



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Vindussprinkling for å motvirke utvendig vertikal brannspredning



BachelorOppgave utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Sikkerhet, Brannteknikk

Av: Marianne Rønquist
Stein Kyrre Kvinge
Kristoffer H, Soldal

Kand.nr. 1
Kand.nr. 2
Kand.nr. 3

Haugesund

Våren 2007



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Studie for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Vindussprinkling for å motvirke utvendig vertikal brannspredning		(Fylles ikke ut)
Utført av Kristoffer H. Soldal, Stein Kyrre Kvinge og Marianne Rønquist		
Linje Sikkerhet		Studieretning Brannteknikk
Gradering Åpen	Innlevert dato 01.06.07	Veiledere Arjen Kraaijeveld (intern) Per Arne Lindvik (ekstern)

Ekstrakt

En av de vanligste årsakene til brannspredning mellom ulike plan, er flammer ut av vindu. En måte å forhindre dette på er ved hjelp av vindussprinkling. Dette er et sprinklerhode som ved brann dekker eksponert side av vinduet med vann for å beskytte glasset.

Denne oppgaven tar for seg å teste vindussprinkling i praksis med fullskala forsøk.

Vindussprinkling viste seg å fungere med fullt utviklet brann i et ISO-rom. Bortsett fra sprekker i innerglasset var vinduet intakt. Glasset var hele tiden kaldt på utsiden og ingen røyk slapp gjennom konstruksjonen.

Det har og blitt testet en prototyp på brannglass, med ramme i PVC og stål. Denne konstruksjonen lakk røyk og glasset falt ut av rammen etter kort tid.

BACHELOROPPGAVE

Studenten(e)s navn: Kristoffer H. Soldal, Stein Kyrre Kvinge og Marianne Rønquist

Linje & studieretning Brann

DENNE SIDEN SKAL IKKE BRUKES, ERSTATTES MED ORIGINAL!!!

Oppgavens tittel: *Vindussprinkling*

Oppgavetekst:

En av de vanligste måter en brann sprer seg på, er via utvendig fasade fra etasje til etasje. Ved store vindusflater er man nødt til å kompensere for manglende kjølesoner. Ett kompenserende tiltak som benyttes er å sprinkle glasset fra innsiden.

Denne oppgaven tar for seg å teste vindussprinkling og brannglass. Dette skal gjøres ved fullskala forsøk med overtenning i et rom og det skal ses på hvordan flere ulike løsninger fungerer i praksis.

Endelig oppgave gitt: *(senest 08.03 – da fjernes dette og réell dato settes i stedet!)*

Innleveringsfrist: Fredag 4.mai 2007 kl. 12.00

Intern veileder Arjen Kraaijeveld

Ekstern veileder *Per Arne Lindvik, NorFlam*

**Godkjent av
studieansvarlig:**

Dato:



Forord

Denne rapporten inngår som en del av bacheloroppgaven, som er siste del av utdanningen som branningeniør ved Høgskolen Stord/Haugesund. Oppgaven er utvidet og har et omfang på 20 studiepoeng. Den skal vise noe av de kunnskaper og evner vi har tilegnet oss i løpet av den treårige utdannelsen.

Høsten 2006 hadde vi samtaler med en av våre forelesere, Kristian Grimstvedt, som til daglig jobber i NorFlam, vedrørende bacheloroppgave. Etter litt diskusjon valgte vi å skrive om vertikal brannspredning fra vindu til vindu, og hvordan dette eventuelt kunne hindres ved hjelp en spesiell type sprinkler. Denne skal kjøle hele glasset fra innsiden i brannrommet. Vi syntes dette hørt spennende og utfordrende ut. Prosjektet innebærer en stor del praktisk arbeid på ResQ, som gir en god anledning til å få arbeidet med fagfeltet på en annen måte enn vi er vant til.

Det praktiske arbeidet med forsøkene har gitt oss mye nyttig erfaring, både når det gjelder tekniske problemstillinger som må løses og når det gjelder organisering og samarbeid med firmaer og personer utenfor skolen.

Rapporten er først og fremst ment til å leses av personer som jobber innen brannteknisk prosjektering og innen brannsikkerhet i glassbransjen.

For å kunne gjennomføre dette prosjektet, var vi avhengige av hjelp fra en rekke mennesker. Vi ønsker derfor spesielt å takke:

Arjen Kraaijeveld (intern veileder ved HSH)
Per Arne Lindvik (ekstern veileder) og Kristian Grimstvedt i NorFlam
Alf Reidar Nilsen, HSH
Martin Frøyland og Przemysław Szwarz ved Frøyland Glass
Professor Torgrim Log
Tore Tronrud, Pilkington
Jon Erik Holmli, Tyco
Gert Jan Mooi, Tyco i Nederland
Leiv Anfinn Drange
Gisle Kleppe, HSH

Haugesund, 31.05.2007

Stein Kyrre Kvinge

Kristoffer H. Soldal

Marianne Rønquist



Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Innholdsfortegnelse.....	ii
Tabelliste.....	iv
Figurliste.....	iv
Nomenklatur.....	vi
Sammendrag.....	viii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Formål.....	1
1.3 Problemstilling.....	1
1.4 Avgrensing.....	1
2 Teori.....	2
2.1 Varmeproduksjon.....	2
2.1.1 Forbrenningsrate.....	2
2.2 Varmetransport.....	3
2.2.1 Konduksjon.....	3
2.2.2 Konveksjon.....	4
2.2.3 Stråling.....	4
2.2.4 Virkning av varmestråling.....	7
2.3 Faser i rombann.....	7
2.3.1 Antennelse.....	7
2.3.2 Vekstfasen.....	8
2.3.3 Fullt utviklet brann.....	8
2.3.4 Nedkjølingsfase.....	8
2.4 Overtenning.....	9
2.4.1 Minste branneffekt for å få overtenning.....	9
2.5 Flammehøyde.....	10
2.6 Brann og glass.....	11
2.6.1 Klassifisering.....	11
2.6.2 Typer og virkemåter.....	13
2.7 Sprinkler og glass.....	15
2.8 Brannspredning via fasade mellom etasjer.....	16
2.8.1 Kjøllesone.....	17
2.8.2 Flammeskjermer.....	17
2.8.3 Sprinkling.....	18
2.8.4 Regelverk.....	19
2.9 ISO 834 Tid/Temperaturkurve.....	21
2.10 Sprinklerhodet.....	22
2.10.1 Plassering.....	24
2.10.2 Tekniske data.....	25
2.11 Vinduene.....	26



2.12	Tettemiddelet til brannglassene	27
2.13	PVC.....	28
3	Beregninger.....	29
3.1	Varmeproduksjon.....	29
3.2	Minste branneffekt for å få overtenning	30
3.3	Flammehøyde.....	31
3.4	Konfigurasjonsfaktor	33
4	Forsøk	35
4.1	Om forsøkene.....	35
4.2	Oppsett.....	37
4.3	Trykktap i sprinkleranlegg.....	41
4.4	Oversikt over forsøk	42
4.5	Forsøk 1: Vindussprinklerforsøk med møbler	43
5	Diskusjon	46
5.1	Plassering av brenselet i rommet	46
5.2	Flammehøyde.....	46
5.3	Bruk av vindussprinkling	46
5.4	Tykkelsen på glassene brukt i forsøk.....	47
5.5	Sammenligning av heptan og diesel	47
5.6	Strålefluksmåling i 1. etasje.....	48
5.7	Videre arbeider.....	48
6	Konklusjon.....	49
7	Referanser	50
8	Vedlegg.....	51
	Vedlegg A	52
	Resultater forsøk	52
	Forsøk 2: Uten vindu	52
	Forsøk 3: Brannglass.....	55
	Forsøk 4: Brannglass.....	57
	Forsøk 5: Vindussprinkler.....	59
	Forsøk 6: Vindussprinkler.....	62
	Forsøk 7: Vindussprinkler.....	64
	Forsøk 8: Med sprinkler, uten glass.....	66
	Forsøk 9: Med sprinkler, knust glass	68
	Forsøk uten glass.....	71
	Vedlegg B	74
	Emissivitetsberegning.....	74
	Vedlegg C	75
	Kalibrerings sertifikat strålefluksmålere.....	75
	Vedlegg D	77
	Utstyrliste	77
	Vedlegg E.....	78
	HMS-databled diesel.....	78



Vedlegg F.....	82
Datablad heptan	82

Tabelliste

Tabell 1: Utdrag fra gjeldende tabell	6
Tabell 2: Oversikt over forsøksoppsett	36
Tabell 3: Beregning av trykktap i sprinklersystem	41
Tabell 4: Oversikt over resultater av forsøk	42
Tabell 5: Emissivitet som funksjon av tykkelse	74
Tabell 6: Utstyrsliste	77

Figurliste

Figur 1: Forhold mellom emitterende	5
Figur 2: Bestrålt element dA vinkelrett ut fra hjørnet på det strålende rektangelet.....	6
Figur 3: Tegning som viser de ulike størrelsene som er beregnet	11
Figur 4: Profil av vinduskarm	14
Figur 5: Snittegning av glass.....	14
Figur 6: Spredemønster for vanlig sprinklerhode.....	15
Figur 7: Spredemønster for vindussprinkler.....	15
Figur 8: Forstyrrelse av vannstrøm pga. horisontal sprosse	16
Figur 9: Vindu med normal kjølesone.....	17
Figur 10: Vindu med for liten kjølesone.....	17
Figur 11: Eksempel på balkong som flammeskjerm.....	18
Figur 12: Alvanutlia.....	19
Figur 13: ISO-kurven.....	21
Figur 14: Spredemønster sett fra utsiden	22
Figur 15: Tegning og forklaring av Model WS - 5,6 K-factor	23
Figur 16: Tegning og forklaring av montering av Model WS - 5,6 K-factor	24
Figur 17: Vindussprinkler	25
Figur 18: Sprinklerhode sett fra siden.....	26
Figur 19: Påføring av branntettemiddel 1	27
Figur 20: Påføring av branntettemiddel 2	27
Figur 20: Vindusramme i PVC etter å ha blitt utsatt for brann.....	28
Figur 21: Modell av fyllesystemet	35
Figur 23: Testoppsett	38
Figur 24: Testoppsett sett fra siden.....	39
Figur 25: ISO-rommet sett forfra.....	40
Figur 26: Bakre ventilasjonsåpning med fyllesystem.....	40
Figur 27: Oppsett av vannforsyning	41
Figur 28: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	44



Figur 29: Flammer ut av vindusåpning.....	52
Figur 30: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	53
Figur 31: Målt stråling i 2. etasje.....	53
Figur 32: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	55
Figur 33: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	57
Figur 34: Vindussprinkler sett utenfra.....	59
Figur 35: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	60
Figur 36: Typisk brudd som følge av temperaturforandringer i glasset.....	60
Figur 37: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	62
Figur 38: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	64
Figur 39: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	66
Figur 40: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	68
Figur 41: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven.....	71
Figur 42: Målt stråling i 2. etasje.....	72
Figur 43: Diagram over emissivitet som funksjon av flammetykkelse.....	74
Figur 44: Diagram over forsøkenes flammetykkelse og emissivitet.....	74



Nomenklatur

a	Termisk diffusivitet	$[m^2/s]$
A	Areal	$[m^2]$
A_f	Overflatearealet til brenselet	$[m^2]$
A_T	Omhyllingsflate minus ventilasjonsåpning	$[m^2]$
A_w	Arealet av ventilasjonsåpningen	$[m^2]$
B	Bredde	$[m]$
C_p	Termisk kapasitet	$[J/kgK]$
D	Avstand	$[m]$
E	Stråling	$[W]$
ΔH_c	Forbrenningsvarme til brenselet	$[kJ/g]$
h	Varmeovergangskoeffisient	$[kW/m^2K]$
H	Høyde	$[m]$
k	Varmeledningskoeffisient	$[W/mK]$
L	Lengde	$[m]$
\dot{m}	Masserate	$[kg/s]$
\dot{m}''	Massefluks	$[kg/sm^2]$
n	Formfaktor	$[1]$
Q	Varmestrøm	$[kW]$
\dot{Q}_c	Varmeproduksjon	$[kW]$



\dot{Q}_{FO}	Minste branneffekt for å få overtenning	[kW]
T	Temperatur	[K eller °C]
z	Flammetoppens høyde	[m]
β	Konstant (0,033)	[sec ⁻¹]
β	Konstant (1,29)	[-]
ε	Emissivitet	[0< ε <1]
ρ	Tetthet	[kg/m ³]
ΔT	Temperaturforskjell	[1]
Δx	Avstand	[m]
φ	Konfigurasjonsfaktor	[0< φ <1]
σ	Stefan Boltzmanns konstant	[5,67 · 10 ⁻⁸ W/m ² K ⁴]



Sammendrag

En av de vanligste årsakene til brannspredning mellom ulike plan er via flammer ut av vindu. En måte å forhindre dette på er ved hjelp av vindussprinkling. Dette er et spesielt sprinklerhode som er plassert rett innenfor vinduet. Sprinklerhodet utløses raskt ved brann og vil i løpet av sekunder spre vann over hele vindusflaten. På denne måten kjøles glasset, slik at det holdes intakt i den tiden som kreves. En annen måte er ved hjelp av brannglass som skal holde 30 minutter. En prototyp med brannglass og ramme av PVC og stål er testet. Temperaturer ble målt inne i brannrommet, ved vindusåpningen og i kjølesonen. Strålefluksmålere var plassert utenfor vinduet i første etasje og innenfor vinduet i andre etasje.

Det har blitt gjort flere ulike forsøk. Først ble det sett på flammespredning uten vinduer i fasaden. Rommet var overtent og flammer dekket hele vindusåpningen i andre etasje i en avstand på 0 cm nederst til 50 cm øverst. Den målte strålingen var ikke nok til å antenne en bomullsdott som var plassert 50 cm innenfor ytterveggen.

Videre ble det gjort to forsøk med en ny vinduskonstruksjon som Frøyland Glass ville teste for senere å få godkjent som klasse EI30. Etter 15 minutter var rammen så deformert at glasset falt ut. Det hadde da blitt utsatt for temperaturer på 1200-1300 °C, noe som er godt over ISO-kurven for dette tidsintervallet.

Forsøkene med vindussprinkler og væskebrann, som utgjør hoveddelen av prosjektet, ga lovende resultater. Sprinklerhodet utløste raskt, etter ca 30-40 sekunder, og hele glasset var dekket av vann i løpet av ti sekunder. På utsiden var glasset helt kaldt gjennom hele forsøkene og det ble ikke målt noe stråling. Ved hvert tilfelle sprakk innerglasset på samme sted, mens ytterglasset var intakt. Vinduet som helhet slapp verken gjennom røyk eller varme.

I forsøket med møbler, utviklet brannen seg mye saktere. Sprinklerhodet utløste seg da etter to og et halvt minutt. Denne brannen var mindre stabil og ujevn i størrelse. Temperaturen var stort sett lavere enn i væskebrannforsøkene. Vinduet var helt intakt gjennom hele forsøket som varte i halvannen time.

Forsøkene viser at vindussprinkler som tiltak mot vertikal brannspredning fungerer. De beskyttet glasset og holdt det kaldt gjennom alle forsøkene. En faktor som kan sees nærmere på i fremtiden er hva romstørrelsen har å si, ettersom sprinklerdysen i et så lite rom som ISO-rommet kjøler hele brannen. En annen faktor er å se på høyden på vinduet, ettersom testvinduet var kun 1,2 m og alltid sprakk nederst. Ved normal vannstrøm hadde sprinkleren liten innvirkning på flammer ut vindusåpningen når glasset var fjernet.



1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Haugesundsfirmaet NorFlam tok kontakt med skolen med ønske om å få teste ut vindussprinkling. NorFlam ønsket å se hvordan dette fungerte i praksis, da dette foreløpig er lite brukt i Norge. Det er i dag svært uklare regler med hensyn til hvilke tiltak som kan benyttes for å unngå spredning fra vindu i en etasje til vindu i etasjen over. Det er og uklart om regelverket, slik det praktiseres av mange i dag, stemmer overens med virkeligheten. Vindussprinkling blir brukt der det benyttes store glassflater i fasaden, og er godkjent som kompensasjon for manglende kjølesoner mellom vinduer. Vanlig praksis i dag for vurdering av denne metoden er analyse og synsing, da vindussprinkling ikke står nevnt i verken norske eller utenlandske regelverk eller standarder.

1.2 Formål

Formålet med oppgaven er å teste ut i praksis om dagens løsning, med ett sprinklerhode på innsiden av et vanlig vindu, holder mål for å stoppe en fullt utviklet brann i å spre seg vertikalt opp til neste vindu. Det ble og testet en prototyp av et nytt brannvindu, for å se om det holder mål etter godkjenningskriteriene. Forsøkene ble utført i full skala på ResQ, hvor strålefluks og temperaturer ble målt. Hendelser ble nøye observert underveis.

1.3 Problemstilling

Vindussprinkling er et relativt nytt og lite brukt tiltak i Norge. I det nye Byggdetaljer 520.310, som omhandler brannspredning via fasader, er det nevnt som et alternativ til fullsprinkling. Fagmiljøet innen brann har svært begrenset kunnskap om vindussprinkling. [1]

1.4 Avgrensing

Prosjektet begrenser seg til å teste vindussprinkler og brannglass i en fullskalabrann i ISO-rom. Sprinklerhodet som benyttes er fra Tyco, Model WS 5.6 K-factor Specific Application Window Sprinkler, Pendent Vertical Sidewall. Hodet testes sammen med to typer vanlig glass (floatglass). Typen brannglass som skal testes er en prototyp med brannglass med ramme av PVC og stål, som er siktet inn mot å få EI30-godkjenning.



2 Teori

All teori er hentet fra An Introduction to Fire Dynamics av Dougal Drysdale [2], dersom ikke annet er nevnt.

2.1 Varmeproduksjon

Full lufttilgang:

$$\dot{m}_{\text{luft}} = 0,5A_w \cdot \sqrt{H} \quad [\text{kg}] \quad (2.1)$$

$$\dot{Q}_{c, \text{luft}} = \dot{m}_{\text{luft}} \cdot \Delta H_{c, \text{luft}} \quad [\text{kW}] \quad (2.2)$$

\dot{Q}_c er varmeproduksjonen ved full utnyttelse av lufttilgang, uttrykkes i kW, og sier noe om hvor mye energi en brann produserer. A_w er arealet av ventilasjonsåpningen og H er høyden. \dot{m}_{luft} er massen til luften som kommer inn gjennom ventilasjonsåpningen.

$\Delta H_{c, \text{luft}}$ er mengden energi per gram luft forbrukt ved støkiometrisk forbrenning av brenselet.

\dot{m}'' står for massefluks [$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$], blir også kalt fordampningsrate og er et uttrykk for hvor raskt det brennende materialet fordampes. A_f er overflatearealet til brenselet og benevnes med m^2 . ΔH_c er forbrenningsvarmen til brenselet [kJ/g], og sier noe om hvor mye energi du får ut av en bestemt mengde brensel.

Massefluksen i et rom finnes ved

$$\dot{m} = 5,5 \cdot A_w \cdot \sqrt{H} \quad [\text{g}/\text{m}^2\text{s}] \quad (2.3)$$

2.1.1 Forbrenningsrate

Forbrenningsrate før og etter overtenning er gitt ved følgende uttrykk:

Før overtenning:

$$m_{f-f} = \alpha \cdot e^{(\alpha t - \beta)} \cdot 10^3 \quad [\text{kg}/\text{s}] \quad (2.4)$$

hvor α og β er konstanter og t er tiden fra brannstart.

Etter overtenning:



$$m_{f-e} = 0,09 \cdot A_W \cdot \sqrt{H} \quad [\text{kg/s}] \quad (2.5)$$

hvor A_W er åpningsarealet i brannrommet og H er den effektive høyden på åpningsarealet.

