslag. Det var to skjøter i høyden og en skjøt i bredden slik at fasadefeltet hadde en total bredde og høyde på 3x3 m. Alle ytterkanter ble avsluttet med et stålinkelbeslag som ble skrudd fast til panelene med, c/c 450-500 mm.

Det ble boret et lite hull i baksiden av panelene til hver av de 6 termoelementene, slik at disse kunne monteres ca. 1 cm inn i panelenes isolasjon.

		<i>TC*</i>		
	1 m ned (0,3 m fra skjøt)		1 m ned (0,3 m fra skjøt)	
0,8 m inn	TC		TC	0,8 m inn
	1,5 m inn	TC		
		1,7 m opp (0,55 m fra skjøt)		
0,8 m inn	TC		TC	0,8 m inn (0,3 m fra skjøt)
	1,3 m opp (0,15 m fra skjøt)		1,3 m opp (0,15 m fra skjøt)	
	1,5 m inn	TC		
		0,55 m opp		
1 m opp fra bakkenivå		Brannen		

Figur G 5: Termoelementplassering på baksiden av de utvendige PUR-sandwichpanelene. *TC** ble ikke montert på grunn av koordineringsproblemer mellom montørene og teknikerne.

Terrassetak:

Taket over søppelbeholderen var et enkelt terrassetak av PVC, med en tykkelse på 1 mm. Taket hadde en bredde på 1,06 m og lengde på 1,55 m. Grunnet tidspress ble det ikke montert noen vegger rundt søppelbeholderen.

Terrassetaket ble skrudd fast til et rammeverk av trebjelker med dimensjoner 98 x 48 mm. Høyden til taket ble valgt med utgangspunkt i at det skulle være mulig å kunne skru fast taket til veggen. En høyere plassering ville ført til at taket kom i høyde med bygningens vindusåpning hvilket hadde ført til at det ikke var noen mulighet for innfesting av takkonstruksjonen.

Taket ble konstruert og montert slik at det ble en skrå vinkel nedover bort fra veggen. Det var en høyde på 1,8 m opp til takflaten i fremkant og 2,2 m ved veggen. Takets bjelkelag var montert helt tett inntil veggen, men himlingen var luftet slik at det var en åpning inne ved

veggen. Luftespalten mellom terrassetaket og sandwichpanelene var på mellom 0,2-1,0 cm (det var en trelekt innerst mot kledningen).

Banntest 4b: PIR-isolasjonsplater, utvendig

Fasadeisolasjon:

PIR-isolasjonen ble skrudd fast til 45 x 45 mm trelekter med c/c mellom 550 og 650 mm.

Testfasaden hadde en bredde på 2,6 m (grunnet takutstikk som hindret bredere veggflate) og en høyde på 3 m i nesten hele bredden (grunnet det andre takutstikket fikk den ytterste delen en høyde på kun 2,6 m). Bredden på isolasjonsplatene var 1,2 m. To hele plater samt en delt plate med en bredde på 0,2 m ble montert til en total bredde på 2,6 m. De horisontale skjøtene var fordelt i høyden med 1,8 m på begge sider og 1,2 m høye plater på de to andre. Den ytterste platen ble kuttet i flukt med taket slik at høyden gikk ned til 2,6 m.

En luftet trekledning av furu med dobbelt fals ble monter over isolasjonsplatene. Trekledningene hadde en tynneste tykkelse på 8 mm, mens selve bordet hadde en tykkelse på 19 mm. Bredden på trekledningen var 150 mm. Kledningene ble spikret fast til 45x45 mm trelekter som var montert på utsiden av isolasjonsplatene.

		TC		
	1 m (0,3 m fra skjøt)		1 m (0,3 m fra skjøt)	
0,8m	TC 19		TC	0,8m
	1,5 m	TC		
		1,7 m (0,55 m fra skjøt)		
0,8m	TC		TC	0,8 m (0,3 m fra skjøt)
	1,3 m (0,15 m fra skjøt)		1,3 m (0,15 m fra skjøt)	
	1,5 m	TC		
		0,55 m		
0,8 m fra bakkenivå		Brannen		

Figur G 6: Termoelementplassering: 7 stykk termoelementer ble presset ca. 1 cm inn i isolasjonsplatene. TC-plasseringen ble tilpasset skjøtene, slik at ikke noen av termoelementene kom nærmere en skjøt enn det som var tilfellet i test 4a.

Terrassetak:

Taket over søppelbeholderen var et enkelt terrassetak av PVC, med en tykkelse på 1 mm. Taket hadde en bredde på 1,06 m og lengde 1,55 m. Grunnet tidspress ble det ikke montert noen vegger rundt søppelbeholderen.

Terrassetaket ble skrudd fast til et rammeverk av trebjelker med dimensjoner 98 x 48 mm. Høyden til taket ble valgt med utgangspunkt i at den skulle tilsvare høyden i test 4a.

Taket ble konstruert og montert slik at det ble en skrå vinkel nedover bort fra veggen. Det var en høyde på 1,65 m opp til takflaten i fremkant og 2,1 m ved veggen. Takets bjelkelag var montert helt tett inntil veggflaten, men himlingen var luftet slik at det var en åpning inne ved veggen. Luftespalten mellom terrassetaket og trekledningen var ca. 0,5 cm (det var en trelekt innerst mot kledningen). Høyden til terrassetaket ble valgt for å likne på forholdene i test 4a.

Branntest 4c: Trekledning, utvendig

En utvendig luftet trekledning ble montert direkte mot trelekter likt som i test 4b, men dette testfeltet var uten isolasjon. Dette feltet ble bygget opp med en litt lavere høyde, kun 2,5 m, grunnet at høyden opp til raftet ikke tillot et høyere testfelt. Bredden på feltet var 3 m.

Trelekter, 45 x 45 mm, ble skrudd fast direkte til ytterveggen. Lektene ble montert litt ujevnt, men var fordelt med ca. c/c 60 cm. Trekledningen av furu ble spikret fast til trelektene. Bredden på trekledningen var 150 mm. Trekledningen hadde en maksimal tykkelse på 19 mm, og i sammenføyningen var den som tynnest 8 mm.

Taket over søppelbeholderen var et luftet isolerende terrassetak av PVC. Taket hadde en total tykkelse på 16 mm, men bygget opp med 4 luftekanaler. Terrassetaket ble skrudd fast til et rammeverk av trebjelker med dimensjoner 98 x 48 mm.

Taket hadde en bredde på 1,6 m og en lengde på 2,0 m. Terrassetaket var montert slik at det ble en skjøt på midten. Over denne skjøten ble det skrudd fast en aluminiumslist, liknende aluminiumslister ble i tillegg montert langs sidene av taket.

Høyden til taket ble valgt med utgangspunkt i at det skulle være mulig å kunne skru fast taket til veggen. En høyere plassering ville ført til at taket kom i høyde med bygningens vindusåpning hvilket hadde ført til at det ikke var noen mulighet for innfesting av takkonstruksjonen.

Taket ble konstruert og montert slik at det ble en skrå vinkel nedover bort fra veggen. Det var en høyde på 1,5 m opp til takflaten i fremkant og 2,1 m ved veggen. Takets bjelkelag var montert helt tett inntil veggflaten, men himlingen var luftet slik at det var åpninger inn mot veggen. Luftespalten mellom taket og trekledningen var mellom 1,5-4,0 cm (det var ikke noen trelekt innerst mot kledningen).

Bjelkelaget ble montert helt tett inntil veggflaten, men himlingen var luftet slik at det var en åpning inne ved veggen. Grunnet tidspress ble det ikke montert noen vegger rundt søppeldunken.

		TC		
	1 m ned (0,3 m fra skjøt)		1 m ned (0,3 m fra skjøt)	
0,8 m inn	TC		TC	0,8 m inn
	1,5 m inn	TC		
		1,7 m opp (0,55 m fra skjøt)		
0,8 m inn	TC		TC	0,8 m inn (0,3 m fra skjøt)
	1,3 m opp (0,15 m fra skjøt)		1,3 m opp (0,15 m fra skjøt)	
	1,5 m inn	TC 22		
		0,55 m opp		
0,86 m opp fra bakkenivå		Brannen		

Figur G 7: Termoelementplassering trekledning utvendig: 7 stykk termoelementer ble montert bak trekledningen i luftrommet.

Bilag H – Testobservasjoner

Tabell H 1: Observasjoner i branntest 1 - Plastvinduer

Tidspunkt [min:s]	Observasjoner branntest 1
0:32	Polykarbonatvinduet "knaker".
1:09	Polykarbonatvinduet buler ut.
1:23	Polykarbonatvinduet siger / "smelter".
1:30	Akrylvinduet buler.
2:26	Polykarbonatvinduet "knaker".
3:00	Ingen flammer ved polykarbonatvinduet.
3:10	Ingen flammer ved akrylvinduet.
6:25	Brannvesenet starter en ny brann ved hvert vindu.
8:00	Stor brann ved vinduene som dekker hele flaten.
8:20	Akrylvinduet buler mer.
8:47	Polykarbonatvinduet buler mer.
9:50	Brannvesenet forsøker å åpne polykarbonatvinduet, det går ikke vinduet er seigt.
11:00	Flatene er hele, de har ikke sprukket opp, de brenner ikke. Brannvesenet avslutter testen.

Tabell H 2: Observasjoner i branntest 2 – Byggevarer av plast

Observasjoner branntest 2 – Informasjon fra brannvesenet
Hele plathimlingen dryppet / rant ned.
PIR-isolasjonens overflate brant godt.
Sandwichpanelene brant ikke noe særlig. Det var mest tennkilden som brant.
Det ble lagt på en ekstra madrassbit på hver side etter et par minutter.
PIR-isolasjonens overflate brant før det ble lagt på flere madrassbiter.
Det var lite energi før de ekstra madrassbitene ble lagt på.
Himlingen brant videre ut fra hjørnet til PIR-isolasjonen.
Det var enkelt å slokke brannen.
Brannen gikk til overtenning i rommet.
Plathimlingen var det som produserte mest røyk i rommet, ellers var utviklingen ganske lik den i rommet med de originale materialene.

Tabell H 3: Observasjoner i branntest 3 – Byggevarer av trematerialer

Observasjoner branntest 3 – Informasjon fra brannvesenet
To ekstra madrassbiter ble lagt ut på hver side av rommet etter et par minutter.
De originale overflatene var tregere å brenne enn overflaten til PIR-isolasjonen.
Overflaten til PIR-isolasjonen bidrog mer til brannen enn de originale overflatene.
De originale materialene oppførte seg likt veggene i rom 2, men mest likt sandwichpanelene.
Den valgte tennkilden varte ikke i 10 minutter.

Tabell H 4: Observasjoner i branntest 4a – PUR-isolasjon og uisolert terrassetak.

Tidspunkt [min:s]	Observasjoner branntest 4a
1:00	Flammer kommer ut av søppelbeholderen.
1:40	Madrassen brenner godt.
3:05	Terrassetaket smelter.
3:40	Søppelbeholderen smelter ned.
7:00	Det skjer ikke noe mer med sandwichpanelene. Brannen er stabil og den vokser seg ikke stor igjen. Brannen blir slokket.

Tabell H 5: Observasjoner i branntest 4b – PIR-isolasjon og uisolert terrassetak.

Tidspunkt [min:s]	Observasjoner branntest 4b
1:00	Flammer kommer ut av søppelbeholderen.
1:40	Madrassene brenner godt.
2:00	Trekledningen har stikkflammer.
3:20	Terrassetaket smelter delvis bort.
3:28	Trekledningen brenner.
3:40	Søppelbeholderen smelter ned.
3:50	PIR-isolasjonen brenner bak kledningen. Trekledningen brenner ikke lenger.
4:30	Brannvesenet begynner å slokke PIR-isolasjonen og søppelbeholderen.