Forbrenningsraten, m , som beregnes er alltid den minste verdien av ligningene (2.4) og (2.5):

$$m_f = \min(m_{f-f}, m_{f-e}) \quad [\text{kg/s}] \quad (2.6)$$

Tidspunktet for når brannen blir ventilasjonskontrollert

Tidspunktet for når brannen blir ventilasjonskontrollert kan bestemmes ved å sette ligning (2.4) lik ligning (2.5), og løse denne ligningen med hensyn på tiden, t . Følgende uttrykk for tiden, t_{vk} , når brannen blir ventilasjonskontrollert (begrenset av lufttilførselen, og forbrenningsraten blir konstant), kan bestemmes:

$$t_{vk} = \frac{1}{\alpha} \ln \left(\frac{90A_0 \sqrt{H_0}}{\alpha} \right) \quad [\text{s}] \quad (2.7)$$

[3]

2.2 Varmetransport

Det er tre typer varmetransport: konduksjon, konveksjon og stråling. Varmetransport måles vanligvis i kW/m^2 .

2.2.1 Konduksjon

Konduksjon er varmeledning gjennom faste stoff. Et eksempel på dette er en vegg som etter en tids oppvarming på den ene siden også blir varm på andre siden.

For beregninger av varmetransport via konduksjon benyttes formelen:

$$\dot{Q} = k \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad [\text{kW}] \quad (2.8)$$



der \dot{Q} er varmestrømmen, k er varmeledningkoeffisienten som er en konstant for materialet det ledes gjennom, ΔT er temperaturforskjellen gjennom materialet og Δx er distansen [m] gjennom stoffet.

2.2.2 Konveksjon

Konveksjon er varmeledning fra et fluid til en overflate, eller omvendt. Hastigheten fluidet strømmer i over overflaten, samt varmeledningsevnen til fluidet er avgjørende.

For beregninger av varmetransport via konveksjon benyttes formelen:

$$\dot{Q} = h \cdot \Delta T \quad [\text{kW}] \quad (2.9)$$

Da varmeledningsevnen til et fluid varierer med trykk, temperatur og andre faktorer inngår det ikke en materialkonstant i formelen, men en varmeovergangskoeffisient h , som er sammensatt av varmeledningsevnen til fluidet, samt hastigheten fluidet strømmer over overflaten med.

2.2.3 Stråling

Stråling er en form for varmetransport der det ikke trengs noe medium varmen kan ledes gjennom. I stedet overføres varmen som elektromagnetisk stråling.

For beregninger av varmetransport via stråling benyttes formelen:

$$\dot{Q} = \varepsilon \varphi \sigma T^4 \quad [\text{kW}] \quad (2.10)$$

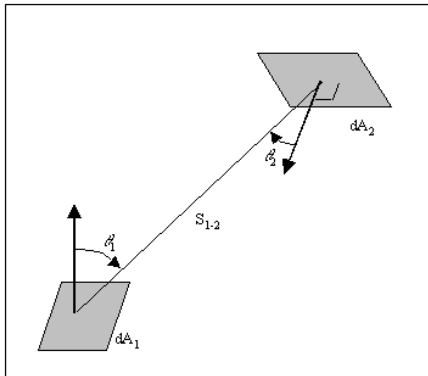
der ε er emissivitet som er en verdi som går fra 0 til 1, og sier noe om hvor mye energi som stråles ut i forhold til energien i objektet som stråler.

σ er Stefan Boltzmanns konstant, $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

Det er også svært viktig å huske at en faktor i formelen er T^4 [K]. Strålingen øker altså ekstremt mye ved høyere temperatur. Dette fører til at stråling er den klart viktigste formen for varmetransport ved høye temperaturer, som f. eks. i en brann.

Konfigurasjonsfaktoren sier noe om hvor mye et objekt stråler til et vilkårlig punkt. Konfigurasjonsfaktoren (eller synsfaktoren) er en verdi fra 0 til 1 som avgjøres av den geometriske plasseringen av objektet som stråler og objektet som blir bestrålt. Dette innebærer at strålingskilden blir betraktet som en horisontal plate, som stråler på ett gitt objekt eller flate. For å beregne strålingsintensiteten en viss avstand fra den

emitterende overflaten, må det tas hensyn til den geometriske plasseringen i forhold til den absorberende flaten. Dersom objektet som blir bestrålt er helt innhyllet i objektet som stråler (for eksempel helt innhyllet i varm røyk) er konfigurasjonsfaktoren lik 1.



Betrakter to overflater, hhv. areal A_1 og A_2 , der første stråler med en intensitet lik E_1 . Intensiteten av strålingen som treffer et lite område dA_2 på overflaten A_2 , kan finnes ved å beregne mengden av energi fra et lite område på overflaten dA_1 , som blir overført ved vinkelen mellom dA_1 og dA_2 :

Figur 1: Forhold mellom emitterende og absorberende flate

$$d\dot{q} = I_n dA_1 \cos\theta_1 \cdot \frac{dA_2 \cos\theta_2}{r^2} \quad (2.11)$$

Strålefluksen på dA_2 blir da:

$$d\dot{q}'' = \frac{d\dot{q}}{dA_2} = I_n dA_1 \cos\theta_1 \cdot \frac{\cos\theta_2}{r^2} \quad (2.12)$$

$$\frac{dA_1 \cos\theta_1}{r^2} \text{ er vinkelen mellom } dA_1 \text{ og } dA_2$$

Integrert over A_1 og setter $I_n = \frac{E}{\pi}$ får en uttrykket:

$$\dot{q}'' = E \cdot \int_0^{A_1} \frac{\cos\theta_1 \cos\theta_2}{\pi \cdot r^2} \cdot dA_1 \quad (2.13)$$

$$\dot{q}'' = \Phi E$$

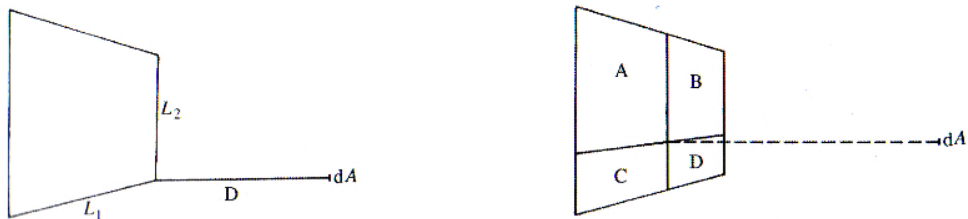
der:

Φ er konfigurasjonsfaktor

E er stråling [W].



Beregningene blir delvis forenklet når betraktningen for den geometriske plasseringen er rettvisklet, 90° fra flaten. Som vist i figur 2 vil stråling fra hver emitterende overflate beregnes ut fra avstand til hjørnet. Da fluksmåleren i forsøkene er plassert horisontalt sentrert midt i vinduet, vil inndelingen av strålefeltet bli delt inn i fire rektangler.



Figur 2: Bestrålt element dA vinkelrett ut fra hjørnet på det strålende rektangelet

Ut fra tester gjennomført av blant andre McGuire, Rohsenow og Choi, Hottel og Sarofim, Tien – er det kommet fram til en tabell som gjør det enkelt å regne ut konfigurasjonsfaktor under kriteriet at målingen er vinkelrett på strålingskilden.

Tabell 1: Utdrag fra gjeldende tabell

α	$S = 1$	$S = 0.9$	$S = 0.8$	$S = 0.7$	$S = 0.6$	$S = 0.5$	$S = 0.4$	$S = 0.3$	$S = 0.2$	$S = 0.1$
2.0	0.178	0.178	0.177	0.175	0.172	0.167	0.161	0.149	0.132	0.102
1.0	0.139	0.138	0.137	0.136	0.133	0.129	0.123	0.113	0.099	0.075
0.9	0.132	0.132	0.131	0.130	0.127	0.123	0.117	0.108	0.094	0.071
0.8	0.125	0.125	0.124	0.122	0.120	0.116	0.111	0.102	0.089	0.067
0.7	0.117	0.116	0.116	0.115	0.112	0.109	0.104	0.096	0.083	0.063
0.6	0.107	0.107	0.106	0.105	0.103	0.100	0.096	0.088	0.077	0.058
0.5	0.097	0.096	0.096	0.095	0.093	0.090	0.086	0.080	0.070	0.053
0.4	0.084	0.083	0.083	0.082	0.081	0.079	0.075	0.070	0.062	0.048
0.3	0.069	0.068	0.068	0.068	0.067	0.065	0.063	0.059	0.052	0.040
0.2	0.051	0.051	0.050	0.050	0.049	0.048	0.047	0.045	0.040	0.032
0.1	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.027	0.026	0.024	0.021
0.09	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.022	0.019
0.08	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.020	0.017
0.07	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020	0.019	0.018	0.016
0.06	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.014
0.05	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.014	0.013
0.04	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010
0.03	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008
0.02	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
0.01	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{og} \quad \alpha = \frac{(L_1 \cdot L_2)}{D^2} \quad (\text{McGuire, 1953}) \quad (2.14, 2.15)$$

kan brukes for å regne ut konfigurasjonsfaktorene for hvert element på stråleflaten.



Den totale konfigurasjonsfaktoren blir addert ved:

$$\Phi_{\text{tot}} = \Phi_A + \Phi_B + \Phi_C + \Phi_D + \dots \quad (2.16)$$

2.2.4 Virkning av varmestråling

Varmefluks (kW/m ²)	Observerte virkninger
0,67	Varmestråling fra solen om sommeren.
1	Maksimum tålegrense for varmestråling ved uendelig lang eksponering.
4	Medfører smerte etter 20 sekunder.
5	Medfører grad av forbrenning.
6,4	Smerter etter åtte sekunders eksponering på hud.
10,4	Smerter etter tre sekunders eksponering på hud.
12,5	Gass fra treverk kan antennes med en tennkilde etter lang tids eksponering for varmestråling.
	Medfører 1 % sannsynlighet for død etter ett minutt.
16	Blemmer på hud etter fem sekunders eksponering.
20	<i>Stråling fra røyklaget ved overtenning.</i>
29	Treverk spontanantenner ved lang tids eksponering for varmestråling.
37,5	Medfører 100 % sannsynlighet for død etter ett minutt.
52	Fiberplater antenner etter fem sekunders eksponering.

[4]

2.3 Faser i rombrann

En rombrann består av fire faser: antennelse, vekstfase, fullt utviklet brann og avkjølingsfase. I overgangen mellom vekstfase og fullt utviklet brann inntreffer overtenningen. Denne regnes ikke som en fase i seg selv. Overtenning forklares nærmere senere i rapporten.

2.3.1 Antennelse

Antennelse kan skje på flere måter. For denne oppgaven er det to måter som er mest aktuelle. Antennelse med pilotflamme betyr at brenselet blir utsatt for flamme fra en



annen kilde og på denne måten begynner å brenne. Dette er typisk slik branner sprer seg fra gjenstand til gjenstand i startfasen av en brann (f. eks. fra en sofa opp til en gardin).

En annen måte å antenne brensel på er ved spontanantennelse. Om brenselet blir utsatt for temperaturer enten via varmeledning, konveksjon eller stråling, kan det oppnå en temperatur som er så høy at materialet tar fyr uten at det utsettes for åpen flamme. Dette er typisk slik en mer utviklet brann sprer seg. Strålingen fra brannen er så intens at den kan antenne gjenstander som ikke er i umiddelbar nærhet av flammene.

2.3.2 Vekstfasen

Etter antennelsen, som er der brannen starter, kommer vekstfasen. I denne fasen er det tilgangen på brensel som styrer størrelsen på brannen og dermed effektutviklingen. Type brensel og konfigurasjonen av dette er avgjørende for hvor fort brannen vokser.

Brenselskontrollerte branner er typisk så lenge rommet er stort i forhold til brannen og har rikelig med ventilasjon, slik at brannen får nok luft.

Dersom en brann er inne i et rom vil det etter en stund bygge seg opp et lag av varm røyk. Dette laget stråler ned på brenselet og varmer det opp, slik at brannen øker i styrke. Dette fører til mer røyk, mer stråling og dermed enda større brann. Om denne sirkelen får fortsette vil brannen utvikle seg via overtenning til en fullt utviklet brann.

2.3.3 Fullt utviklet brann

I en fullt utviklet brann, vil forbrenningen være ventilasjonskontrollert. Dette betyr at det er tilgangen på luft som styrer effektutviklingen, uavhengig av hvor mye brensel som er tilgjengelig (så lenge det er nok brensel til å holde brannen stor nok til at den er ventilasjonskontrollert).

Ettersom luftmengden er for liten i forhold til brenselmengden blir det et overskudd på pyrolysegasser inne i brannrommet som ikke får oksygen til å forbrenne. Disse gassene har en temperatur som ligger over antennelsestemperaturen til gassene og vil antenne så snart de kommer i kontakt med luft. Dette er typisk i det gassene strømmer ut gjennom et vindu eller en annen ventilasjonsåpning. Da gassene først forbrenner når de kommer ut i friluft vil dette føre til store flammer på utsiden av rommet. Disse flammene utgjør fare for spredning både til andre bygninger og objekter i nærheten og tilbake på andre deler av samme bygning, for eksempel vindu i etasjen over.

2.3.4 Nedkjølingsfase

Når mengden av brensel blir for liten til å holde brannen stor nok til å være brenselkontrollert, går brannen inn i nedkjølingsfasen. Denne kjennetegnes av at brannen



sakte blir mindre, etter hvert som brenselet blir oppbrukt. Nedkjølingsfasen kan være svært lenge og det kan være svært varmt i glørne lenge etter at brannen i seg selv er slukket.

2.4 Overtenning

Overtenning er overgangen i fra vekstfasen til en fullt utviklet brann i et brannforløp, og skjer meget raskt. Brannen vil nå gå over i fra å være brenselskontrollert i vekstfasen til ventilasjonskontrollert i den fullt utviklede brannen. Personer som ikke har greid å evakuere før overtenning inntreffer, vil omkomme. Tiden før overtenning er mye kortere nå enn i før i tiden, på grunn av andre typer møbler og tørrere innemiljø, og vil normalt kunne inntreffe etter omtrent fem minutter.

Det er fire ting som kjennetegner en overtenning:

- alle brennbare overflater brenner
- vinduer slår ut slik at det utenifra vil se ut som en eksplosjon, og flammer står ut av åpninger
- stråling fra røyklaget til gulvet er typisk rundt 20 kW/m²
- temperaturen i røyklaget ligger på 500-600 °C.

For at en overtenning skal kunne inntreffe, må fire forutsetninger ligge til grunn:

- det må være nok brennbart materiale i forhold til romstørrelse
- brannen må ha nok oksygentilgang
- de termiske egenskapene til tak og vegger må være slik at varmetapet ikke blir for stort
- høyden på rommet må være lav nok til at avstanden fra røyklaget til brenselet ikke blir for stor. Dette er fordi strålingen fra røyklaget er en svært viktig faktor for hvor fort brenselet fordampes og dermed for hvor fort brannen utvikler seg.

2.4.1 Minste branneffekt for å få overtenning

Minste branneffekt beregnes ved

$$\dot{Q}_{FO} = 610(h_K \cdot A_T \cdot A_W \cdot \sqrt{H})^{0,5} \quad [\text{kW}] \quad (2.17)$$

$$\text{Lettbetong} \rightarrow a = \frac{k}{\rho C_p} \quad [\text{m}^2/\text{K}] \quad (2.18)$$



Varmeovergangskoeffisienten finnes ved

$$h_k = \frac{k}{\sqrt{a \cdot t_c}} \quad [\text{kW/m}^2\text{K}] \quad (2.19)$$

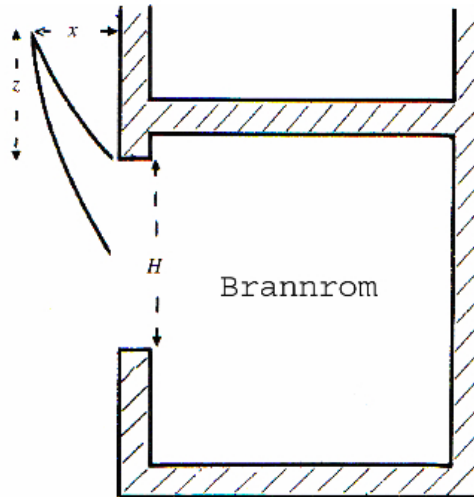
\dot{Q}_{FO} er altså den minste effekten av brannen som skal til for å få overtenning, og uttrykkes i [kW]. h_k er varmeovergangskoeffisienten [kW/m²K]. Denne sier noe om lett varme overføres ved hjelp av konveksjon. A_T er omhyllingsflaten minus areal av ventilasjonsåpningen, og uttrykkes i m². A_W er arealet av ventilasjonsåpningen [m²], mens H er høyden på ventilasjonsåpningen [m]. k [W/mK] er varmeledningskoeffisienten som sier noe om hvor lett varme ledes gjennom et materiale. ρ er tettheten til materialet og uttrykkes i [kg/m³], mens C_p er den termiske kapasiteten til materialet [J/kgK]. a er et uttrykk for termisk diffusivitet [m²/s]

2.5 Flammehøyde

Høyden på flammen som stikker ut fra et vindu kan beregnes ut i fra formelen

$$z = 12,8 \left(\frac{\dot{m}}{B} \right)^{\frac{2}{3}} - H \quad [\text{m}] \quad (2.20)$$

hvor z er høyden på flammep toppen over overkant vindu [m]. Flammep toppen er det punktet hvor temperaturen i flammen synker til under 540 °C. Dette er det punktet hvor flammen ikke lenger er synlig. B er bredden på vinduet [m] og flammebredden vil være den samme som denne. H er høyden på vinduet [m].



Figur 3: Tegning som viser de ulike størrelsene som er beregnet

\dot{m} er forbrenningsraten [kg s^{-1}] ved ventilasjonskontrollert brann og finnes ved å først regne ut \dot{m}_{air} ut i fra følgende formel:

$$\dot{m}_{\text{luft}} = 0,52 \cdot A_w \cdot H^{0,5} \quad [\text{kg/s}] \quad (2.21)$$

A_w er åpningsarealet på vinduet

Flammetoppens avstand fra fasaden kan beregnes ut i fra

$$x = H \left(\frac{0,454}{n^{0,53}} \right) \quad [\text{m}] \quad (2.22)$$

hvor x er den horisontale avstanden fra fasaden av bygningen til flammetoppen og n er $2B/H$.

2.6 Brann og glass

2.6.1 Klassifisering

Klassene som er beskrevet i denne teksten er gamle klasser som gjelder frem til oktober 2009. Etter dette vil de erstattes av klassene E og EI (der E står for integritet/tetthet og I står for isolasjonsevne) og en motstandstid angitt i minutter. Da det ikke er mulig å oversette de gamle betegnelsene til de nye, og de europeiske prøvestandardene ikke foreligger på det nåværende tidspunkt, vil de gamle klassene bli brukt inntil videre.



Vanlig glass vil i en brann etter kort tid sprekke. Dette skyldes store temperaturforskjeller i glasset, som regel som følge av rask/ujevn oppvarming. Glass og keramiske materialer er spesielt utsatt for termisk sjokk på grunn av lav styrke og lav termisk konduktivitet, som fører til store lokale temperaturforskjeller som ikke jevner seg ut. Når én del av glasset er varm vil denne utvide seg. Dette resulterer i store spenninger i glasset, som når disse blir store nok gjør at glasset sprekker. [5]

Tid til knust vindu grunnet nærliggende brann, er kritisk for utvikling og spredning av selve brannen. Glass er en relativ dårlig termisk leder. Mesteparten av vinduet blir oppvarmet via infrarød stråling og konveksjon, mens vindusrammen beskytter hjørnene slik at de beholder initialtemperatur. Den termiske ekspansjonen som oppstår ved hjørnene og den varme overflaten får glasset til å sprekke. Disse sprekkenes deler så vinduet opp i flere deler slik at det faller ut gir fri lufttilgang. [6]

I en brann vil det vanligvis være midten av glasset som varmes opp forstest. På denne måten vil denne utvide seg, og skape store strekkpåkjenninger på glasset langs kanten.