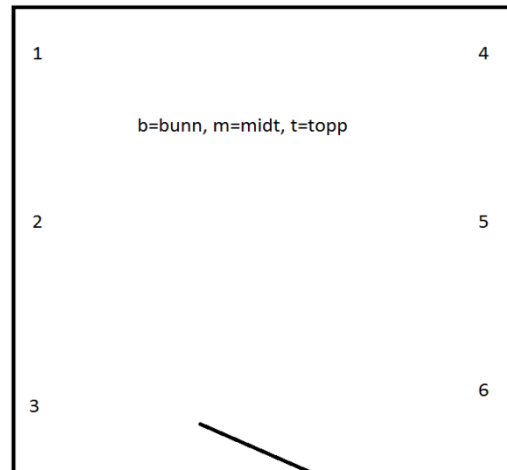
Tabell H 6: Observasjoner i branntest 4c – Trekledning og isolert terrassetak.

Tidspunkt [min:s]	Observasjoner brann 4c
1:12	Flammer kommer ut av søppelbeholderen og opp langs trekledningen.
2:05	Søppelbeholderen faller sammen.
2:18	Noen små stikkflammer inn bak trekledningen.
4:30	Søppelbeholderen brenner med kun små flammer, det blir ikke noe mer.
4:40	Brannen blir slokket. – terrassetaket har ikke smeltet.

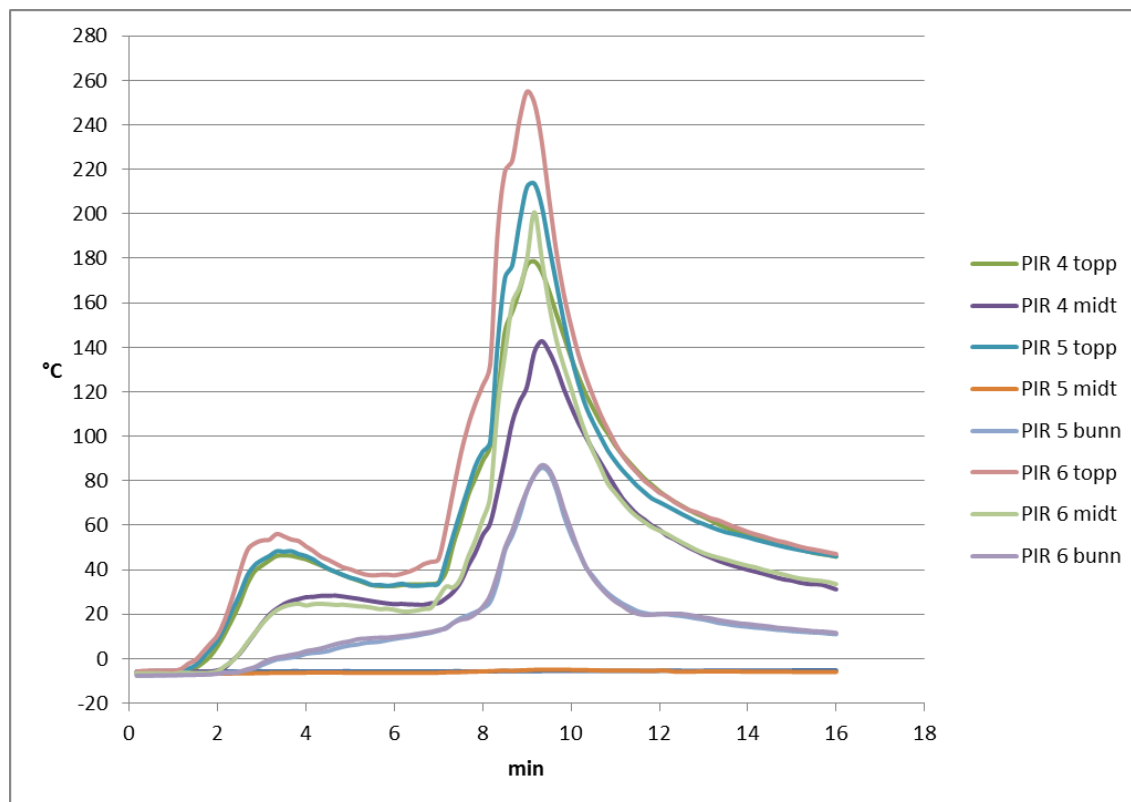
Bilag I – Temperaturregistreringer

Tabell I 1: Termoelementplassering.

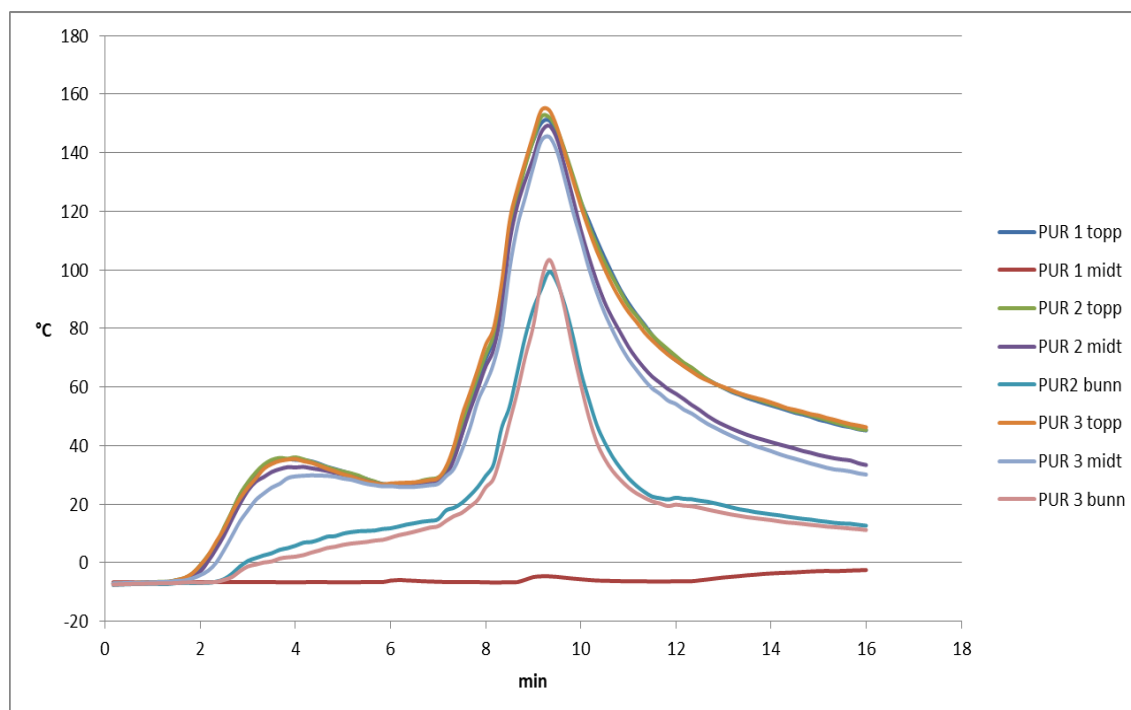
Loggenavn	Koordinat fra instrumentering	Grafnavn	Forklaring (For plassering, se figur)
1t	1t	1t	
1m	1m	1m	
2t	2t	2t	
2m	2m	2m	
2b	2b	2b	
3t	3t	3t	
3m	3m	3m	
3b	3b	3b	
4t	4t	4t	
4m	4m	4m	
5t	5t	5t	
5m	5m	5m	
5b	5b	5b	
6t	6t	6t	
6m	6m	6m	
6b	6b	6b	
1	1	1	Bak PUR senter
2	2	2	Bak PUR øverst mot brannen
3	3	3	Bak PUR øverst bort fra brannen
4	4	4	Bak PUR nederst bort fra brannen
5	5	5	Bak PIR senter
6	6	6	Bak PIR øverst mot brannen
7	7	7	Bak PIR øverst bort fra brannen
8	8	8	Bak PIR nederst bort fra brannen
31	16	16	PIR nederst til venstre
32	19	19	PIR øverst til venstre
12	25	25	Trekledning øverst til høyre
13	24	24	Trekledning nederst til høyre
14	22	22	Trekledning nederst i midten
15	27	27	Trekledning senter
16	28	28	Trekledning øverst i midten
17	23	23	Trekledning øverst til venstre
18	26	26	Trekledning nederst til venstre
19	13	13	PUR Utvendig øverst til høyre
21	11	11	PUR nederst til høyre
22	14	14	PUR øverst til venstre
23	12	12	PUR senter
24	10	10	PUR nederst til venstre
25	9	9	PUR nederst i midten
26	18	18	PIR øverst til høyre
27	15	15	PIR nederst i midten
28	20	20	PIR senter
29	19	17	PIR nederst til høyre
210	21	21	PIR øverst i midten