Forsøk gjort med vanlig vindusglass viser at svært små temperaturforskjeller kan ødelegge glasset. Ved en temperaturforskjell på bare 30 °C mellom kant og senter av vinduet begynte noen ruter å sprekke. Ved en differanse på 55 °C mellom kant og senter hadde 50 % av rutene fått sprekker, og ved en differanse på 85 °C hadde alle rutene blitt ødelagt. Den store variasjonen i når rutene sprekker, skyldes at svært små skader og unøyaktigheter i kanten og overflaten av glasset kan ha svært mye å si. [7]

Såkalt sikkerhetsglass, (ofte omtalt som skuddsikkert glass), vil heller ikke gi betydelig beskyttelse mot brann. Glasset vil kunne sprekke når det bli utsatt for temperatursvingninger og de forsterkende plastlagene inne i glasset vil etter hvert smelte. Plastlagene kan også ta fyr dersom de kommer ut i luft og blir tilstrekkelig varme. Dette fører til røykproduksjon, og produksjon av brennende dråper. I branntester svikter slikt glass typisk etter 5-8 minutter. Typisk vil glasset sprekke og de indre plastlagene ta fyr. [8]

Det finnes flere typer brannglass på markedet i dag. Felles for disse typene er at de er laget for å tåle større temperaturforskjeller. Glassene skal også være så tette at de hindrer spredning av røyk, gasser og flammer.

Klasse A: Konstruksjonen er flamme- og røykstoppende og termisk isolerende mot brann. Konstruksjonen skal så å si bestå utelukkende av ubrennbare materialer.

A60 tilsvarer etter de nye euroklassene EI60/A2-s1,d0, der E er integritet, I er isolasjon, 60 er motstandstiden oppgitt i minutter. A2 står for at konstruksjonen er begrenset brennbar. (Dette går på hele konstruksjonen. I tilfellet vindu, omhandler klassene hele



konstruksjonen, inkludert karm). Videre betyr s1 at konstruksjonen skal ha begrenset røykproduksjon og d0 betyr at konstruksjonen ikke skal avgi brennende dråper/partikler.

Klasse B: Konstruksjonen er flamme- og røykstoppende og termisk isolerende mot brann. Konstruksjonen kan inneholde brennbare materialer dersom den branntekniske funksjonen oppfylles.

B60 tilsvarer etter de nye euroklassene EI60/D-s1,d0. Her betyr D at konstruksjonen kan inneholde brennbare materialer, men at overtenning ikke må inntreffe før etter to minutter.

Klasse F: Flammestoppende og røykbegrensende. Etter det nye systemet vil dette glasset ikke ha noen godkjent brannmotstand.

Brannmotstandstiden angir i minutter den tiden som bygningsdelen ved normert brannprøving motstår brann, og beholder de branntekniske egenskapene som kreves av den. [9]

Glass er i utgangspunktet et ubrennbart materiale. Ruter alene får imidlertid ikke brannklassifisering, fordi det er hele bygningsdelen (dør, vindu etc.) som prøves og brannklassifiseres. Det er omramning og rutetype som bestemmer hvilken klassifisering konstruksjonen får.

For prøving av vinduer angir norsk standard bare én klasse. Kravene er de samme som B-klassifisering av dører, bortsett fra kravet om at dører skal kunne åpnes etter prøving. Denne sier at maksimal gjennomsnittlig temperaturstigning på ueksponert side er 140 °C og maksimal temperaturstigning på ueksponert side er 180 °C.

Glass som benyttes i ytterkonstruksjoner skal monteres i drenert fals, slik at det ikke er mulig for vann å komme i kontakt med kantene. Innsetningsmaterialer skal være prøvd og godkjent for bygningsdeler med klasse A og B. For vegger i klasse F skal det anvendes ubrennbare innsetningsmaterialer mellom glass og glassingslister.

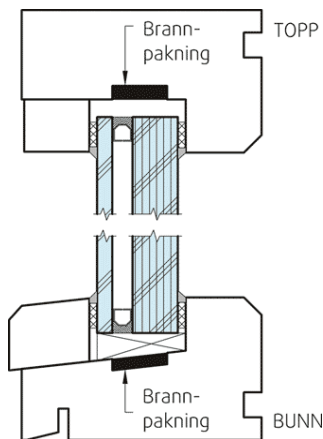
2.6.2 Typer og virkemåter

Klasse B:

Vinduer til bruk i klasse B er delt opp i to ulike hovedtyper; ruter med ekspanderende lamineringssjikt og ruter med gelé.

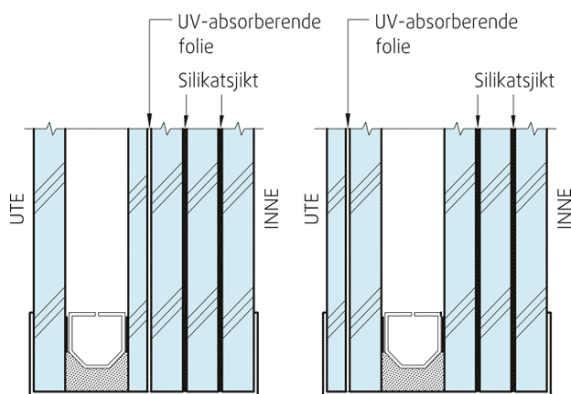
Ruter med ekspanderende lamineringssjikt består av tre eller flere lag glass laminert sammen med to eller flere ca 1,4 mm tykke sjikt av et natriumsilikatmateriale. Når glasset blir utsatt for en brann vil glassflaten nærmest brannen sprekke og natriumsilikatsjiktene skumme opp. Dette skjer når temperaturen i sjiktet nærmest brannen blir ca 120 °C. Før

dette er glasset klart og gjennomsiktig. De oppskummede sjiktene isolerer og beskytter mot varmestråling i den tiden de er klassifisert for. Etter oppskumming absorberer lamineringssjiktene varmestrålingen og forhindrer at temperaturen på glassoverflaten som vender bort fra brannen, overstiger 140 °C i gjennomsnitt i den tiden som er angitt ved klassifiseringen.



Ruter med gelé er bygd opp som en forseglet rute med to eller tre lag glass, hvor de to ytterste glassene vanligvis er herdet. I mellom glassene er det hulrom som er fylt med gelé med høyt vanninnhold. Når vannet i geleen koker, vil temperaturen ligge konstant på 100 °C fram til alt vannet er fordampet. Dampen slippes ut via en overtrykksventil. Geleen går ved brann over til å bli ugjennomsiktig, varmeisolerende og termisk stabil.

Figur 4: Profil av vinduskarm



Figur 5: Snittegning av glass

Klasse F:

Trådglass var lenge den eneste glasstypen med en viss flammehemmende effekt. Trådglass vil aldri oppnå mer enn F-klassifisering fordi glasset isolerer svært dårlig, og raskt vil få en overflatetemperatur over det som er tillatt i klasse A og B. Glasset vil sprekke, men holdes likevel på plass av trådene. Trådglass klarer normalt F30-klassifisering. I den senere tid er det kommet til andre produkter:

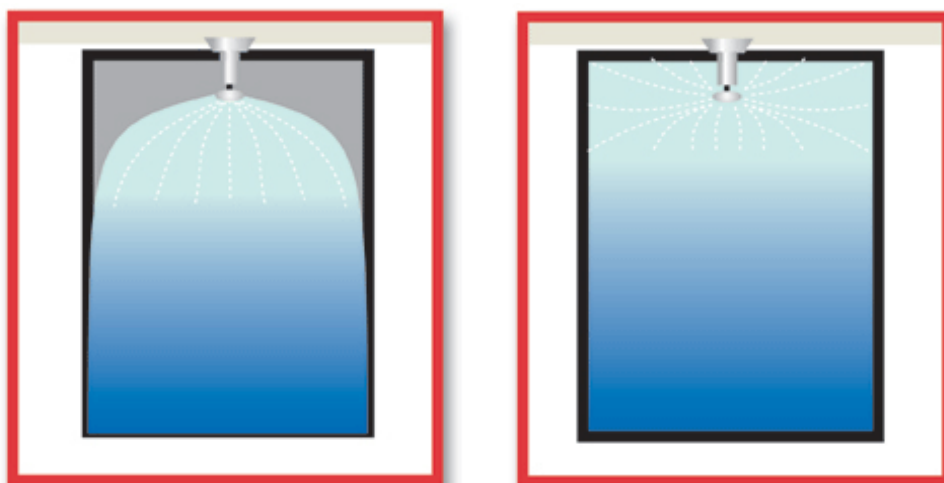
- Ruter med massivt spesialglass som har meget lav varmeutvidelseskoeffisient, noe som reduserer indre spenninger og fare for brudd ved termiske påkjenninger.
- Ruter med spesielle laminerte glass hvor glasset er kombinert med ulike lamineringsmaterialer. [9]

2.7 Sprinkler og glass

Det er mange problemer knyttet til beskyttelse av glassflater ved hjelp av vann/sprinkler. Dersom kaldt vann blir sprutet på en varm glassflate av vanlig glass, vil det føre til alt for rask nedkjøling av deler av glasset og ruten vil umiddelbart sprekke. Sprinklerhodet som skal beskytte glasset må derfor løses ut før temperaturen i glasset blir for høy.

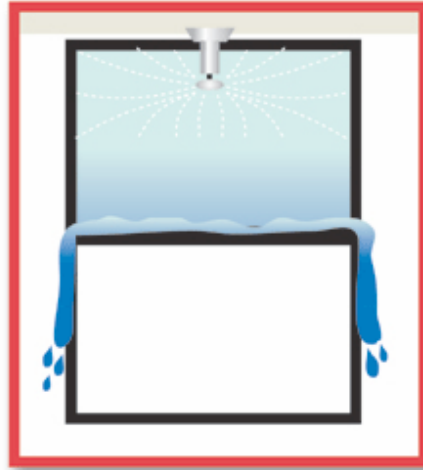
Tester utført ved Factory Mutual Research Corp. har vist at to krav må oppfylles: for det første må brannen være langt nok unna glasset, ca 2,5 meter. For det andre må sprinklerhodet aktiveres innen få minutter etter at brannen startet. Når brannen ble flyttet nærmere enn dette falt glasset ut av rammen etter mindre enn fem minutter. Den korte avstanden til flammene får temperaturen i glasset til å øke for fort og overskrider sprinklerhodets evne til å kjøle glassflaten.

For at glass skal kunne overleve en brann, må hele overflaten være dekket av vann. Vanlige sprinklerhoder er laget for å dekke et areal av gulvflaten, og vil ikke greie å dekke hele vindusflaten med vann. Det finnes derfor egne "vindussprinklerhoder" (Model WS —5.6 K-factor). Disse er plassert like ved selve vinduet og hodene er utviklet med et eget spredemønster slik at vannet skal dekke hele vindusflaten.



Figur 6: Spredemønster for vanlig sprinklerhode Figur 7: Spredemønster for vindussprinkler

Vindu som skal beskyttes kan ikke ha horisontale sprosser, da disse vil lede vannet vekk fra den nederste delen av vinduet. Også vertikale sprosser vil virke forstyrrende på vannstrømmen og må holdes innenfor visse mål og avstander. [10]



Figur 8: Forstyrrelse av vannstrøm pga. horisontal sprosse

2.8 Brannspredning via fasade mellom etasjer

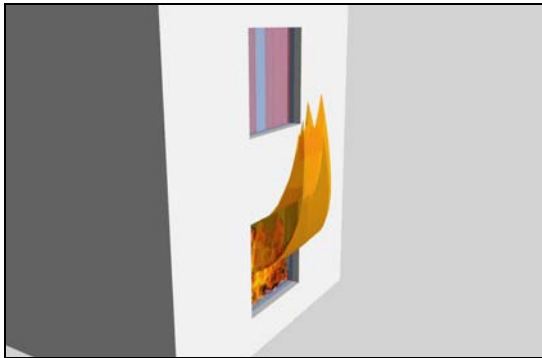
Brannspredning via fasader kan skje på flere måter. Selve ytterveggen kan ta fyr, eller brann spres gjennom hulrom i veggen. Brannspredning vertikalt mellom vinduer er heller ikke uvanlig. Flammer fra etasjen under kan enten varme opp vinduet over slik at det sprekker, eller strålingen fra flammen kan antenne for eksempel gardiner på innsiden av vinduet over.

Dette fenomenet har alltid eksistert, men inntreffer oftere og raskere enn tidligere, fordi nye typer møbler (spinkle konstruksjoner, mye plast og kunststoff) gjør at en brann utvikler seg fortere, og dermed trenger mer oksygen fortere. Dette fører til at større del branngassene vil strømme uforbrent ut vinduet. Forbrenningen av disse gassene når de kommer ut i friluft fører til lange flammer på utsiden av vinduet, opp mot vindu i etasjen over.

Flammene avgir store mengder varmestråling og dette er den viktigste mekanismen for utvendig brannspredning. Jo tykkere flammen er, jo høyere er emissiviteten til flammen (både tykkelse i meter, og tykkelse som "tettheten" til flammen). Temperaturen i flammen er og svært viktig, da strålingen fra flammen øker med T^4 . En annen viktig faktor er avstanden fra flammen som stråler, til objektet som blir bestrålt. Jo mindre avstand, jo sterkere stråling. Tiltak for å hindre brannspredning vil rettes mot en eller flere av disse faktorene.

2.8.1 Kjøllesone ¹

En kjølesone er den vertikale avstanden mellom to vinduer i hver sin etasje, som har som formål å hindre vertikal brannspredning. Kjøllesonen utføres med et forhold mellom vindushøyde og kjølesone som er mindre enn 1 og skal utføres med brannmotstand E30. Kjøllesonen må ikke nødvendigvis være feltet mellom to etasjer. Om annenhver etasje utføres i E30, inkludert vinduene, kan denne virke som kjølesone. [1]



Figur 9: Vindu med normal kjølesone



Figur 10: Vindu med for liten kjølesone

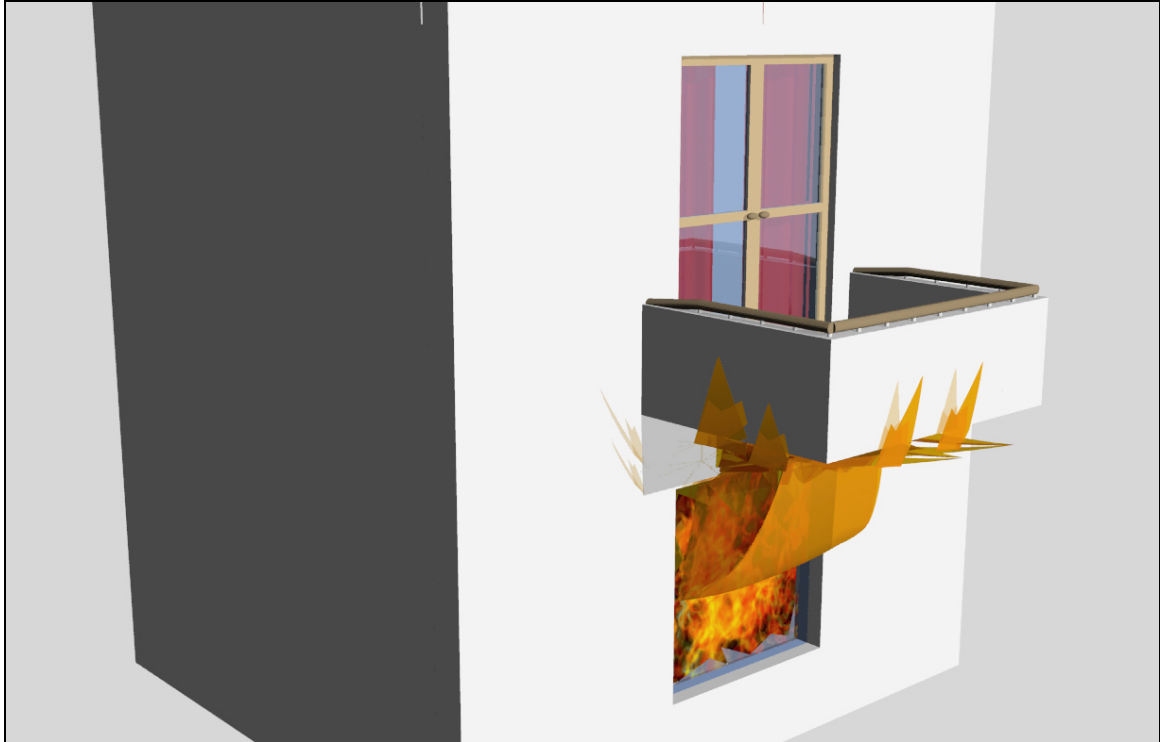
Kjøllesonen fører til at en mindre del av flammen kan stråle inn på glasset i vinduet øverst. Den øverste delen av flammen er også kaldere enn den delen som er nærmere brannen. Da temperaturen er svært kritisk i forhold til hvor mye energi som stråles ut kan selv en liten temperaturforskjell bety en drastisk reduksjon i strålingsmengden.

I dag bygges det mer og mer med store glassflater som dekker store deler av veggen. Kjøllesonene blir derfor ofte mindre enn det som er fornuftig, og det er flere måter å kompensere for dette på.

2.8.2 Flammeskjermer

Flammeskjermer, som for eksempel balkonger mellom vinduene, hjelper til å øke avstanden fra flammen inn til fasaden og dermed minske strålingen. Disse må bestå av ubrennbart materiale og stå minst 1 m ut fra veggen. På denne måten kan den vertikale avstanden mellom vinduer være liten, uten at faren for spredning øker.

¹ Det nye byggforsksbladet Brannspredning i fasader (520.310) som kom i mars 2007 er ikke helt samsvarende med 4. utgaven av REN (VTEK) som kom i april 2007. Byggforsksbladet sier at kjølesoner skal være 1,2 meter høye, men i enkelte tilfeller 1,8 meter. Dette er hentet i fra Sverige, hvor det praktiseres på denne måten (Boverkets Byggeregler (BBR). Boverket. Karlskrona, Sverige, 2006). I VTEK står det at kjølesonen skal være minst lik vindushøyden. Dette kapitlet tar utgangspunkt i løsningen i VTEK.



Figur 11: Eksempel på balkong som flammeskjerm

2.8.3 Sprinkling

Sprinkling av brannrommet vil føre til at brannen slukkes, eller holdes på et lavt nivå. Om sprinklingen virker slik den skal vil brannen aldri nå en størrelse som fører til flammer ut vinduet. Ved sprinkling av branncellene stilles det ikke vilkår til forholdet mellom vindushøyde og kjølesone.

Fasadesprinkling kjøler både flammene på utsiden av bygningen, og selve fasaden. På denne måten hindres det at brennbare fasader tar fyr og stråling inn vinduer minskes. Fasadesprinkling var i utgangspunktet ment å beskytte mot varmestråling fra brann i en annen bygning (der to bygninger står for nær hverandre). Tiltaket brukes likevel også i den hensikt å hindre utvendig spredning internt i samme bygg.

Vindussprinkling, altså sprinklerhode på innsiden av et vindu for å kjøle dette ved brann, er en relativt ny måte å løse problemet på. Ett eller flere hoder av denne typen skal kjøle glasset slik at det selv ved en fullt utviklet brann i rommet holdes intakt. Det stilles da strengere krav til både glasset og innrammingen. Tester av denne formen for sprinkling utgjør hovedproblemstillingen for denne oppgaven.

Ett sted hvor vindussprinkling er brukt, er terrassehuset Alvanutlia utenfor Haugesund. Sprinkleranlegget er montert rett på vannledning med bare en strømningsvakt for å registrere utløsning. De store vinduene er sprinklet for å hindre vertikal spredning.



Figur 12: Alvanutlia

2.8.4 Regelverk

Fasadesprinkling har lenge vært et omdiskutert emne. Brannrådgivere og brannvesen landet rundt har stilt seg skeptiske til tiltaket i flere år - likevel blir det prosjektert mer og mer av folk som egentlig ikke vet hva det innebærer. Reglene for fasadesprinkling baserer seg først og fremst på eldre informasjon fra USA. Det norske regelverket har kun i senere år sett på fasadesprinkling som et reelt alternativ til fullsprinkling, og nå med fjerde utgave av veiledning til TEK, er tiltaket fremdeles ikke blitt nevnt som et godt nok preakseptert tiltak.

Historisk sett var det betydelig mer informasjon om fasadesprinkling i amerikanske NFPA (National Fire Protection Association) tidlig på 1950-tallet. Gjennom tidenes løp, og etter revisjon på revisjon, har regler og krav til fasadesprinkling blitt redusert til et minimum. Dette gjelder internasjonalt like mye som i Norge. Plan- og



bygningslovgivningen, Melding HO 1/99 Temaveiledning for sprinkleranlegg, FG-regler (Forsikringssekskapenes Godkjennelsesnevnd) og NS-EN 12845 har alle det samme problemet; dokumentasjon på om innvendig fasadesprinkling oppfyller ytelseskrav i REN og funksjonskrav i TEK. Det er nemlig en vesentlig forskjell mellom fasadesprinkling inne og ute.