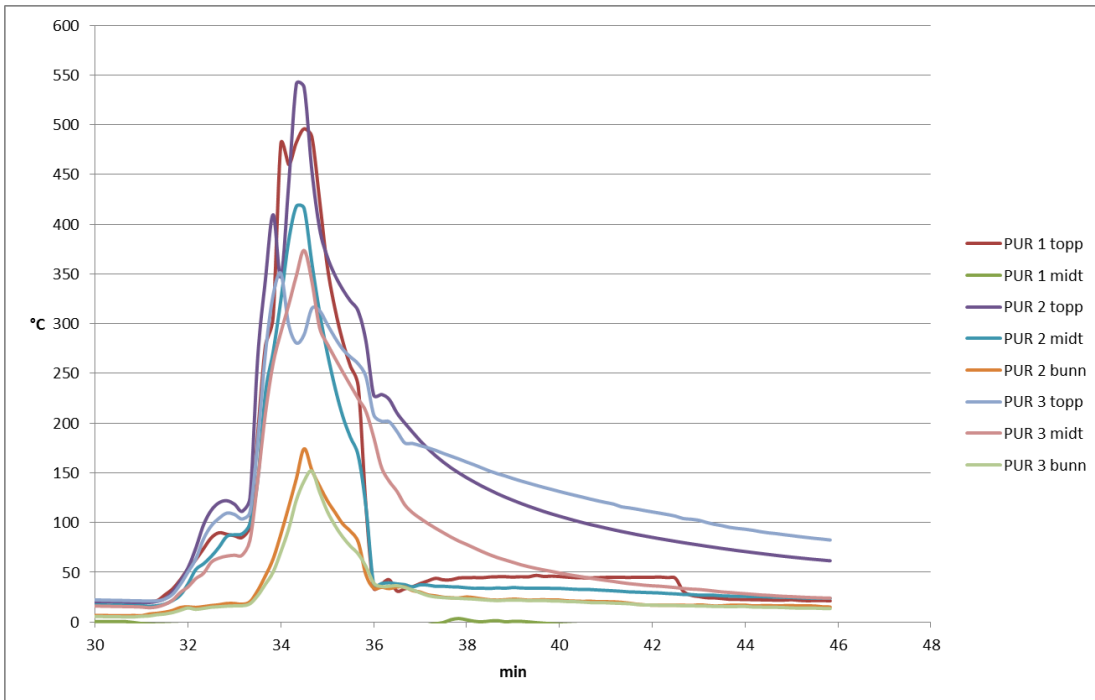
Bak PUR senter
 Bak PUR øverst mot brannen
 Bak PUR øverst bort fra brannen
 Bak PUR nederst bort fra brannen
 Bak PIR senter
 Bak PIR øverst mot brannen
 Bak PIR øverst bort fra brannen
 Bak PIR nederst bort fra brannen
 PIR nederst til venstre
 PIR øverst til venstre
 Trekledning øverst til høyre
 Trekledning nederst til høyre
 Trekledning nederst i midten
 Trekledning senter
 Trekledning øverst i midten
 Trekledning øverst til venstre
 Trekledning nederst til venstre
 PUR Utvendig øverst til høyre
 PUR nederst til høyre
 PUR øverst til venstre
 PUR senter
 PUR nederst til venstre
 PUR nederst i midten
 PIR øverst til høyre
 PIR nederst i midten
 PIR senter
 PIR nederst til høyre
 PIR øverst i midten



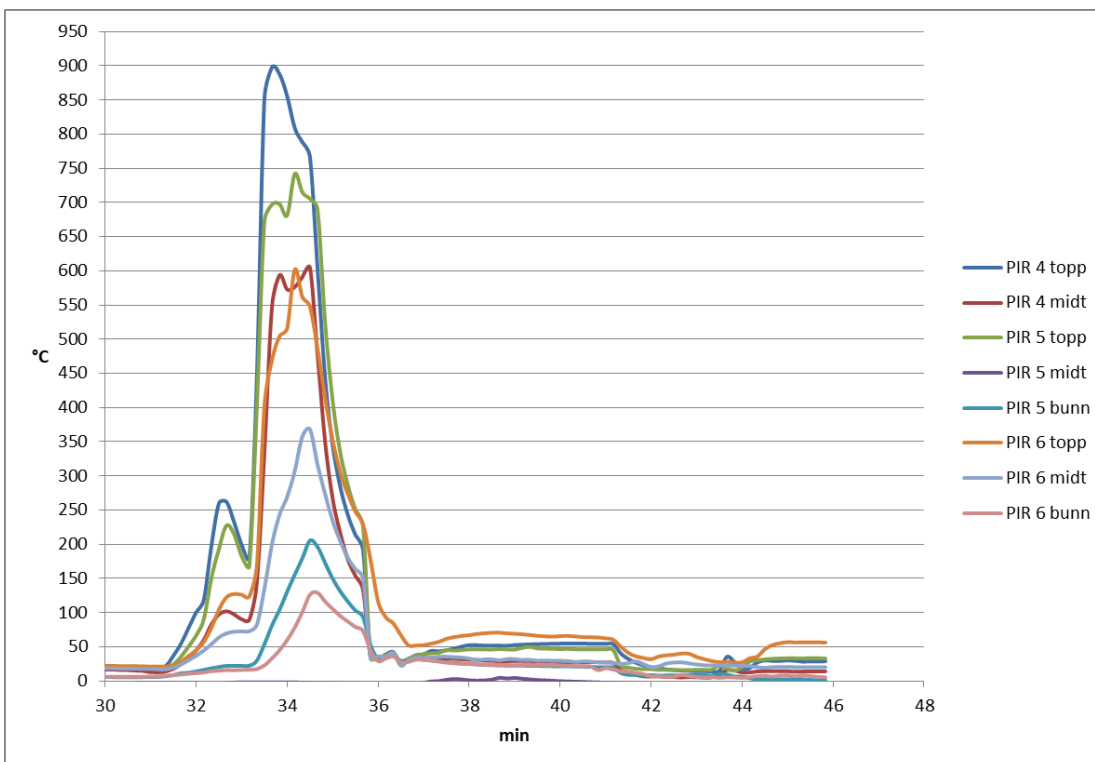
Graf I 1: Temperaturregistreringene er gjort samtidig med branntesten av plastvindue i testrom 2, ca. 100 mm fra veggen med PIR-isolasjonen (veggen nærmest døråpningen).



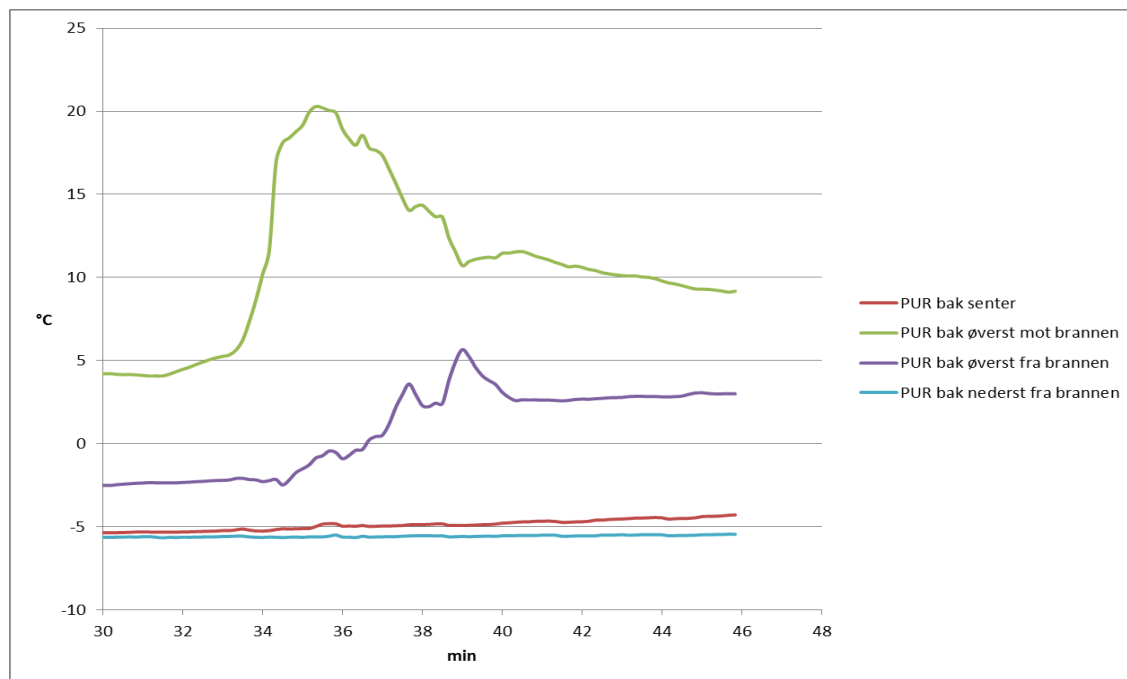
Graf I 2: Temperaturregistreringene er gjort samtidig med branntesten av plastvindue i testrom 2, ca. 100 mm fra veggen med PUR-isolasjonen.