Internasjonal standard tar kun utgangspunkt ved fasadesprinkling som tiltak for å kunne hindre brannspredning fra bygning til bygning. Fra det norske regelverket skal fasadesprinkling hindre brannsmitte fra en bygning til en annen, eller som avskjærende sprinkling for å hindre spredning mellom forskjellige arealer innenfor en bygning, altså blant annet vertikal spredning.

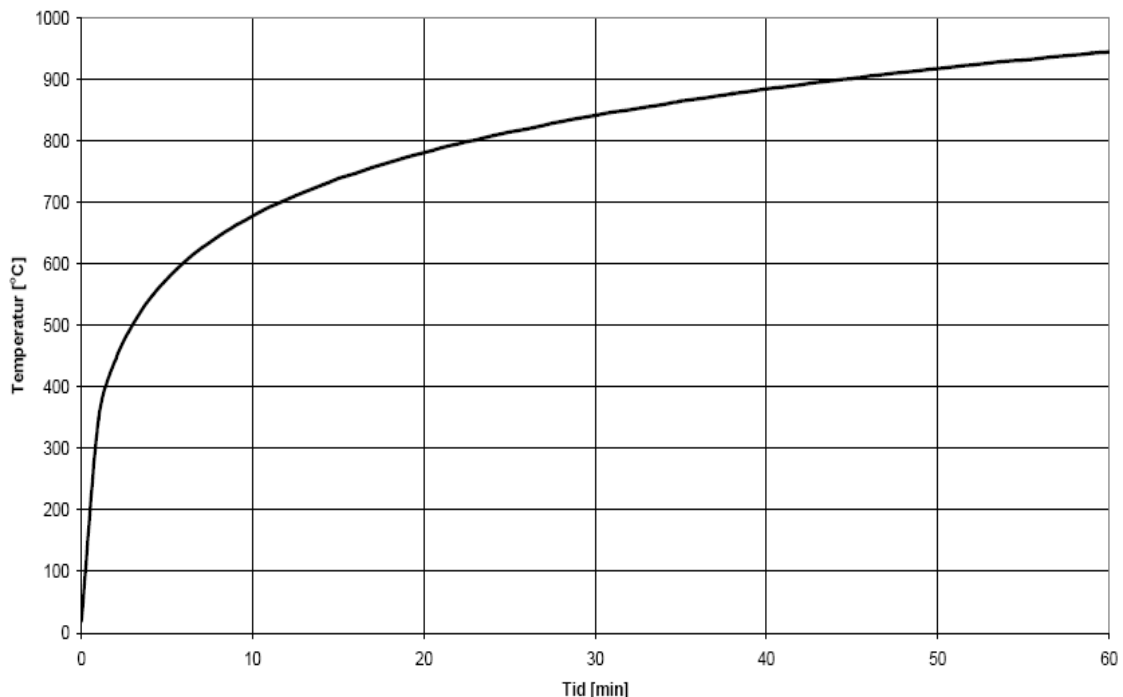
Vindussprinkling har blitt et godkjent tiltak for å begrense spredning via glassflater og vinduer, og da gjerne i sammenheng der det er fare for videre vertikal brannspredning. Spørsmålet er igjen om det finnes god dokumentasjon på at det faktiske tiltaket fungerer tilfredsstillende, for per i dag er reglene altfor uklare.



2.9 ISO 834 Tid/Temperaturkurve

Å forutsi intensitet og utviklingen av en brann er vanskelig. Det er derfor blitt utarbeidet en enkel metode for å beregne temperaturer fra en brann, også kalt standardbrann eller tid/temperaturkurve. Standardbrann er en bestemt prøvemethode som brukes for å dokumentere at bygningsmaterialer og - konstruksjoner tilfredsstillers brannklasse eller branntekniske klassifiseringer. Beregningen representerer ikke en virkelig brann, men er såpass konservativ at den skal tilsvare en større brannbelastning enn en ordinær brann. Kurven benyttes i standard fullskala forsøk for å teste produkter under de samme forutsetningene som i andre land, og er dermed en internasjonal overenskomst. Internasjonalt og i Norge er ISO-834 den mest brukte, mens land som USA tar benytter ASTM E119. Forskjellen er heller liten. [11]

Temperaturen er definert ved $T = 345 \log_{10}(8t+1) + T_0$, hvor t er tiden i minutter og T_0 er omliggende temperatur.



Figur 13: ISO-kurven

2.10 Sprinklerhodet

Sprinklerhodet som har blitt brukt i testene er en Model WS-5.6 K-factor Specific Application Window Sprinklers Pendent Vertical Sidewall. Dette er et fast responsehode med glassbulb av typen spray sprinkler, og den første typen sprinklerhode som er ment å beskytte glass. Særegent for dette sprinklerhodet er at det utløses raskt og har en spesielt designet deflektor som sørger for at vannet spres utover hele vindusflaten.

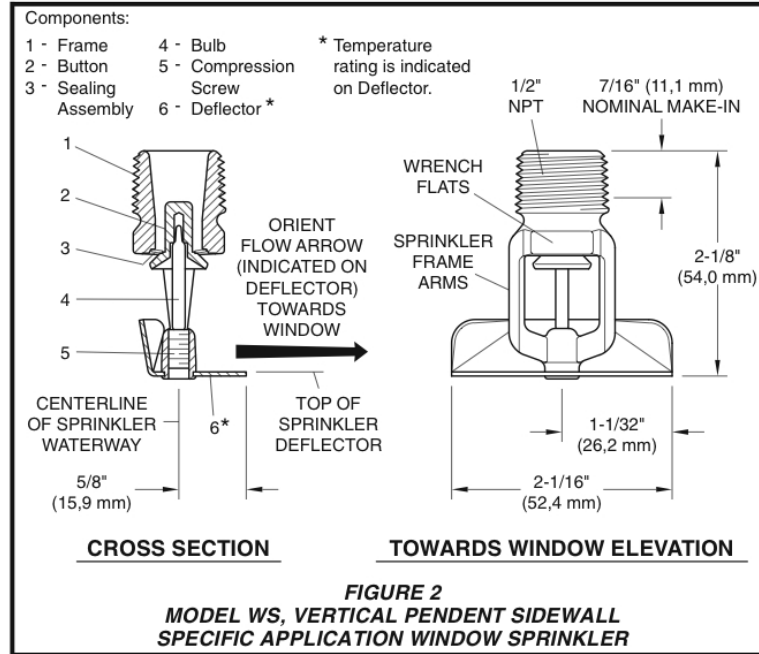
Vindussprinkleren er i mange tilfeller et billigere alternativ enn fullsprinkling og brannglass. Sprinklerhodet skal kunne kjøle glasset i 240 minutter, dersom det er vann tilgjengelig i denne tiden.

Sprinklerhodet har en 3 mm tykk glassbulb som er fylt med væske. I en brann vil denne væsken bli varmet opp. Vindussprinkleren har en væske som ved 68 °C ekspanderer så mye at glassbulben sprekker og vannet strømmer fritt.

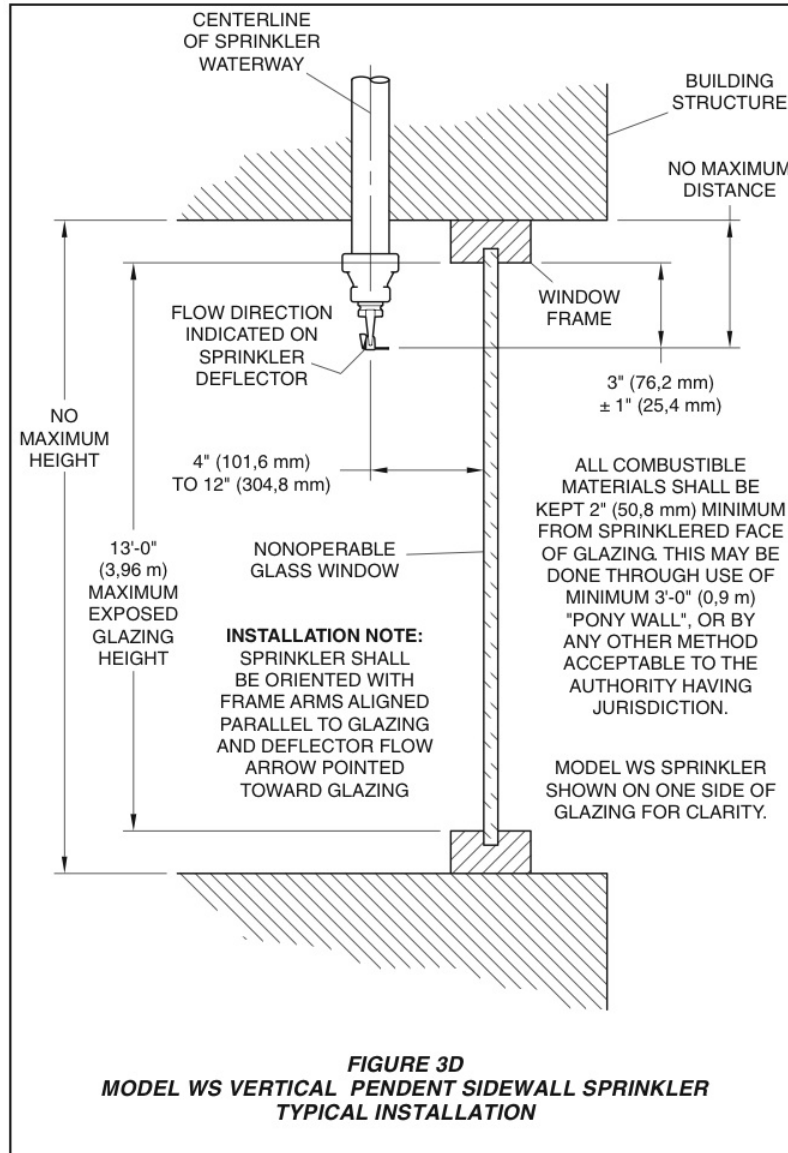
Modell WS Specific Application Window Sprinkler kan benyttes som innendørs beskyttelse av vindu eller glassflater i en sprinklet eller usprinklet bygning. Den kan også benyttes til utvendig fasadesprinkling, utført korrekt etter krav fra NFPA.



Figur 14: Spredemønster sett fra utsiden



Figur 15: Tegning og forklaring av Model WS - 5,6 K-factor Specific Application Window Sprinklers Vertical Pendent Sidewall



Figur 16: Tegning og forklaring av montering av Model WS - 5,6 K-factor Specific Application Window Sprinklers Vertical Pendent Sidewall

2.10.1 Plassering

Sprinklerhodet skal plasseres 101,6-304,8 mm i fra glasset og 76,2 mm, 25,4 mm +/- fra overkanten av glasset. Det kan ikke være gardiner eller andre brennbare materialer nærmere enn 50,8 mm. Persiener eller andre gjenstander må ikke være montert i vinduet. Ved vindusflater bredere enn 2,44 meter må det monteres mer enn ett



sprinklerhode. Disse skal da ha en avstand på 1,83-2,44 meter. Monteres de nærmere, vil det ene hodet kjøle det andre og forsinke utløsning.

Vannforsyningen må vare like lenge som motstandstiden som er oppgitt for vinduet.

K-faktoren til et sprinklerhode sier noe om hvor mye vann som strømmer gjennom hodet ved et gitt trykk. En K-faktor på $80,6 \text{ LPM}/\text{bar}^{0,5}$ betyr at det ved én bar vil strømme 80,6 liter vann i minuttet gjennom hodet.

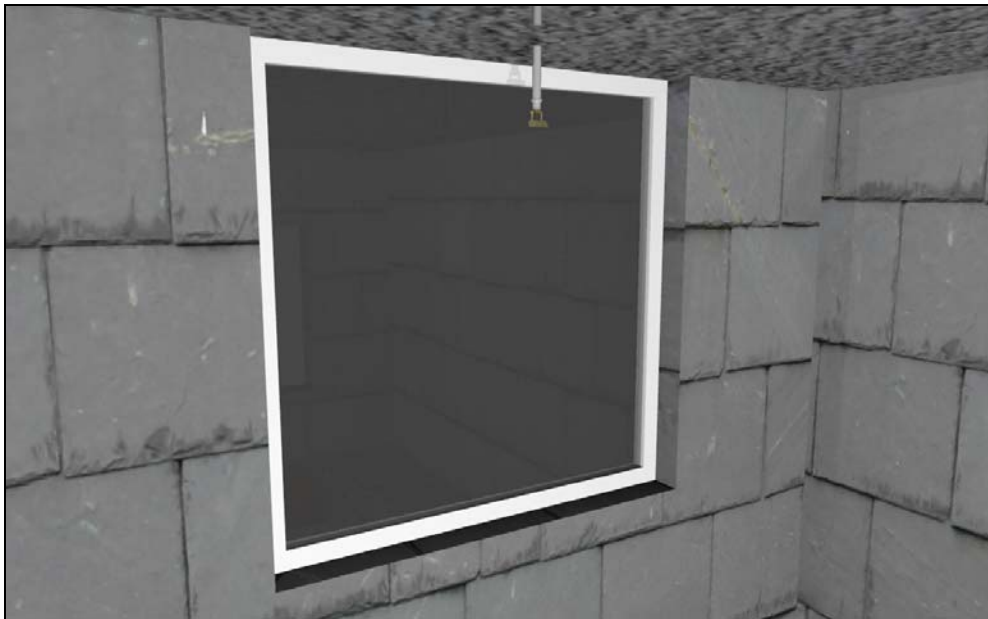
2.10.2 Tekniske data

Minimum flow: 56,8 liter pr min.

Max trykk: 12,07 bar.

K-faktor: $5,6 \text{ GPM}/\text{psi}^{0,5}$ ($80,6 \text{ LPM}/\text{bar}^{0,5}$)

[12]



Figur 17: Vindussprinkler



Figur 18: Sprinklerhode sett fra siden

2.11 Vinduene

Alle vinduene som ble testet har karm av PVC med stålprofiler. Glasset er festet slik i rammen at stålet er bærende konstruksjon, i utgangspunktet uavhengig av PVCen.

Glassene som ble benyttet har følgende oppbygninger:

Vanlig vindusglass type 1:

Ytterglass: 6 mm
Mellomrom: 16 mm (vakuum)
Innerglass: 4 mm

Vanlig vindusglass type 2:

Ytterglass: 4 mm
Mellomrom: 16 mm (vakuum)
Innerglass: 4 mm

Disse vinduene anses å ha like egenskaper i forsøkene med sprinkler, da det er innerglasset som utsettes for belastning. Vinduene har et optisk kobbergitter i innerglasset som skal stoppe solstråling utenfra og varmestråling innenfra).



Brannglass, Pilkington Pyrostop:

Ytterglass: 6 mm (vanlig glass)

Mellomrom: 12 mm (vakuum)

Innerglass: 18 mm (Pyrostop, 3 lamineringssjikt av natriumsilikat, fire lag glass) [13]

2.12 Tettemiddelet til brannglassene

Brannstopp Akryl FR er en en-komponent vannbasert fugemasse som er ment å brukes i konstruksjoner hvor en brannklassifisert fuge er beskrevet. Fugemassen sveller ved ca 75 °C opptil 100 % for å hindre passasje av røyk og ild.



Figur 19: Påføring av branntettemiddel 1



Figur 20: Påføring av branntettemiddel 2

2.13 PVC

Polyvinylklorid er et materiale som består av hydrogen, karbon og klor. PVC-produkter danner røyk og giftige gasser når de brenner.

De viktigste gassene som kommer fra PVC ved forbrenning, er karbonmonoksid (CO), karbondioksid (CO₂) og saltsyregass (HCl). Saltsyregassen er svært giftig for mennesker og har korroderende effekt på metaller.

Til å være et plastmateriale brenner PVC relativt sakte. Dette skyldes den høye andelen av klor som virker som en inhibitor på forbrenningen.

PVC er ikke lett antennelig. Den har en antennelsestemperatur på 390 °C. Dette skyldes at det utvikles en forkullet masse som forhindrer flammespredning. [14]



Figur 20: Vindusramme i PVC etter å ha blitt utsatt for brann



3 Beregninger

3.1 Varmeproduksjon

Luftstrømmen gjennom vinduet beregnes ved

Kun vindusåpning som ventilasjonsåpning:

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{luft}} &= 0,5A_w \cdot \sqrt{H} \text{ [kg/s]} \\ \dot{m}_{\text{luft}} &= 0,5 \cdot 1,44 \cdot \sqrt{1,2} \\ \dot{m}_{\text{luft}} &= 0,789 \text{ [kg/s]}\end{aligned} \tag{3.1}$$

Varmeproduksjonen kan så beregnes ved

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{\text{C,luft}} &= \Delta H_{\text{C,luft}} \cdot \dot{m}_{\text{luft}} \text{ [kW]} \\ \dot{Q}_{\text{C,luft}} &= 3,39 \text{ kJ/g} \cdot 7,89 \text{ g/s} \\ \dot{Q}_{\text{C,luft}} &= 2675 \text{ [kW]}\end{aligned} \tag{3.2}$$

Kun bakre ventilasjonsåpning:

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{luft}} &= 0,5A_w \cdot \sqrt{H} \text{ [kg/s]} \\ \dot{m}_{\text{luft}} &= 0,5 \cdot 1,38 \cdot \sqrt{1,2} \\ \dot{m}_{\text{luft}} &= 0,740 \text{ [kg/s]}\end{aligned} \tag{3.3}$$

Varmeproduksjonen kan så beregnes ved

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{\text{C,luft}} &= \Delta H_{\text{C,luft}} \cdot \dot{m}_{\text{luft}} \\ \dot{Q}_{\text{C,luft}} &= 3,39 \text{ kJ/g} \cdot 7,4 \text{ g/s} \\ \dot{Q}_{\text{C,luft}} &= 2509 \text{ kW}\end{aligned} \tag{3.4}$$



3.2 Minste branneffekt for å få overtenning

Branntid er satt til 350 sekunder, da dette er tiden det tar for ISO 834 å komme opp til 600 °C. Veggene er termisk tykke.

Kun vindusåpning som ventilasjonsåpning:

$$\text{Lettbetong} \rightarrow a = \frac{k}{\rho C_p} = \frac{0,2 \text{ W/mK}}{600 \text{ kg/m}^3 \cdot 900 \text{ J/kgK}} = 3,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{K} \quad (3.5)$$

Varmeovergangskoeffisienten finnes ved

$$h_k = \frac{k}{\sqrt{a \cdot t_c}} = \frac{0,2 \text{ W/mK}}{\sqrt{3,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 350 \text{ s}}} = 0,0134 \text{ kW/m}^2\text{K} \quad (3.6)$$

Omhyllingsflate minus areal av ventilasjonsåpningen:

$$A_T = 4 \cdot 2,4 \cdot 2,4 + 2 \cdot 2,4 \cdot 3,6 - 1,2 \cdot 1,2 = 42,72 \text{ m}^2 \quad (3.7)$$

Minste branneffekt beregnes så ved

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{FO} &= 610(h_k \cdot A_T \cdot A_w \cdot \sqrt{H})^{0,5} \text{ [kW]} \\ \dot{Q}_{FO} &= 610(0,0175 \text{ kW/m}^2\text{s} \cdot 42,72 \text{ m}^2 \cdot 1,44 \text{ m}^2 \cdot \sqrt{1,2 \text{ m}})^{0,5} \\ \dot{Q}_{FO} &= 678 \text{ kW} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Kun bakre ventilasjonsåpning:

Omhyllingsflate minus areal av ventilasjonsåpningen:

$$A_T = 4 \cdot 2,4 \cdot 2,4 + 2 \cdot 2,4 \cdot 3,6 - 1,2 \cdot 1,15 = 42,78 \text{ m}^2 \quad (3.9)$$

Minste branneffekt beregnes så ved

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{FO} &= 610(h_k \cdot A_T \cdot A_w \cdot \sqrt{H})^{0,5} \text{ [kW]} \\ \dot{Q}_{FO} &= 610(0,0175 \text{ kW/m}^2\text{s} \cdot 42,78 \text{ m}^2 \cdot 1,38 \text{ m}^2 \cdot \sqrt{1,15 \text{ m}})^{0,5} \\ \dot{Q}_{FO} &= 642 \text{ kW} \end{aligned} \quad (3.10)$$



3.3 Flammehøyde

I forsøkene som her er gjort, er:

$$H = 1,20 \text{ m}$$

$$B = 1,20 \text{ m}$$

$$A_w = 1,44 \text{ m}$$

Forbrenningsraten i en ventilasjonskontrollert brann finnes ved:

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{luft}} &= 0,52 \cdot A_w \cdot H^{0,5} \text{ [kg/s]} \\ \dot{m}_{\text{luft}} &= 0,52 \cdot 1,44 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m}^{0,5} \\ \dot{m}_{\text{luft}} &= 0,82 \text{ kg/s}\end{aligned} \quad (3.11)$$

Finner antall kg heptan som forbrenner pr kg luft:

Molmasse heptan (C_7H_{16}): 100,198 g/mol

$$\text{Pr. kg. heptan: } n = \frac{1000 \text{ g}}{100,198 \text{ mol/g}} = 9,98 \text{ mol} \quad (3.12)$$

Molmasse oksygen: 16 g/mol

Molmasse nitrogen: 14,01 g/mol

Balansert reaksjonsligning:



Masse:

$$11 \cdot 3,76 N_2 = 41,36 N_2 \rightarrow 579 \text{ gram}$$

$$11 O_2 \rightarrow 352 \text{ gram} \quad (3.14)$$

$$\text{Totalt luft: } 931 \text{ gram}$$

1 kg heptan = 9,98 mol heptan

Pr mol heptan = 0,931 kg luft

$$\begin{aligned}\dot{m} &= 9,98 \text{ mol} \cdot 0,931 \text{ kg} = 9,29 \text{ kg luft pr kg heptan} \\ \dot{m} &= 9,29 \text{ kg/s}\end{aligned} \quad (3.15)$$



$$\dot{m} = \frac{0,82 \text{ kg/s}}{9,29 \text{ kg} \cdot \text{kg/}} = 0,088 \text{ kg/s} \quad (3.16)$$

$$z = 12,8 \cdot \left(\frac{0,088 \text{ kg/s}}{1,2 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}} - 1,2 \text{ m} \quad (3.17)$$

$$z = 1,04 \text{ m}$$

Kjølesonen mellom vinduene er 0,3 m. En flammehøyde på 1,04 meter gjør da at flammen vil dekke 0,75 meter av vindushøyden på vinduet over.

Flammetoppens avstand fra fasaden kan beregnes ut i fra

$$x = H \left(\frac{0,454}{n^{0,53}} \right) \text{ [m]} \quad (3.18)$$

$$n = \frac{2B}{H} = \frac{2 \cdot 1,2 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} \quad (3.19)$$

$$n = 2$$

$$x = 1,2 \text{ m} \cdot \left(\frac{0,454}{2^{0,53}} \right) \quad (3.20)$$

$$x = 0,377 \text{ m}$$

Flammetoppen vil altså stikke ca 38 cm ut i fra fasaden.



3.4 Konfigurasjonsfaktor

Første etasje:

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \frac{0,6}{0,6} = 1,0 \quad (3.21)$$

$$\alpha = \frac{(L_1 \cdot L_2)}{D^2} = \frac{(0,6 \cdot 0,6)}{1,85^2} \approx 0,1052 \quad (3.22)$$

Bruker tabell 1, og får en Φ på 0,0292

$$Q = \varepsilon \cdot \Phi \cdot \sigma \cdot T^4 = 1 \cdot 0,0292 \cdot (5,67 \cdot 10^{-8}) \cdot (1323)^4 \approx 5072 \cdot 4 = 20289 \text{ W} \quad (3.23)$$

Flammene som stikker ut fra vinduet blir forenklet sett på som en rektangulær flate.

Flammer ut vinduet:

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \frac{0,6}{2,0} = 0,3 \quad (3.24)$$

$$\alpha = \frac{(L_1 \cdot L_2)}{D^2} = \frac{(0,6 \cdot 2,0)}{1,0^2} = 1,2 \quad (3.25)$$

Får da en Φ på 0,1202

$$Q = \varepsilon \cdot \Phi \cdot \sigma \cdot T^4 = 1 \cdot 0,1202 \cdot (5,67 \cdot 10^{-8}) \cdot (723)^4 = 1862 \cdot 2 = 3725 \text{ W} \quad (3.26)$$

Total stråling:

$$20289 \text{ W} + 3725 \text{ W} = 24014 \text{ W} \quad (3.27)$$

Andre etasje:

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \frac{0,6}{0,6} = 1,0 \quad (3.28)$$



$$\alpha = \frac{(L_1 \cdot L_2)}{D^2} = \frac{(0,6 \cdot 0,6)}{1,0^2} \approx 0,36 \quad (3.29)$$

Får da en Φ på 0,078

$$Q = \varepsilon \cdot \Phi \cdot \sigma \cdot T^4 = 1 \cdot 0,078 \cdot (5,67 \cdot 10^{-8}) \cdot (723)^4 = 1208 \cdot 4 = 4834 \text{ W} \quad (3.30)$$

4 Forsøk

4.1 Om forsøkene

Karstørrelsen som ble brukt ble valgt på bakgrunn av studier av tidligere hovedprosjekt og testing som ble gjort i forkant av forsøkene.

I våre forsøk ble sprinklerdysen plassert 210 mm i fra glasset.

Fyllesystemet ble lagd av et 50 mm stålrør og en 60 mm gummislange. Gummislangen ble trædd utenpå enden av røret og gikk rundt hjørnet på ISO-rommet for å ivareta sikkerheten. Røret gikk ned i karet og åpningen var under væskeoverflaten. Dette var nødvendig for at det ikke skulle brenne opp gjennom røret. Det ble og forsøkt å isolere røret, samt skjerme det for stråling med stålplater.



Figur 21: Modell av fyllesystemet

Én person hadde som ansvar å fylle diesel fra pumpe til slangen. Ved fylling var en annen person alltid klar med strålerør i tilfelle dieselsøl skulle antenne, eller flammer komme opp gjennom slangen. Hjelm, vernebriller, hansker og branntøy ble brukt under alle forsøk. Sikkerhetsprosedyrene ble laget basert på datablad for de aktuelle brennstoffene. Se vedlegg E og F.

Strålefluksmålerne som ble benyttet var av typen Medtherm 64P-5-22 og 64P-30-22. Tallet i midten refererer til den maksimale strålingen sensoren er laget for, hhv. 50 og 300 kW/m². Sensorene gir en liten spenning når de utsettes for varmestråling, som siden multipliseres med en bestemt faktor for å kalkulere varmestrålingen ved sensoren. Se vedlegg C.



Sensorene er avhengige av kjølevann i en liten, men stabil mengde for å gi nøyaktige resultater. Dersom de skal brukes i sotete omgivelser kan det tilføres nitrogengass for å ”flushe” glasset i en sensor så det holdes rent. Dette var unødvendig i denne typen forsøk, da begge målerne er plassert et stykke fra flammen.

Strålefluksmåleren utenfor vinduet i 1. etasje ga til tider resultater som virket feil ut i fra beregninger og erfaringer. Etter samtaler med veiledere og andre fagpersoner ble det besluttet å se bort fra resultatene fra denne måleren.

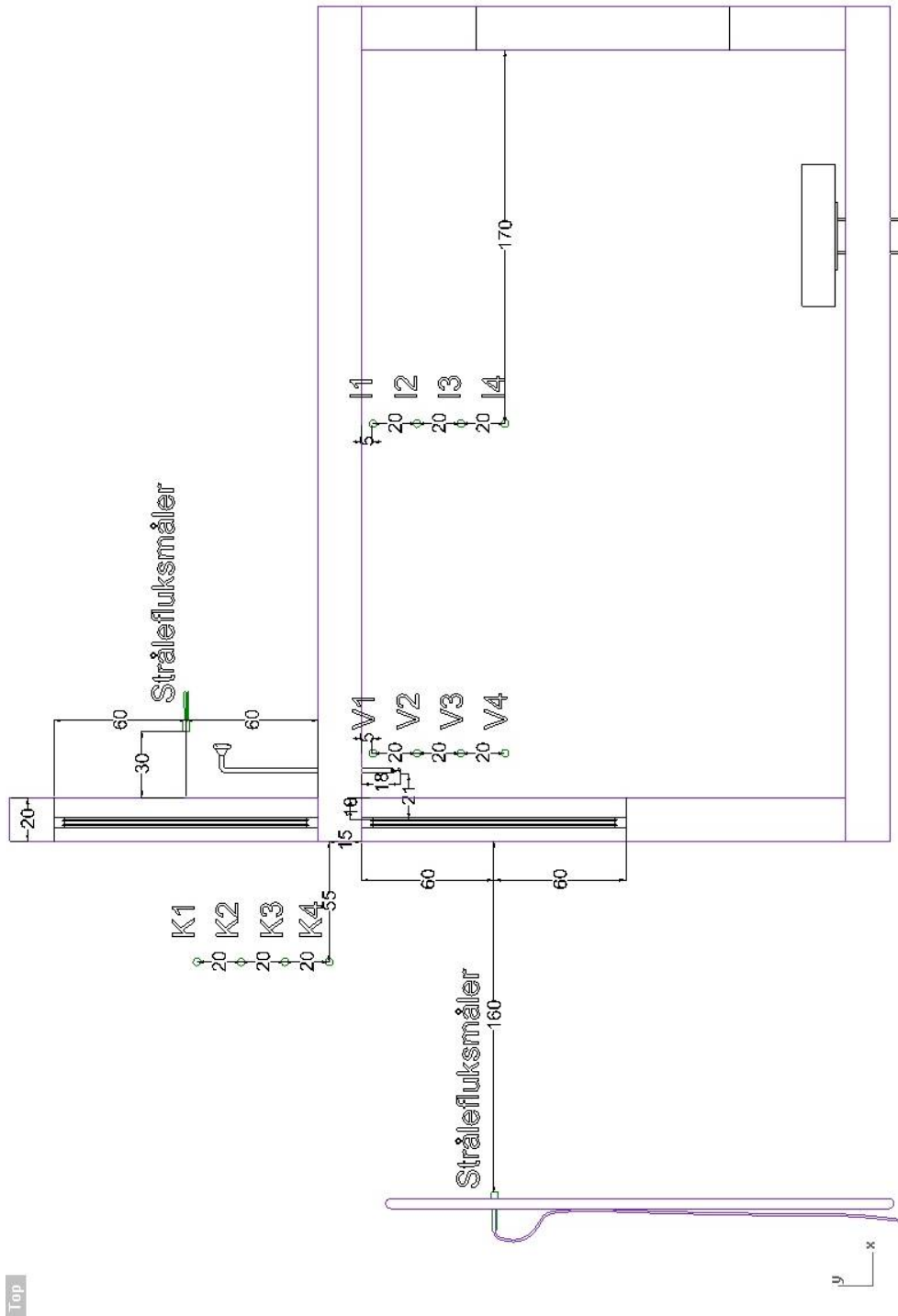
Tabell 2: Oversikt over forsøksoppsett

Brannrommet 1. etasje	<ul style="list-style-type: none">• Dimensjoner på brannrommet: L x B x H = 3,4 x 2,4 x 2,2 m.• Bygd opp med gassbetongklosser, Siporex; 0,4 x 0,6 x 0,1 m.• Forsøksrommet ble naturlig ventilert med åpning 1,2 x 1,15 m tvers over vindusarealet.• Vindusåpning (se figur 24): 1,2 x 1,2 m.• For å minimalisere vann på gulvet ved sprinklerforsøk, ble det bygd en demning på 0,84 x 2,4 m. Høyde 0,1 m.
2. etasje	<ul style="list-style-type: none">• Dimensjoner på rommet: 1,3 x 2,2 x 1,4 m.• Vindusåpning (se figur 24) 1,2 x 1,2 m.
Målepunkter	<ul style="list-style-type: none">• Temperaturmålingene ble målt ved tre områder med til sammen 12 elementer (se figur 23)• Strålefluksen ble målt 1,6 m fra senter av vinduet i 1. etasje og motsatt vei 0,4 m fra senter av vindu i 2. etasje. (se figur 23)
Brannkilde	<ul style="list-style-type: none">• Et kar 0,6 x 0,6 x 0,1 m plassert på vekt.• To preforsøk med henholdsvis karstørrelse 0,65 x 0,65 x 0,15 m og 0,7 x 0,7 x 0,15 m.
Testparametre	<ul style="list-style-type: none">• Dyse, Tyco Model WS —5.6 K-factor.• k-faktor: 80,6.• Vannstrøm: 60 l/min.• Brensel: Heptan, heptan/dieselblanding eller diesel.

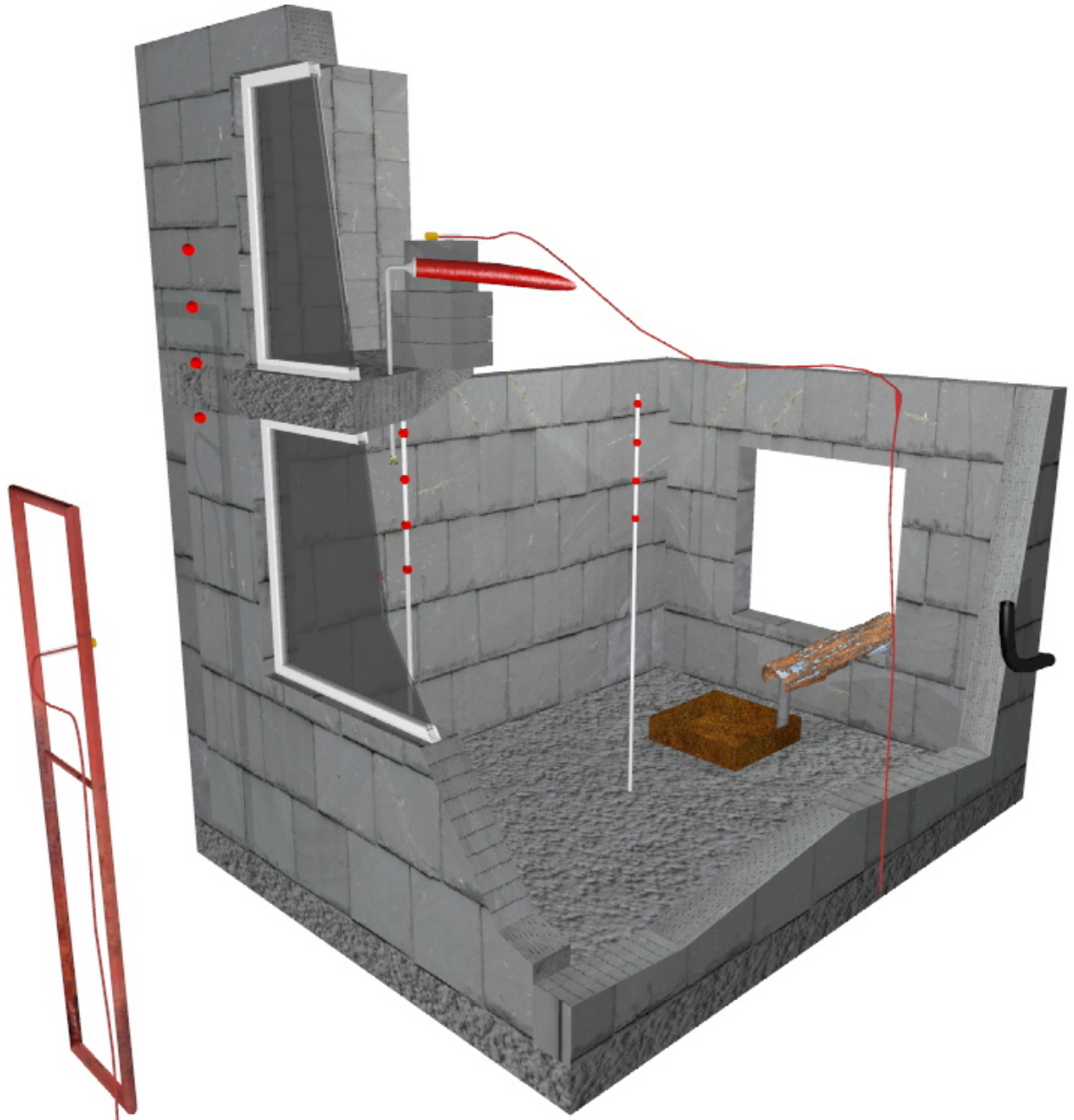
For fullstendig utstyrliste, se vedlegg D.



4.2 Oppsett

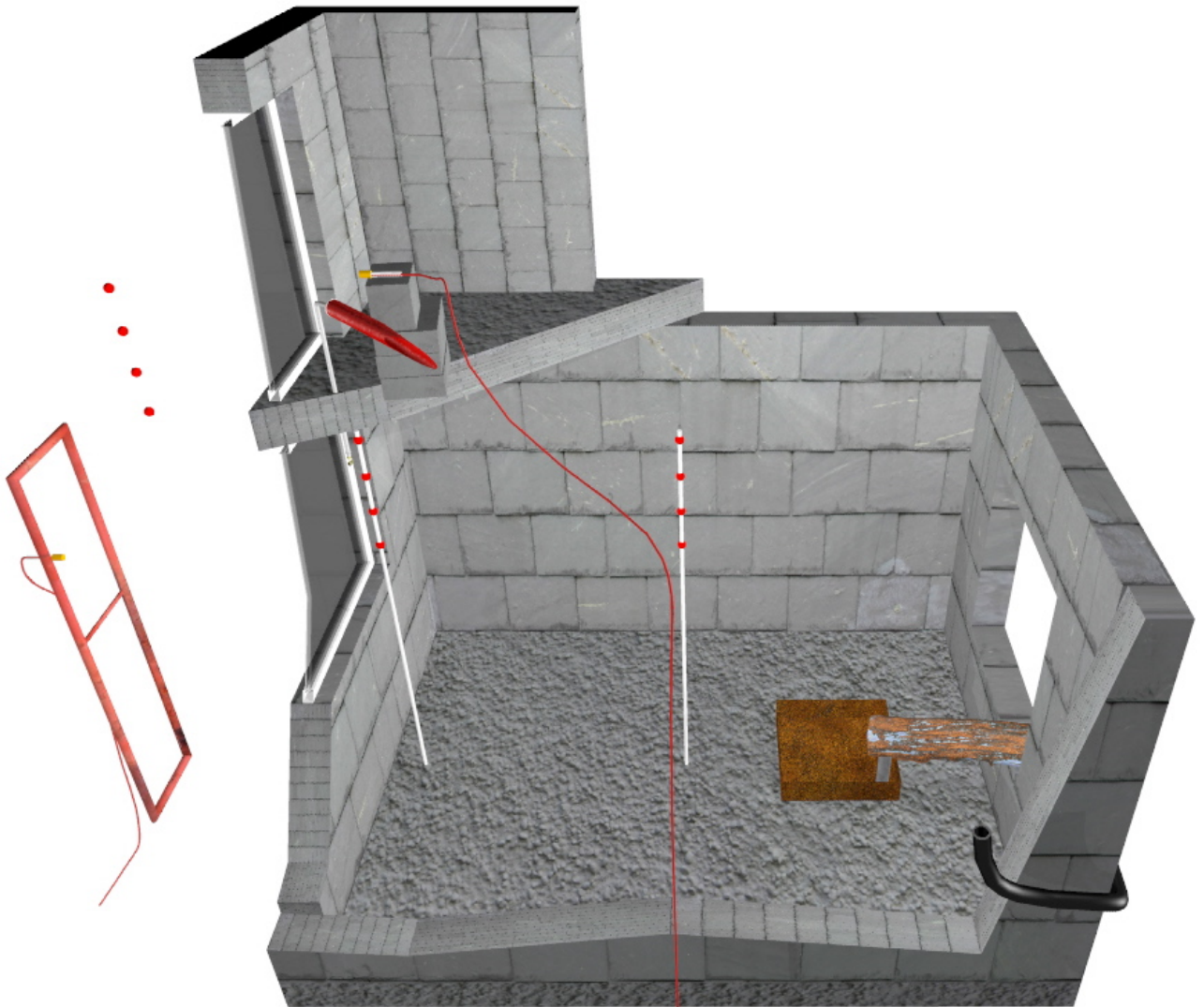


Figur 22: Oppsett av måleutstyr



Figur 23: Testoppsett

De røde kulene er termoelement. De gule sylindrerne med rød ledning er strålefluksmålere. Alle instrumenter er plassert langs en akse som går midt gjennom rommet.