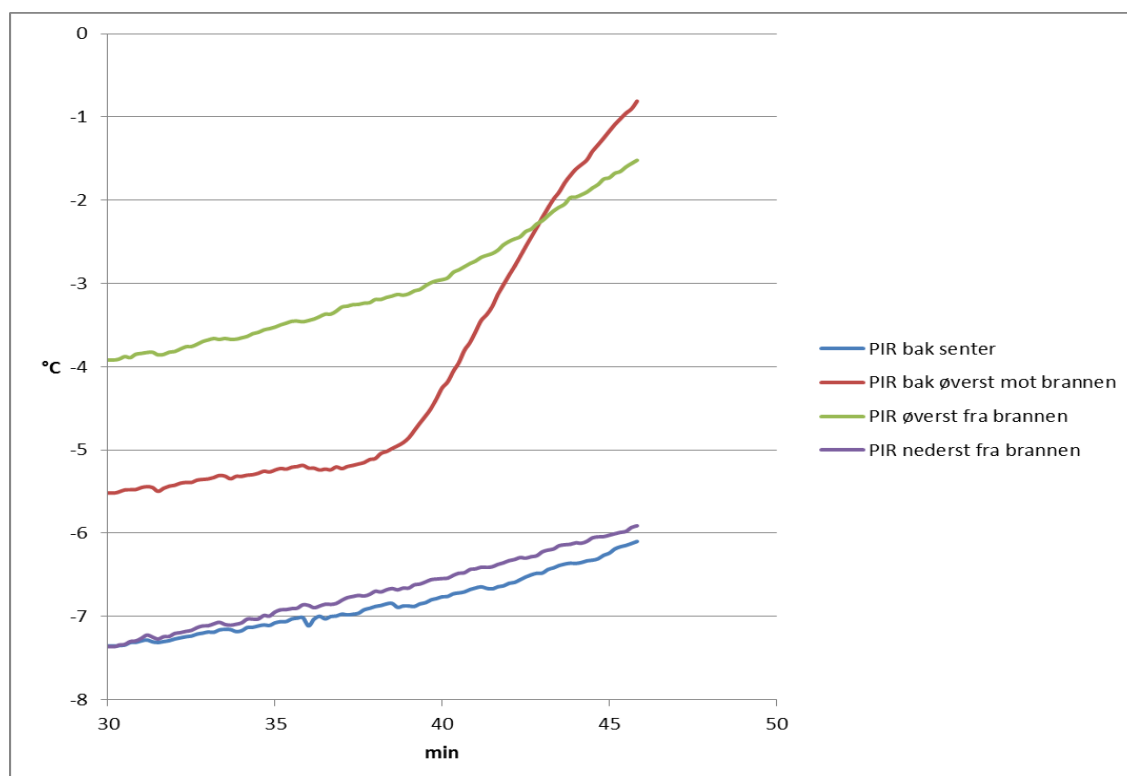
Graf I 3: Temperaturregistreringer ved branntest av byggevarer av plast i rom 2, ca. 100 mm fra veggen med PUR-isolasjonen. Tennkilden i denne branntesten ble antent ved ca. 31 minutter.



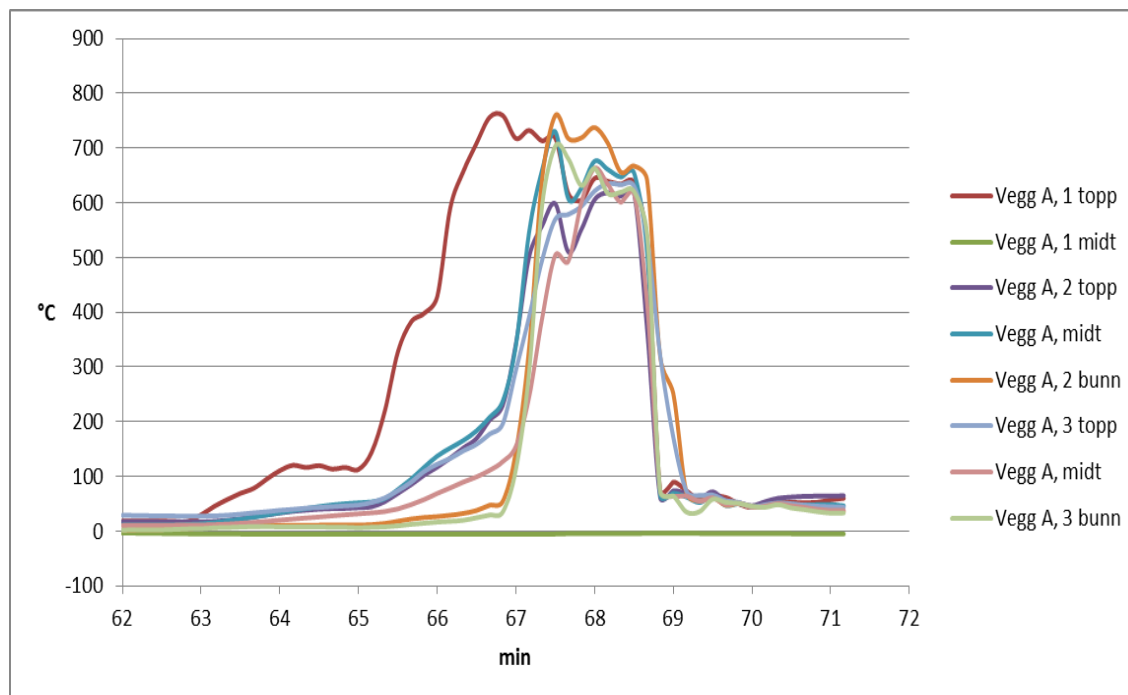
Graf I 4: Temperaturregistreringer ved branntest av byggevarer av plast i rom 2, ca. 100 mm fra veggen med PIR-isolasjonen. Tennkilden i denne branntesten ble antent ved ca. 31 minutter.