Figur 24: Testoppsett sett fra siden



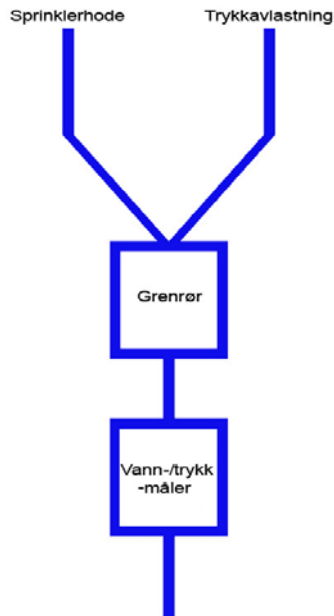
Figur 25: ISO-rommet sett forfra



Figur 26: Bakre ventilasjonsåpning med fyllesystem



4.3 Trykktap i sprinkleranlegg



Bildet viser hvordan sprinklersystemet ble koblet opp. Ettersom trykket i tilførselen var 10-12 bar og ønsket trykk på sprinklerhodet bare var ca 1 bar, ble det koblet til et grenrør. Slik kunne det holdes en vannstrøm som holdt trykket nede før sprinklerhodet løste ut. Da hodet løste ut ble trykkavlastningsrøret umiddelbart stengt og tilførselen til sprinklerhodet justert for å gi en vannstrøm på ca 60 l/min. Trykket ved hodet for å gi denne strømmen, var under 1 bar.

Figur 27: Oppsett av vannforsyning

Trykktap i slange går ut i fra verdi oppgitt i DSB: Veiledning om røyk- og kjemikaliedykking for 250 l/min. Tallet er deretter dividert ned til å gjelde for 60 l/min.

Tabell 3: Beregning av trykktap i sprinklersystem

Inndata	
C-verdi for stålrør	120 -
Diameter	20 mm
Lengde	0,7 m
Lengdetillegg for T-kryss	0,63 m
Lengdetillegg til albu	2,91 m
Ekvivalent lengde m/albu	4,24 m
Vannmengde	60 liter/min
Tap i slange	0,35 bar
Høydeforskjell	3 m
Utdata	
Tap i rør	0,010 bar
Tap for høydeforskjell	0,300 bar
Tap i slange	0,35 bar
Totalt trykktap	0,660 bar



4.4 Oversikt over forsøk

Tabell 4: Oversikt over resultater av forsøk

Forsøk 1: Vindussprinkler i møblert rom	Ingen skader på glass, litt sviskader på overkant av karm.
Forsøk 2: Uten vindu	Målt stråling 5,4 kW/m ² 0,5 m innenfor senter av vindu i 2. etasje.
Forsøk 3: Brannglass	Røyk trengte gjennom konstruksjonen. Stikkflamme observert på utsiden. Forsøk avsluttet etter 8 minutter med glasset intakt.
Forsøk 4: Brannglass	Røyk trengte gjennom konstruksjonen. Vinduet falt ut av karmen etter 15 min.
Forsøk 5: Vindussprinkler	Sprinkler løste ut etter ca 25 sek. Innerglasset sprakk etter 12 min. Glasset kaldt på utsiden gjennom hele forsøket. Ingen røyklekkasjer. Sviskader på overkant av karm.
Forsøk 6: Vindussprinkler Halv ventilasjonsåpning Drenering	Sprinkler løste ut etter ca 25 sek. Sprekkdannelser i innerglass observert etter forsøket. Glasset kaldt på utsiden gjennom hele forsøket. Ingen røyklekkasjer. Sviskader på overkant av karm.
Forsøk 7: Vindussprinkler Drenering	Sprinkler løste ut etter ca 38 sek. Sprekkdannelser i innerglass observert etter forsøket. Glasset kaldt på utsiden gjennom hele forsøket. Ingen røyklekkasjer. Sviskader på overkant av karm.
Forsøk 8: med sprinkler, uten glass Drenering	Vindu i 2. etasje sprakk etter 33,5 min til tross for beskjeden brann og mye vind.
Forsøk 9: med sprinkler, knust glass Drenering	Innerglass sprakk etter 1 min 10 sek og knuste etter 8 min. Ytterglass sprakk etter 10,5 min. Biter av ytterglass falt ut og termoelement ute gav utslag etter 11,5 min. Vindu i 1. etasje helt knust etter 21 min. Vindu i 2. etasje knust etter 23 min. Høyeste stråling innenfor vindu 2. etasje 14,6 kW/m ² . Brennende dråper fra røyken når vinduskarmen brant.



4.5 Forsøk 1: Vindussprinklerforsøk med møbler

Formål

Teste hvordan vindussprinkler er i stand til å beskytte vanlig vindusglass (6 mm ytterglass) ved en fullt utviklet brann. Sammenligne med tidligere forsøk gjort med heptan og diesel som brennstoff, og se hvordan vindussprinkler fungerer i en realistisk rombrann.

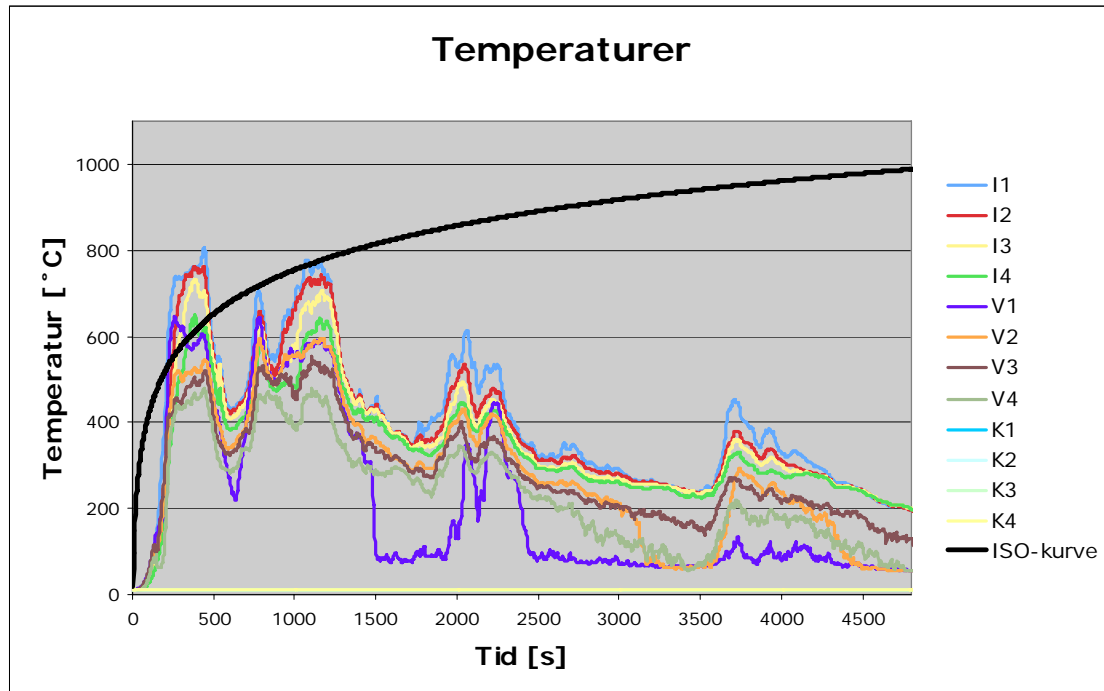
Forsøksforhold

- Skyet og vindstille.
- For å prøve å hindre noe av nedkjølingen som følge av vannet ble det boret 3 x 20 mm hull i gulvet. Ett i hvert hjørne inn mot veggen med vinduet og ett midt under vinduet. I tillegg ble det bygget en slags demning på gulvet, bestående av steinull med stein lagt oppå, for å hindre vann i å renne utover gulvet. Innenfor denne demningen var gulvet dekket av vann når sprinkleren opererte. Resten av gulvet var tørt.
- Full ventilasjonsåpning.

Brensel

- Sofa 2-seter med tykke puter (plassert 1,2 m i fra vindu)
- Kommode
- Enkelt skap
- Bord laget av to trepaller med treplater på
- Treplater langs veggene
- Duk/gardiner

Resultater



Figur 28: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven

Tid/temperatur²	Hendelse
2 min 26 sek/92 °C (V1)	Sprinklerhodet utløste. Vannstrøm ble justert. Raskt stigende temperatur i rommet.
2 min 36 sek/110 °C (V)	Hele vindusflaten dekket med vann.
7 min 20 sek/810 °C (I)	Høyeste temperatur oppnådd.
3 min 40 sek/500 °C (I)	Overtenning inntraff.
83 min	Forsøket avsluttet.
Generelt under forsøket	Glasset var helt intakt gjennom hele forsøket. Temperaturene varierte veldig, alt ettersom hvilke møbler som brant. Gardinene, som hang ca 25 cm fra glasset, blokkerte ikke vannstrålen fra sprinklerhodet. De rakk heller ikke ta fyr før sprinklerhodet utløste og var hele gjennom hele forsøket.
Observasjoner etter forsøket	Vinduet var fullstendig intakt. Karmen var litt svartsvidd, men ingen deformasjoner.

² Bokstavene V (vindu), I (inne) og K (kjølesone) henviser til hvor temperaturene ble målt. Se figur 23 som viser oppsett.



Diskusjon

Tidligere forsøk gjort ved Underwriter Laboratories har vist at dersom brannen starter nærmere glasset enn 2,44 m, kan den varme opp vindusglasset så mye at det sprekker før, eller i det dypet løser ut. Brannen ble her startet i en sofa 1,2 m i fra vinduet. De ble tent på et sammenkrøllet papir under en pyntepute i sofaen i enden nærmest vinduet. I dette forsøket sprakk ikke vinduet selv om avstanden var under 2,44 m. Årsaken til dette kan være at brannen øker mye seinere i forhold til tid/temperaturkurve ISO-834. Gardinene viste ikke antydning til misfarging eller avdampning. Før sprinklerhodet løste ut var det fyr i hele sitteputen og tilhørende ryggstø. Flammene var rundt 1 m over sitteputen. Gjennom hele forsøket ble det observert varierende temperaturer med tre markante topper etter hvert som ulike deler av møblelementet brant. [5]

Konklusjon

En brann i et møblert rom har mye lavere temperaturer enn en brann med heptan og diesel. Forsøkene som er utført med heptan og diesel er dermed svært konservative. Siden temperaturen stiger mye saktere i begynnelsen i en møbelbrann, blir ikke glasset utsatt for like store belastninger. Glasset var intakt gjennom hele forsøket.

Se vedlegg A for rapporter om resten av forsøkene.



5 Diskusjon

5.1 Plassering av brenselet i rommet

Dersom brannen starter for nært vinduet vil glasset varmes fort opp i forhold til sprinklerhodets glassbulb. Dermed vil den nå en kritisk temperatur før sprinklerhodet løser ut, og vinduet vil sprekke i det vannet fra sprinklerhodet treffer og avkjøler det varme glasset. Tidligere tester utført av Underwriter Laboratories har vist at brannen bør ha en avstand på 2,44 meter fra vinduet. Et tiår før det gjorde Lawrence Livermore National Laboratorie (LLNL) forsøk med brann nært vinduet, en liten brann (40 kW), og en stor brann (250 kW). Det viste seg at når brannen var stor, utløste sprinklerhodet tidsnok til å kjøle glasset, mens forsøket med den lille brannen gjorde at vinduet ble varmet opp fortere enn luften i rommet og glasset sprakk etter fire minutter, og før sprinklerhodet ble aktivert. [5]

Sprinklerhodet er av typen fast response og skal utløses ved 68°C. Det er viktig at sprinklerhodet aktiveres raskt, og før temperaturen i glasset blir for høy. Ved ca 250 °C er det sannsynlig at vindusglasset svikter. Underwriter Laboratories testet også en type deluge sprinkler, ved en brann plassert nært vinduet. Denne typen sprinkler har en raskere utløsningstid enn vanlig vindussprinkler. I tre av fire forsøk sviktet glasset. I to av forsøkene utløste sprinklerhodet tidlig, men glasset sviktet på grunn av termisk sjokk.

5.2 Flammehøyde

Beregnet flammehøyde er 1,04 m. Den observerte flammehøyden ble målt til 2 m. Beregnet flammehøyde må tas med en klype salt. Formelen er basert på diverse forsøk og tidligere erfaringer. Formelen tar ikke hensyn til hva slags materiale som brenner, emissivitet i røyklag, temperatur, overflateareal eller mengde brennstoff, kun forbrenningsrate og vinduets areal. For eksempel vil en brann hvor det inngår store mengder plastmaterialer ha en større del av forbrenningen ute i det fri, og dermed kunne gi betydelig lengre flammer.

Flammetoppens avstand fra fasade, er også svært vanskelig å beregne nøyaktig. Hvordan flammen stiger opp langs en vegg avhenger av mange faktorer som er vanskelige å forutsi. Når man gjør forsøk i praksis kommer også vind inn i bildet. Der det er relevant for forsøk eller videre beregninger er det benyttet observert avstand til flammetoppen, ikke beregnet avstand.

5.3 Bruk av vindussprinkling

Vindussprinkling innebærer en del praktiske problemer. Vinduene som benyttes skal ikke kunne åpnes. Sprinklerhodet kan lett benyttes til å henge pyntegjenstander på, og det kan



ikke være persienner eller andre ting som hindrer vannstrømmen i vinduet. Da sprinklerdysen ikke er særlig vakker å se på, er det også sannsynlig at det vil gjøres forsøk på å skjule den med pyntegjenstander. Deflektoren på dysen kan også dreies dersom man er uforsiktig, og dermed kunne sprute vannet i gal retning. Det kan heller ikke være brennbare gjenstander for nær glasset. Et annet problem kan være nysgjerrige festdeltakere som ønsker å finne ut hvor mye bulben tåler.

I næringsbygg skal det være en brannvernansvarlig som kontrollerer at forholdene som kreves ligger til rette, og vindussprinkling egner seg nok derfor bedre her enn i boliger.

5.4 Tykkelsen på glassene brukt i forsøk

Vinduene som er benyttet i forsøkene er vanlige glass med 4 mm tykkelse. Vinduer som er ment til bruk ved vindussprinkling skal være minst 6,4 mm. Tynne glass tåler større temperaturgradienter før de sprekker og er dermed mer motstandsdyktige mot termiske påkjenninger. Tykke glass har større mekanisk motstandsevne.

Ettersom glassene som har blitt testet er tynnere enn det sprinkleren er ment for, vil de tåle større temperaturgradienter enn et tykkere glass. Den mekaniske styrken til å motstå trykkoppbygging i brannrommet og slag fra fallende gjenstander, er derimot lavere.

5.5 Sammenligning av heptan og diesel

I utgangspunktet var det ønsket å benytte heptan som brensel for å kunne gjøre simuleringer i Kameleon FirEx. Diesel kan ikke benyttes til dette med like stor nøyaktighet da det ikke er homogent stoff. Den kjemiske formelen varierer mellom $C_{10}H_{22}$ og $C_{15}H_{32}$. Når diesel brenner, fordampes først de minste molekylene, mens de tyngste blir liggende igjen til sist. Dette fører til at det egentlig ikke er nøyaktig det samme stoffet som forbrenner gjennom hele brannen.

Heptan har et flammepunkt på $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, mens diesel har et flammepunkt på $62\text{ }^{\circ}\text{C}$. Heptan har lavere fordampningsvarme og damper derfor mer enn diesel ved samme varmetilførsel. Dette fører til at heptan forttere gir overtenning.

Heptan brenner mye renere enn diesel, og det har derfor vært vanskeligere å få dannet et røyklag i rommet med forsøk gjort kun med heptan. Da diesel gir et tykkere røyklag som igjen gir mer stråling tilbake til brenselet, vil dette ha en oppveidende effekt for den høyere fordampningsvarmen. På grunn av ønske om det tykke røyklaget er kun de første forsøkene gjort med heptan, da røykutviklingen i dieselbrannen ligner mer på en rombrann med møbler. Diesel er dessuten billigere og er sikrere med tanke på påfylling underveis.



I forsøkene som ble gjort brant diesel med et par hundre grader høyere temperatur enn heptan.

På bakgrunn av dette har det blitt benyttet blandinger av disse ved antennelse i forsøkene, og etter hvert blitt etterfylt med diesel.

5.6 Strålefluksmåling i 1. etasje

Målinger fra strålefluksmålere viste på det meste over 120 kW/m^2 , noe som virker alt for høyt. Beregninger gjort ut fra temperaturene i rommet og røyktetthet viser at strålingen ved fluksmåleren utenfor vinduet (1,85 m fra innerkant, sentrert på vinduet) burde vært rundt 35 kW/m^2 . Da også andre forsøk viste en alt for høy strålefluks for denne måleren, ble det etter samtaler med veileder og flere andre fagpersoner besluttet å se helt bort fra målerresultatene utenfor 1. etasje.

5.7 Videre arbeider

Ved videre arbeider for å undersøke virkningen av vindussprinkling bør det sees nærmere på følgende:

- Størrelsen på rommet. Testrommet i denne oppgaven er så lite at hele brannen blir kjølt av vannet fra sprinklerhodet. I et større rom blir belastningen på vinduet større fordi brannen ikke påvirkes i særlig grad av vannet.
- Alle vinduene som sprakk i forsøkene i denne oppgaven sprakk nederst. Det antas at dette er fordi vannet fra sprinkleren varmes opp når det renner nedover glasset. I et høyere vindu kan det tenkes at dette vil bli et problem. Større vindusarealer vil og være mer sårbare. Glasset i små vinduer holdes godt på plass av vinduskarmen selv om det knuser. Store glass har større masse og mer areal i forhold til kanten det er festet i. De vil da lettere kunne falle ut.
- Store vinduer med flere sprinklerdyser.



6 Konklusjon

Brannglassprototypen som ble testet viste seg ikke å være tilfredsstillende. PVC-rammen smeltet/brant vekk og stålprofilene og ekspansjonslistene som skulle utgjøre den bærende delen av konstruksjonen klarte ikke alene å holde glasset på plass. I tillegg lakk det røyk mellom glass og ramme. Prototypen ble testet ved temperaturer langt over ISO-kurven, og det kan dermed være en mulighet for at den ville holdt seg på plass gjennom en 30 minutters standardbrann.

I forsøkene gjort uten vinduer ble flammehøyden målt til ca to meter. Den dekket altså hele høyden av vinduet i 2. etasje, men ga ikke nok stråling til at noe innenfor kunne antenne. Strålingen her ble målt til ca 5 kW/m² med et svært kort maksimum på 15 kW/m².

Vindussprinkling viste seg å fungere. Sprinklerhodet løste seg raskt ut, og vannet dekket hele vinduet. Eneste skaden på glasset i væskebrannene var sprekker med senter i nederste kant. Da lå temperaturrene i rommet på rundt 800-900 °C. I møbelbrannen var glasset helt intakt, brannen hadde da en litt lavere temperatur. Sprekkene i glasset kom etter lengre tids eksponering for høye temperaturer, og var derfor ikke en konsekvens av den raske temperaturøkningen i starten av væskebrannene.

Et aspekt som kan studeres nærmere i senere arbeider er sprinklerdysens innvirkning på temperaturen i et rom av denne størrelsen. I de utførte forsøkene ble hele rommet kjølt av vannet fra dysen. I et stort rom vil brannen i det meste av rommet være upåvirket av vannet og temperaturene vil være høyere. Høyden på glasset kan og være av betydning da vannet varmes opp når det renner nedover.

Som et tiltak mot vertikal brannspredning i boliger står vindussprinkling overfor flere praktiske problemer. Det kan ikke henges opp persiener og sprinklerhodet kan lett bli et passende sted å henge opp pyntegjenstander. Det at sprinklerhodet er synlig og veldig lite estetisk, kan gjøre det fristende å prøve å skjule det. I næringsbygg er dette et mindre problem, da det skal være en intern brannvernleder som kan kontrollere dette.