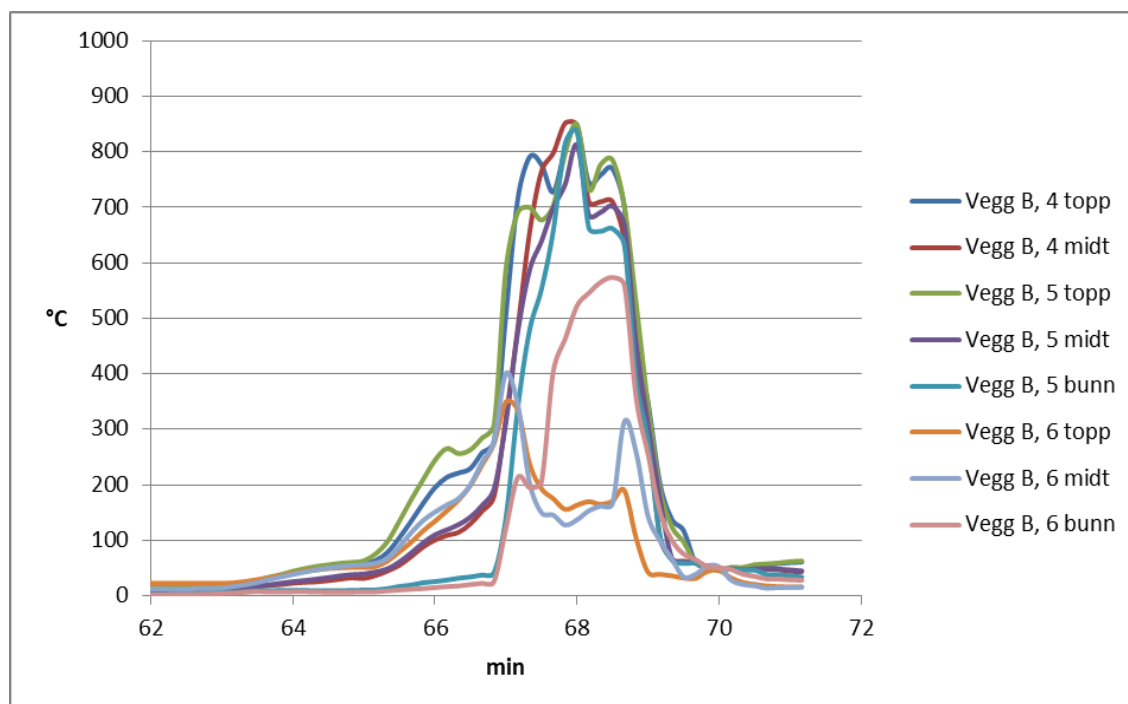
Graf I 5: Temperaturregistreringer bak PUR-isolasjonen i rom 2. Tennkilden i denne branntesten ble antent ved ca. 31 minutter.



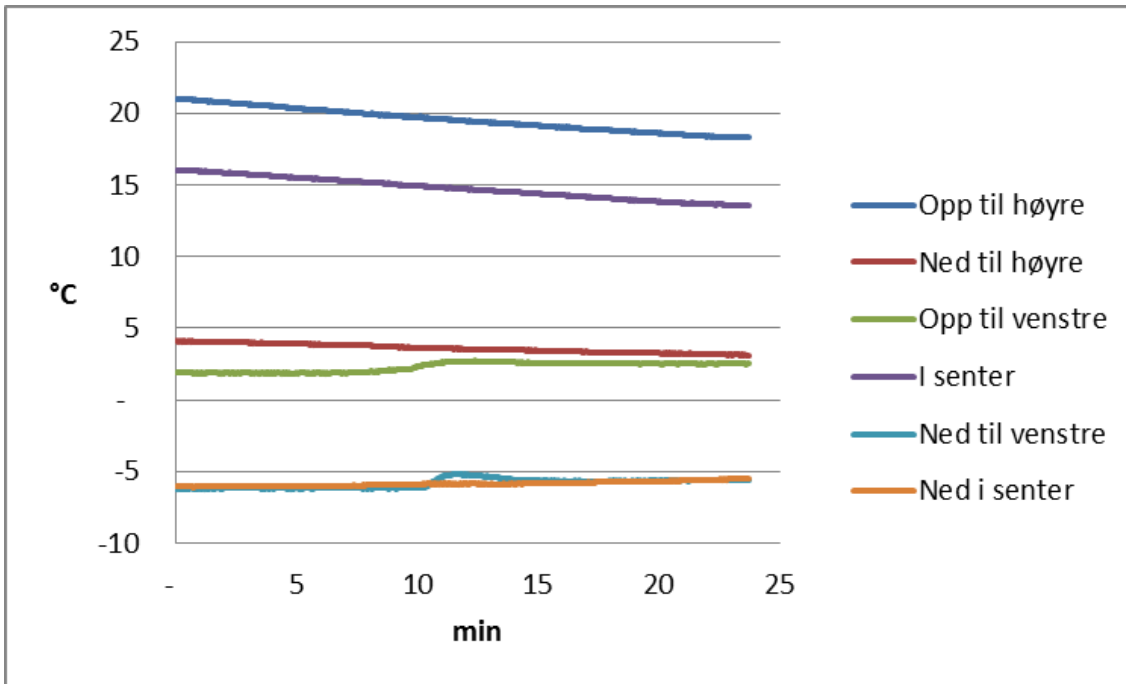
Graf I 6: Temperaturregistreringer bak PIR-isolasjonen i rom 2. Starttemperaturen er meget lav grunnet at bygningen ikke var oppvarmet og utetemperaturen hadde vært langt under -10 °C i en lengere periode før branntestene ble gjennomført. Tennkilden i denne branntesten ble antent ved ca. 31 minutter.



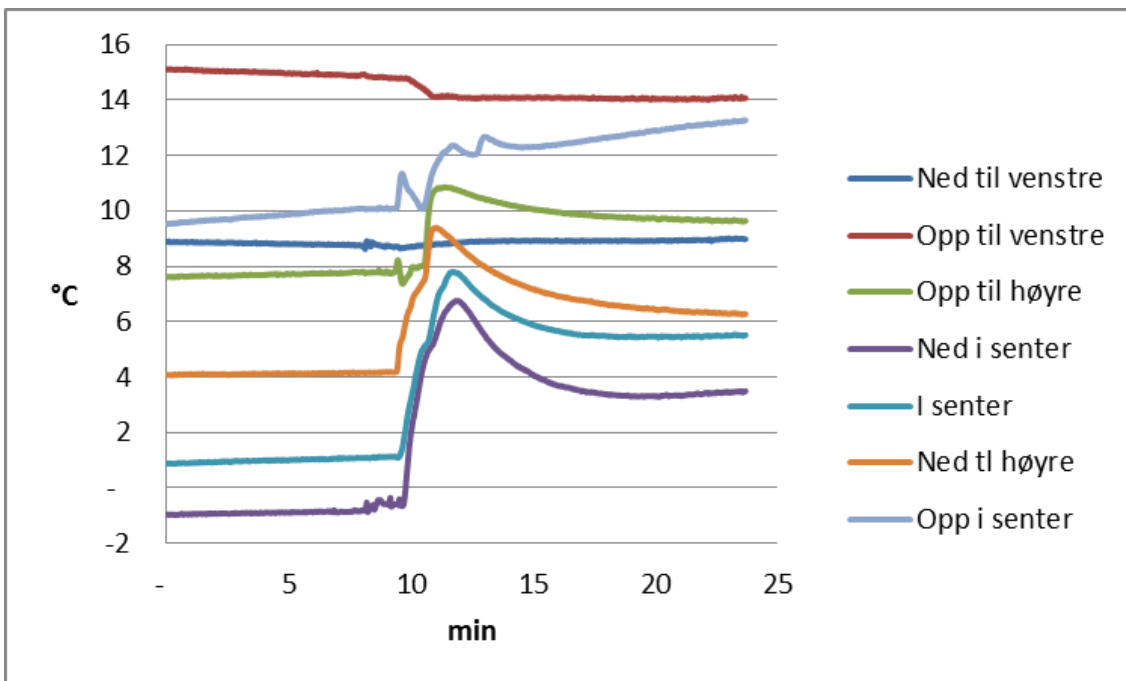
Graf I 7: Temperaturregistreringer ved branntest av trematerialer i rom 1, ca. 100 mm fra veggen. Det er ukjent om vegg A eller B ble plassert til høyre eller venstre, på grunn av at det var brannvesenet som flyttet termoelementene fra testrom 2 til testrom 1. Tennkilden i denne branntesten ble antent ved ca. 63 minutter.



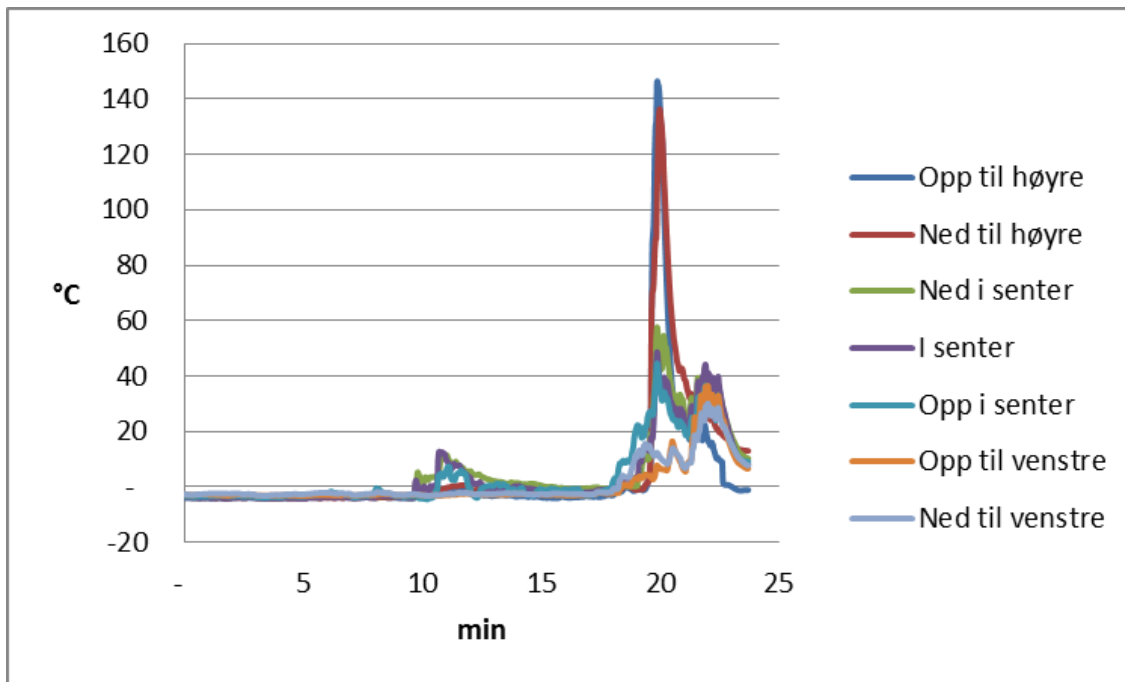
Graf I 8: Temperaturregistreringer ved branntest av trematerialer i rom 1, ca. 100 mm fra veggen. Tennkilden i denne branntesten ble antent ved ca. 63 minutter. Noen av termoelementene ble mest sannsynlig forstyrret av brannvesenet når de gikk inn for å legge på mer brannlast.



Graf I 9: Test av byggevarer av plast, utvendig. Temperaturregistreringene er gjort ca. 1 cm inn i PUR-isolasjonen. Sjøppelbeholderen i denne testen ble antent ved ca. 8 minutter.



Graf I 10: Test av byggevarer av plast, utvendig. Temperaturregistreringene er gjort ca. 1 cm inn i PIR-isolasjonen. Sjøppelbeholderen i denne testen ble antent ved ca. 8 minutter.



Graf I 11: Test av trematerialer, utvendig. Temperaturregistreringene er gjort i hulrommet bak trekledningen. Sjøppelbeholderen i denne testen ble antent ved ca. 18 minutter. Temperaturendringene mellom 10 og 12 minutter er mest sannsynlig grunnet testen 4b.

Bilag J – Uttaksskjema

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige
universitet

Fakultet for arkitektur
og billedkunst



Saksbehandler
Ero

MASTEROPPGAVE I STUDIEPROGRAMMET MASTER I EIENDOMSUTVIKLING OG FORVALTNING

for

Masterstudent: **Eva Andersson**

Fagområde Eiendomsutvikling og -forvaltning:

Utleveringsdato: 2012-09-01

Innleveringsdato: 2013-06-22

Tittel (Norsk): Brannsikkerhet i bygninger med byggevarer av plast.

Tittel (Engelsk): Fire safety in buildings with building products of plastic.

Formål Identifisere branntekniske problemområder knyttet til byggevarer av plast i bygninger, og vurdere hvordan disse produktene har deltatt i brannutvikling og brannspredning.

Følgende hovedpunkter skal behandles:

1. Sammenstilling av erfaringer beskrevet i rapporter basert på inntrufne branner med byggevarer av plast.
2. Intervjuer av politi og brannvesen for å få oppsummert erfaringer med byggevarer av plast som ikke er gjengitt i noen rapporter.
3. Sammenligne erfaringene fra inntrufne branner med angitt kravsnivå i VTEK10.

TRONDHEIM

(sted)

30.9.2012

(dato)

Veileder / Fagleder ved NTNU

Leder for studieprogrammet

ISBN 00-0000-000-0