7 Referanser

1. Byggdetaljer 520.310 Brannspredning via fasader (2006)
2. Drysdale, Dougal (1998). An Introduction to Fire Dynamics. John Wiley & Son, England.
3. J. R. Lawson og James G. Quintiere (1985), Slide Rule Estimates of Fire growth, Fire Technology, Volum 21.
4. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (tabell 2.35) (2002). 2. utgave, New York: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers
5. Fireglass.com
6. A. A. Joshi og P. J. Pagni (1993) NIST-GCR-93-634: Fire Induced Thermal Fields In Window Glass 1 – theory
7. Bo Anderson/Harry E. Backmann (1975), Glas i hus
8. Where vision meets function: Fire safety building design with glass, By: Mike Wood Global Consultant, Fire Protection Pilkington Group Limited
9. Byggdetaljer 571.957 Vinduer og glassvegger med brannmotstand (2006)
10. http://www.fireglass.com/hot_topics_library/sprinklers.asp
11. Andrew H. Buchanan (2001). Structural design for fire safety. John Wiley & Son, England.
12. Tyco datablad: Model WSTM — 5.6 K-factor Specific Application Window Sprinklers, Horizontal and Pendent Vertical Sidewall
13. Pilkington Glassfakta 2007
14. Wikipedia: Polyvinyl Chloride



8 Vedlegg

- Vedlegg A: Resultater forsøk
- Vedlegg B: Emissivitetsberegning
- Vedlegg C: Kalibreringssertifikat strålefluksmålere
- Vedlegg D: Utstyrliste
- Vedlegg E: Datablad diesel
- Vedlegg F: Datablad heptan

Vedlegg A

Resultater forsøk

Forsøk 2: Uten vindu



Figur 29: Flammer ut av vindusåpning

Formål

Måle strålefluks ut av vindu i 1. etasje og inn vindu i 2. etasje når det ikke er glass i noen av vindusåpningene. Måle temperaturer i kjølesonen.

Forsøksforhold

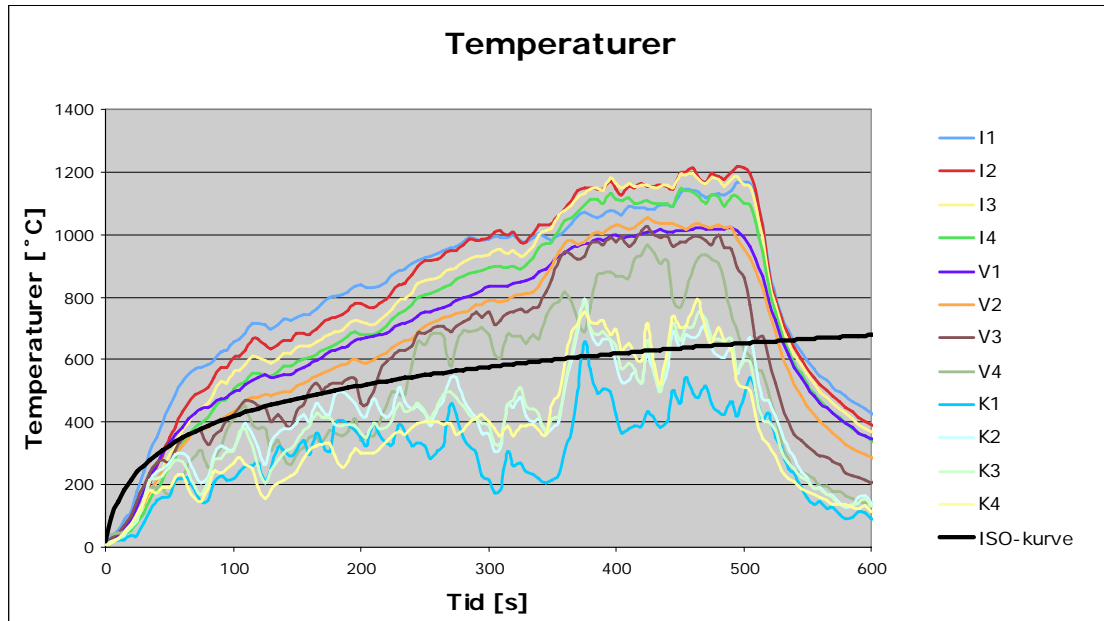
- Oppholdsvær og vindstille. 10 °C.
- Ventilasjonsåpningen i bakkant av rommet ble tettet med lettbetongklosser. Bortsett fra små sprekker i denne tettingen var eneste ventilasjonsåpning i rommet vinduet på 1,20 m x 1,20 m.

Brensel

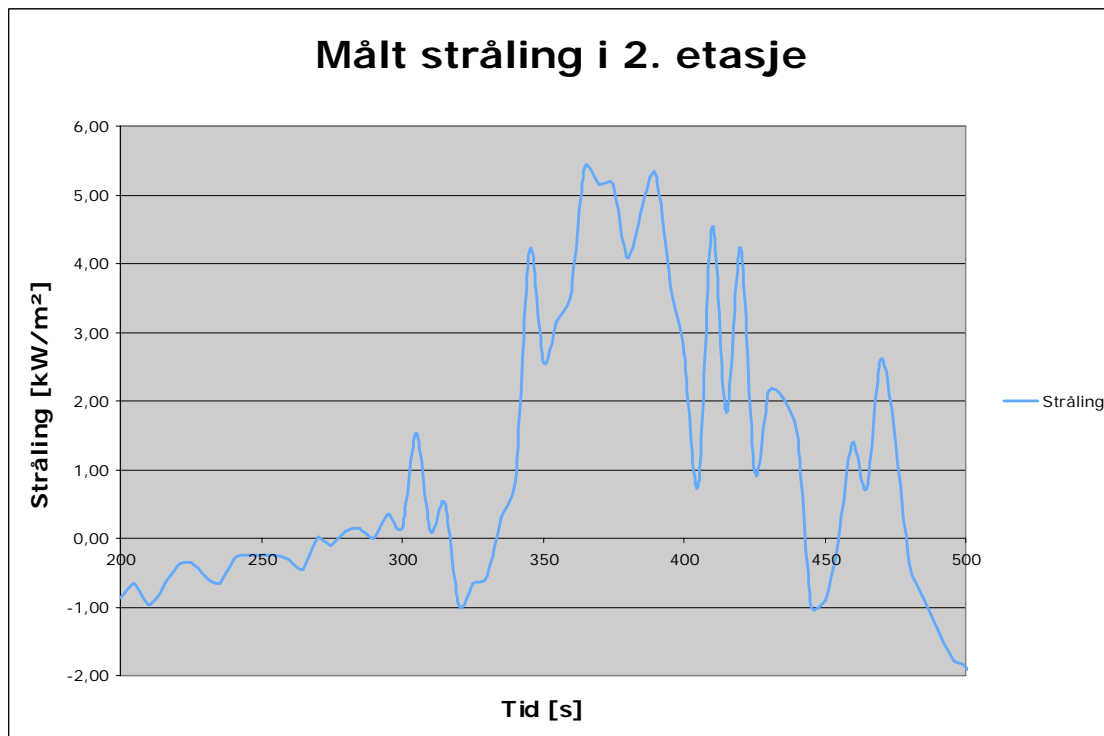
Arealet på brenselkaret var 0,36 m² og det ble fylt med 30 liter heptan. Mellom 350 og 400 sekunder ble det etterfylt en liten mengde heptan for å teste om påfyllingssystemet virket.



Resultater



Figur 30: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven



Figur 31: Målt stråling i 2. etasje



Tid/temperatur	Hendelse
3,5 min/830 °C (I)	Overtenning inntraff.
6 min/650 °C (K)	Høyest stråling oppnådd oppe (5,4 kW)
8min 45 sek	Brann avsluttet.

Diskusjon

Brannen varte totalt i 8 minutter og 45 sekunder. Av disse var 5 minutter fullt utviklet brann.

I løpet av brannen stakk flammen maksimalt ca 2 m over overkant av vinduet i 1. etasje. Den dekket i en lang periode hele høyden og bredden av vinduet i 2. etasje. Til tross for dette ble strålingen i 2. etasje ikke målt til mer enn 5,4 kW/m² 40 cm inn i rommet. Dette var ikke nok til å antenne bomullsdotten som hang 10 cm inn i rommet. Beregninger viser at strålingen ved fluksmåleren oppe skal ligge rundt 5 kW/m² forutsatt at flammen dekker hele åpningen og at avstanden til flammen er ca 1 m.

Dette forsøket ble utført på en vindstille dag. Det antas at andre vindforhold ville bidratt til at flammen kan stå inn i rommet over, og dermed kunne antenne for eksempel gardiner.

Konklusjon

En fullt utviklet heptanbrann i første etasje i et ISO-rom vil ikke bidra til nok stråling til å spre seg til rom i etasjen over med en kjølesone på 20 cm, til tross for at flammehøyden gikk over hele vindushøyden.



Forsøk 3: Brannglass

Formål

Frøyland Glass har utviklet en ny type vindusramme av PVC og stål. Det skal testes om vinduskonstruksjonen (glass og karm, slik det blir montert) tåler påkjenningen av en fullt utviklet brann av minst samme intensitet som etter ISO-kurven.

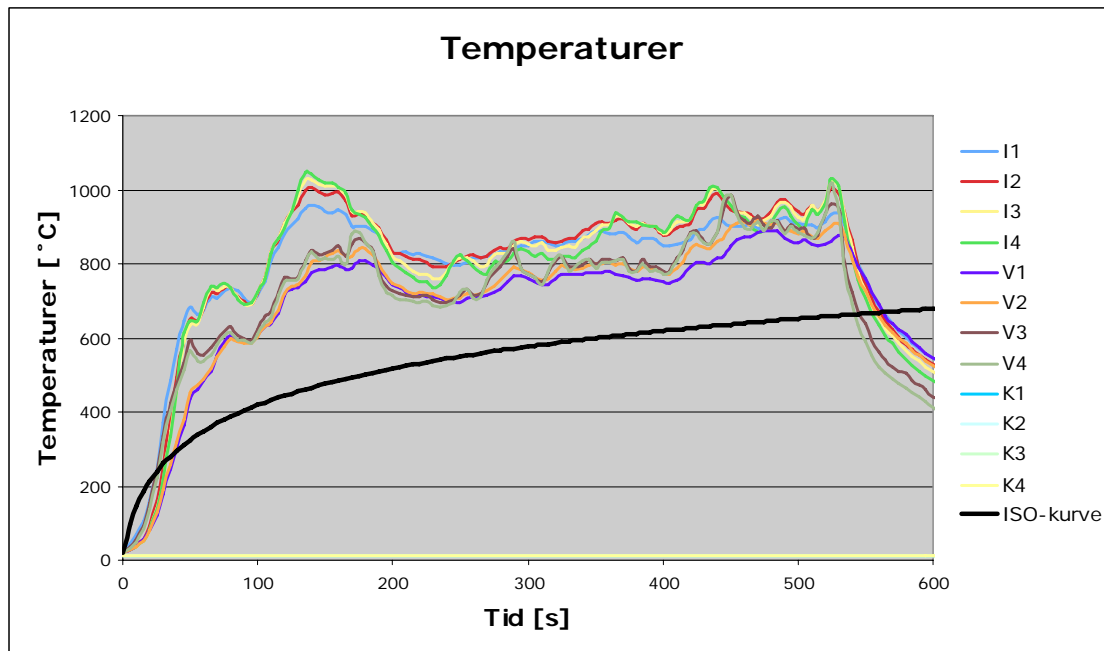
Forsøksforhold

- Vindstille og oppholdsvær. 12 °C.

Brensel

Karstørrelse 0,36 m². Totalt 60 liter heptan. Karet ble fylt helt opp, etterfylling ble gjort underveis.

Resultater



Figur 32: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven

Tid/temperatur	Hendelse
0-1,5 min	Det ytterste glasset begynte å bule litt utover.
1 min 10 sek/600 °C (V)	Røyk kom sivende ut mellom karm og vegg.
2 min/730 °C (V)	Stikkflamme i overkant av vindu.
2 min 15 sek/780 °C (V)	Lamineringssjiktet inne i brannglasset begynte å ekspandere. Denne prosessen foregikk til ca 4 minutter ut i



	forsøket, da det ikke lenger kunne observeres endringer i glasset.
4 min/700 °C (V)	Røyklekkasjene kraftig redusert. Ekspansjonsprosessen ferdig, endringer i glasset kunne ikke lenger sees.
9 min	Forsøket ble avsluttet.
Generelt under forsøket	Noe røyk sivet ut i overkant av vinduet mellom glasset og karmen gjennom hele forsøket.
Observasjoner etter forsøket	Etter forsøket stod ytterglasset fortsatt i karmen og var fullstendig inntakt. Den eneste skaden på utsiden var en sprekk i glasset som oppstod under montering. Glasset innenfor innerste lamineringssjikt var rast ut og lå på gulvet. Glasset var blitt så mykt at de glassbitene som hang på innsiden hadde bøyd seg.

Diskusjon

I starten av brannen kom det ut en del røyk mellom karmen og veggen. Det ble observert en liten stikkflamme i overkant av vinduet i kort tid. Tettingen her var utført ved å stappe inn steinull, for deretter å tette med Brannstopp Akryl FR på innsiden. Da tettemiddelet ble påført omtrent halvannen time før forsøket, var dette ikke ferdig herdet, noe som kan ha påvirket egenskapene til stoffet. Det kom også en del røyk ut mellom glasset og karmen.

Da vinduet ble montert opp ned, var de to dreneringsåpningene i karmen som skulle vært nede, oppe under forsøket. Dette skal ikke ha noe å si i praksis, men det noteres at røyklekkasjen er i den delen av karmen som skulle vært nederst.

Konklusjon

Konstruksjonen holdt ikke mål på grunn av røyk som sivet ut mellom glass og karm. Lamineringssjiktet ekspanderte som det skulle og hindret at ytterglasset ble skadet.



Forsøk 4: Brannglass

Formål

Frøyland Glass har utviklet en ny type ramme av PVC og stål. Det skal testes om vinduskonstruksjonen (glass og karm, slik det blir montert) tåler påkjenningen av en fullt utviklet brann av minst samme styrke som etter ISO-kurven.

Forsøksforhold

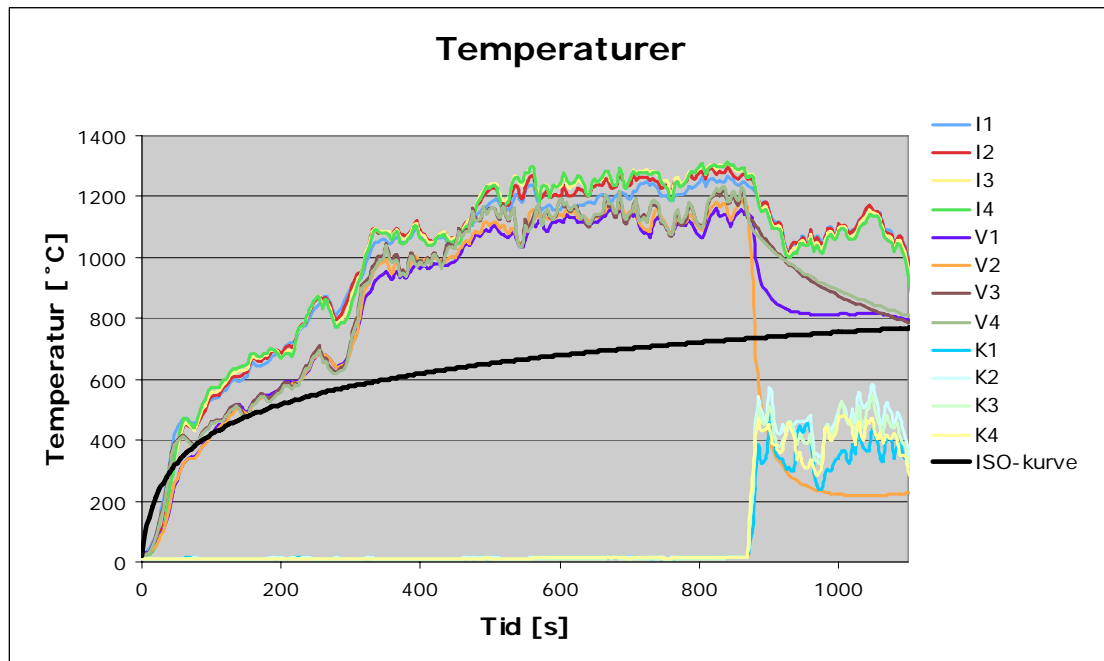
- Sol og vindstille. 12 °C.
- Full ventilasjonsåpning.

Brensel

Karstørrelse 0,36 m².

Karet ble først fylt helt opp med en blanding med 22 liter heptan og 15 liter diesel. Det ble etterfylt etter hvert med diesel for å få brannen til å vare tilstrekkelig lenge.

Resultater



Figur 33: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven



Tid/temperatur	Hendelse
2 min/485 °C (V)	Røyk sivende ut mellom glass og karm i over- og underkant av glasset. Overkanten av glasset fikk et svart sotlag etter kort tid.
4 min/660 °C (V)	Lamineringssjiktet ekspanderte.
5 min/900 °C (I)	Overtenning inntraff. Innerglasset sprakk som følge av lamineringssjiktets ekspansjon.
10 min/1150 °C (V)	Røyk sivende ut mellom glass og karm på sidene. Dette økte og lekkasjen i overkant økte i bredden, som følge av at karmen hadde startet å deformeres. Sprekken mellom glasset og karmen ble større og større.
15 min/950 °C (V)	Brannglasset løsnet fra overkanten og falt innover i rommet. Et par sekunder etter løsnet ytterglasset i underkanten og falt inn i rommet. Få sekunder senere falt den ytterste delen av plastrammen utover. Stålprofilene ble hengende igjen i åpningen. Forsøket ble dermed avsluttet.
Observasjoner etter forsøket	Noe av glasset på innsiden hadde smeltet og rent nedover veggen under vindusåpningen.

Diskusjon

Temperaturen i rommet var på det meste 1300 °C, noe som er 400 °C varmere enn en ISO-brann etter en halv time. Forsøket var dermed svært konservativt og det kan være at glasset vil holdt et forsøk utført som en standardbrann.

Det er noe usikkert nøyaktig hva som fikk glasset til å falle ut. Det kunne se ut som at glasset ble litt mykt og dermed ikke stod selvstendig i rammen. Rammen klarte ikke å holde på plass glasset etter dette. Det kan og diskuteres om trykkvariasjoner i brannrommet førte til at glasset ble dyttet inn eller ut slik at ekspansjonslisten og stålprofilen ble vridd i forhold til hverandre.

Konklusjon

I starten av brannen slapp det gjennom en del røyk, før ekspansjonslisten tettet langs karmen. Konstruksjonen ble dermed tilnærmet røyktett fram til den ble så redusert av brannen at det igjen lakk røyk igjennom.

PVC-rammen smeltet/brant vekk og stålprofilene og ekspansjonslistene som skulle utgjøre den bærende delen av konstruksjonen klarte ikke alene å holde glasset på plass. Brannglassprototypen som ble testet viste seg ikke å være tilfredsstillende.

Forsøk 5: Vindussprinkler



Figur 34: Vindussprinkler sett utenfra

Formål

Teste hvordan vindussprinkler er i stand til å beskytte vanlig vindusglass (4 mm ytterglass) ved en fullt utviklet brann.

Forsøksforhold

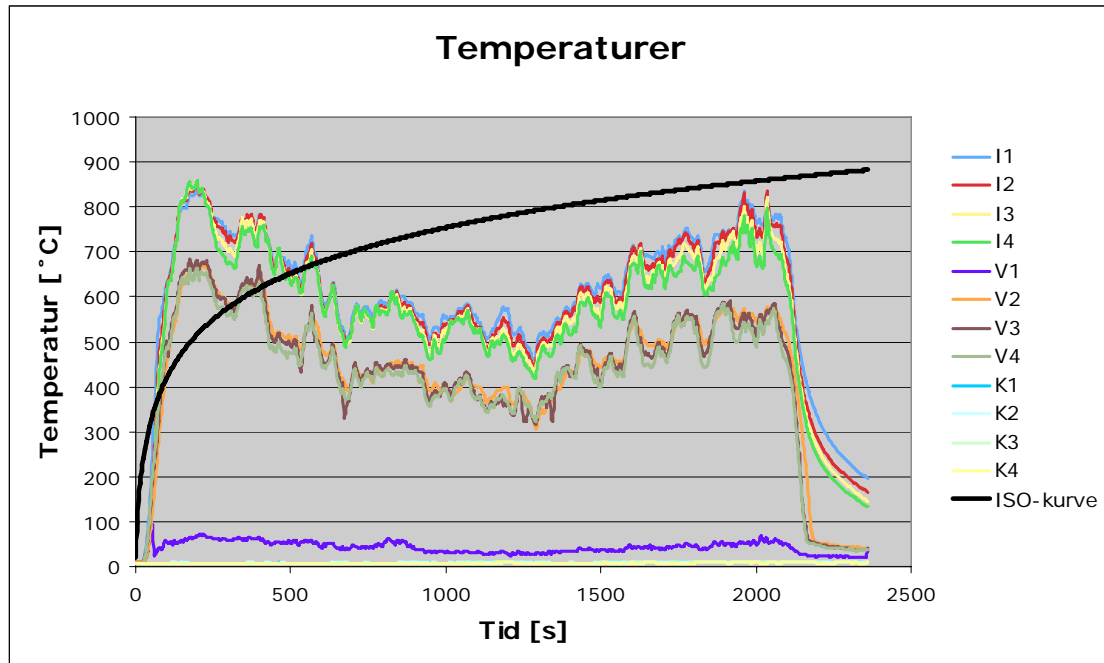
- Sol og oppholdsvær. 8 °C. Lite vind.
- Full ventilasjonsåpning.

Brensel

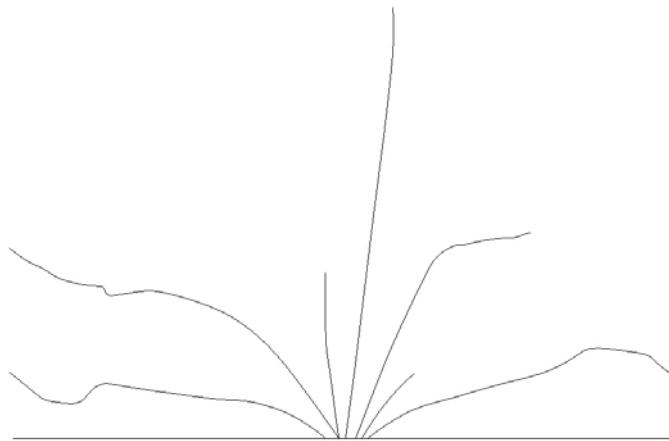
Karstørrelse 0,36 m².

Brannen ble startet med 20 liter heptan. Fra fem minutter og utover ble det jevnlig etterfylt med diesel for å vedlikeholde brannen.

Resultater



Figur 35: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven



Figur 36: Typisk brudd som følge av temperaturforandringer i glasset



Tid/temperatur	Hendelse
25 sek/82 °C (V1)	Sprinklerhodet løste ut. Vannstrøm ble justert. Raskt stigende temperatur.
35 sek/200 °C (V)	Hele vindusflaten dekket med vann.
2 min/750 °C (I)	Overtenning inntraff.
12 min/410 °C (V)	Den innerste ruta sprakk. Sprekkdannelsen startet midt i underkanten av glasset, og spredde seg utover. Glasset ble stående i karmen og det kunne ikke observeres effekter av sprekkene.
35 min	Forsøket ble avsluttet.
Generelt under forsøket	Ytterglasset ble bøyd ut og inn pga. trykkforskjeller i rommet. Disse var ikke store nok til å utgjøre en reell fare for at vinduet skulle bli ødelagt. Ingen røyk mellom glass og karm. Ytterglasset var kaldt å ta på under hele forsøket. Karmen på utsiden oppe var litt varmere enn karmen nede. Følt temperatur på karmen oppe ble anslått til ca 40 °C.
Observasjoner etter forsøket	Ytterglasset var helt ubemerket av brannen. Karmen var helt intakt bortsett fra overkanten. Denne hadde brannskader og var deformert.

Diskusjon

Vannstrømmen til sprinklerhodet ble justert til ligge på ca 60 l/min umiddelbart etter aktivering. Dette ble gjort for å ligge så nær minimumsflow for sprinklerhodet som mulig. Trykket for å opprettholde denne vannstrømmen var ca 1,5 bar ved måleren. Trykket før sprinklerutløsning lå på ca 5 bar.

Pga. dårlig drenering ble store deler av gulvet i rommet dekket av vann fra sprinkleren. Dette, sammen med at veggen og vinduet ble våte, førte til en avkjøling av røyklaget. I tillegg kjølte strømmen av vann fra sprinklerhodet røyklaget direkte. Makstemperaturen i dette forsøket ble derfor en del lavere enn i forsøket uten sprinkler (ca 800 °C). Temperaturen varierte også sterkt, mellom 500 og 800 °C, se figur 35.

Årsaken til temperaturfallet midt i forsøket er at det ble etterfylt store mengder diesel. Da påfyllingen ble avsluttet steg temperaturen jevnt.

Forsøket ble avsluttet etter 35 minutter da det ikke ble oppnådd høyere temperaturer og glasset ikke viste noen tegn til flere endringer.

Konklusjon

Dette forsøket viser at under de gitte forutsetningene virker sprinklerhodet godt. Innerglasset fikk sprekkdannelser, men ytterglasset var fullstendig uskadd og kaldt å ta på under hele forsøket. Vannet fra sprinklerhodet dekket hele glasset under hele forsøket. Pga. dårlig drenering ble temperaturen lavere enn ønsket.



Forsøk 6: Vindussprinkler

Formål

Teste hvordan vindussprinkler er i stand til å beskytte vanlig vindusglass (6 mm ytterglass) ved en fullt utviklet brann.

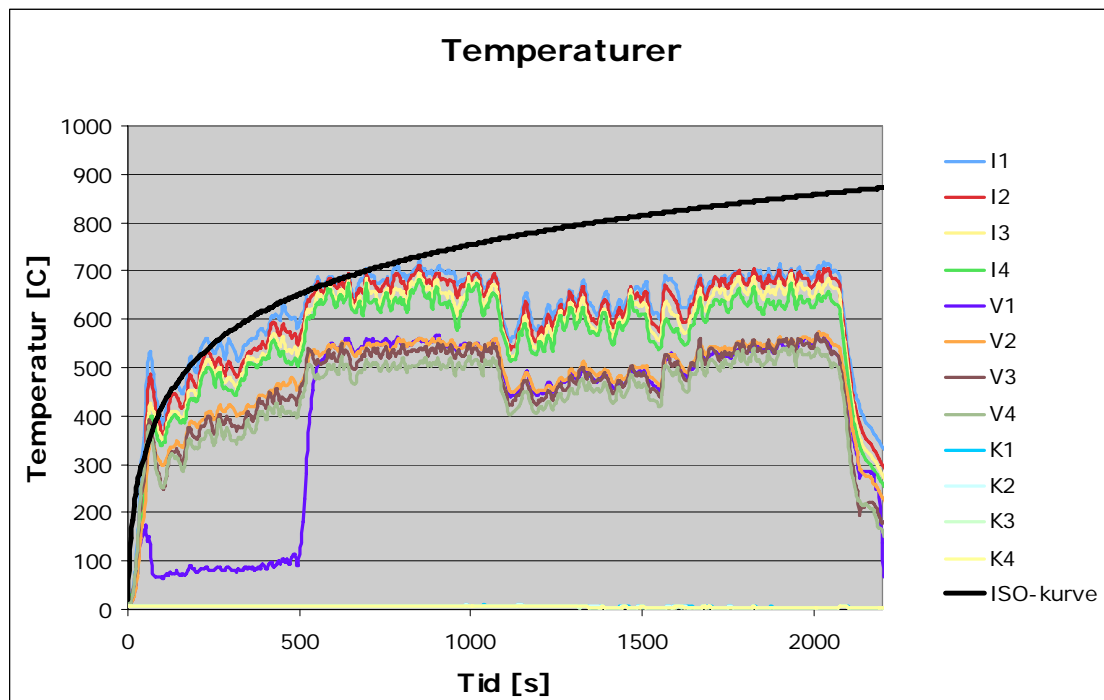
Forsøksforhold

- Varierende vær. Sol, snø og regn. Litt vind. 8 °C.
- Halv ventilasjonsåpning.
- For å prøve å hindre noe av nedkjølingen som følge av vannet ble det boret 3 x 20 mm hull i gulvet. Ett i hvert hjørne inn mot veggen med vinduet og ett midt under vinduet. I tillegg ble det bygget en slags demning på gulvet, bestående av steinull med stein lagt oppå, for å hindre vann i å renne utover gulvet. Innenfor denne demningen var gulvet dekket av vann når sprinkleren opererte. Resten av gulvet var tørt.

Brensel

Karstørrelse 0,36 m². Brannen ble startet med 20 liter heptan. Fra fem minutter og utover ble det jevnlig etterfylt med diesel for å vedlikeholde brannen.

Resultater



Figur 37: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven



Tid/temperatur	Hendelse
25 sek/75 °C (V1)	Sprinklerhodet utløste. Vannstrøm ble justert. Raskt stigende temperatur i rommet.
35 sek/200 °C (V)	Hele vindusflaten dekket med vann.
1 min/500 °C (I)	Brannen ble ventilasjonskontrollert.
35 min	Forsøket ble avsluttet.
Generelt under forsøket	Ingen røyk mellom glass og karm.
Observasjoner etter forsøket	Sprekkdannelser i innerglass. Karmen var helt intakt bortsett fra overkanten.

Diskusjon

For å teste hvordan vinduet reagerte på høyere trykkoppbygning i rommet ble halve ventilasjonsåpningen dekket til. Åpningen hadde dermed halve bredden og samme høyde som i tidligere forsøk. Dette førte til en brann som raskt ble ventilasjonskontrollert. Brannen pulserte og var i perioder nesten uten flammer, for så å ta seg opp igjen. Bevegelser i glasset på grunn av trykkvariasjoner var i dette forsøket mindre enn ved sprinklerforsøk 1.

Temperaturene i løpet av forsøket lå mellom 600 og 700 °C. Temperaturfall på 100-150 °C kan observeres der det ble fylt på diesel.

Også i dette forsøket ble det observert sprekkdannelser i underkant av innerglasset. I dette glasset startet sprekken litt til venstre for midten. På karmen kunne det observeres nøyaktig samme skader som ved sprinklerforsøk 1.

Konklusjon

Sprinklerhodet løste ut etter ca 25 sekunder og dekket glasset fullstendig under hele brannforløpet. I ettertid ble det observert at det innerste glasset var sprukket. Det ble ikke observert synlige skader på ytterglasset. Ventilasjonsåpningen i dette forsøket var for liten til å gi en tilstrekkelig høy temperatur i forhold til ISO-kurven. Karmen i overkant av vinduet hadde brannskader på midten.



Forsøk 7: Vindussprinkler

Formål

Teste hvordan vindussprinkler er i stand til å beskytte vanlig vindusglass (6 mm ytterglass) ved en fullt utviklet brann.

Forsøksforhold

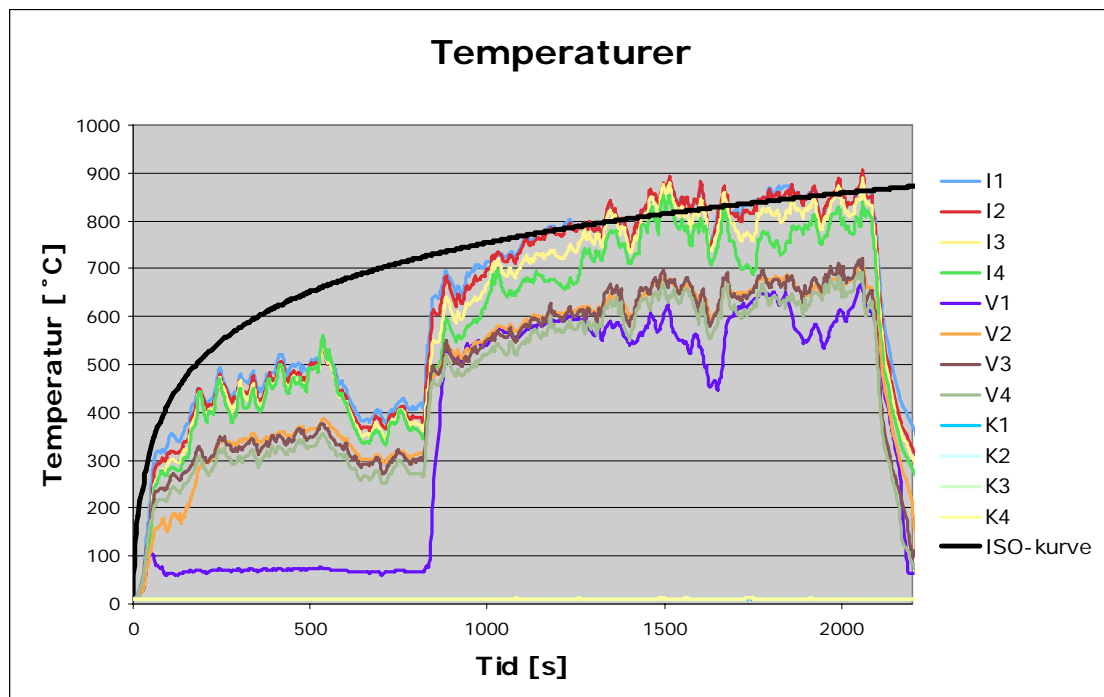
- Regn og vind. 10 °C.
- Demning med drenering, som i forsøk 6.
- Full ventilasjonsåpning.
- For å begrense noe av vinden ble det satt opp en levegg på den ene siden av ventilasjonsåpningen etter 14 minutter.

Brensel

Karstørrelse 0,42 m².

Brannen ble startet med 15 liter heptan og 35 liter diesel. Det ble etterfylt med diesel for å vedlikeholde brannen.

Resultater



Figur 38: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven



Tid/temperatur	Hendelse
38 sek/ 82 °C (V1)	Sprinklerhodet utløste. Vannstrøm ble justert. Raskt stigende temperatur i rommet.
48 sek/ 104 °C (V)	Hele vindusflaten dekket med vann.
14/400 °C (I)	Levegg satt opp.
15 min/700 °C (I)	Overtenning inntraff.
35 min	Forsøket avsluttet.
Generelt under forsøket	Ingen røyk mellom glass og karm. Vinduet i 2. etasje var vått pga. regn.
Observasjoner etter forsøket	Sprekkdannelse i innerglass. Karmen var helt intakt, bortsett fra overkanten som var svidd og deformert. Dreneringen var blitt tett av sot, og det lå derfor mye vann i hele rommet.

Diskusjon

Til å begynne med lå temperaturen lenge på 450-500 °C. 14 minutter ut i forsøket ble det satt opp en vindskjerm ved ventilasjonsåpningen. Etter dette tok det seg opp og temperaturen varierte mellom 700 og 900 °C. Høyeste målte temperatur var 906 °C. Dette var litt lavere enn forventet ut i fra testforsøk som var utført tidligere. Det ble da registrert 1000 °C. Dette skyldtes nok både vinden og at dreneringen ble tett, slik at det ble mer kjøling fra vannet på gulvet. Rett innenfor vinduet lå temperaturen på 600-700 °C.

Det ble store sprekker i glasset og en stor bit av glasset falt ut. Flere biter falt ut etter hvert.

Konklusjon

Sprinkleren utløste etter 38 sekunder, og hele glasset ble raskt vått og var dekket med vann under hele forsøket. Bortsett fra sprekker og små biter som falt ut i innerglasset, var vinduet intakt etter å ha blitt utsatt for en brann i 35 minutter. Ytterglasset var uberørt av brannen. Karmen i overkant av vinduet hadde brannskader på midten.



Forsøk 8: Med sprinkler, uten glass

Formål

Se hvor stor innvirkning sprinkleren har på flammer ut vinduet, og om den kan hindre skade på vinduet i etasjen over.

Forsøksforhold

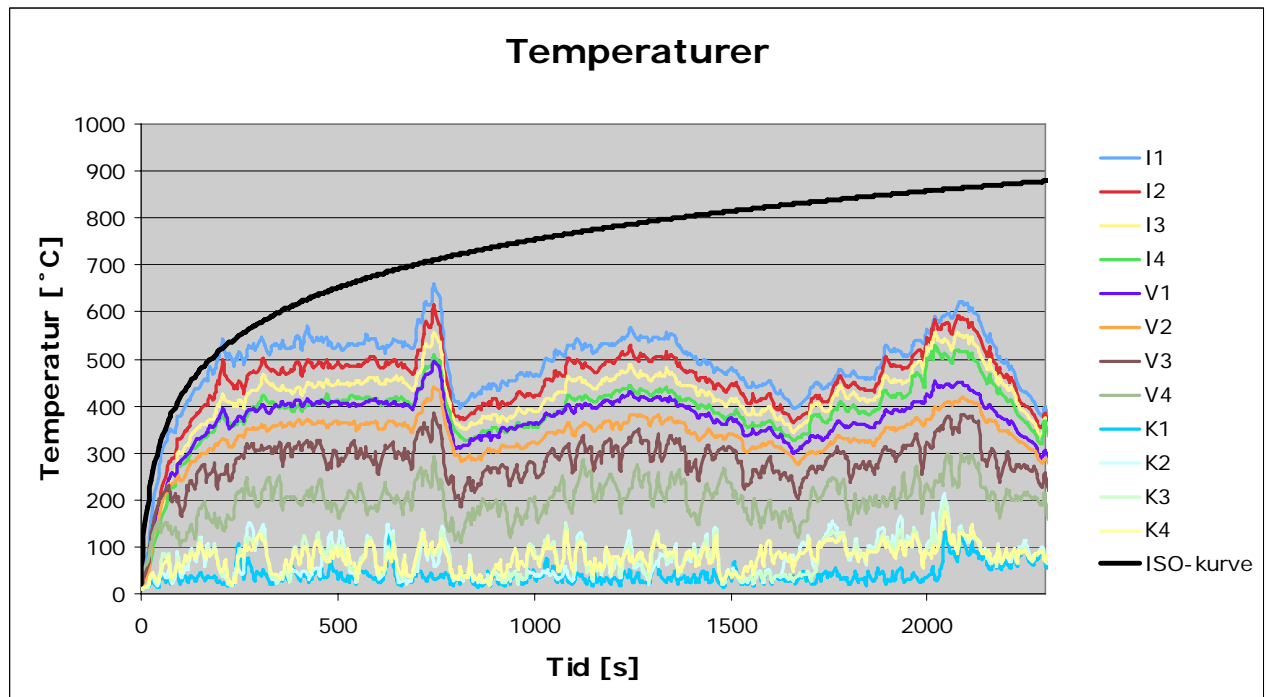
- Regn og mye vind. 11 °C
- Uten vindu nede, men med glass oppe. Vindusåpning var eneste ventilasjonsåpning, men det ble åpnet litt bak i slutten av forsøket.

Brensel

Karstørrelse 0,42 m².

Brannen ble startet med 15 liter heptan og 14 liter diesel. Mer diesel ble fylt på etter hvert (15 liter).

Resultater



Figur 39: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven



Tid/temperatur	Hendelse
45 sek/107 °C (V1)	Sprinkleren ble slått på.
13 min/660 °C (I)	Høyeste temperatur oppnådd.
28 min/400 °C (I)	Det ble åpnet 40 x 120 cm i motsatt side av rommet.
33,5 min/212 °C (K1)	Vindu i 2. etasje sprakk.
39 min	Forsøket ble avsluttet.
Generelt under forsøket	Innsiden av vinduet opp var kaldt gjennom hele forsøket.

Diskusjon

Temperaturen lå mellom 400 og 600 °C hele tiden. Dette skyldtes vått ISO-rom og mye vind, samt kjøling fra sprinkleren. Det var duskregn ute og vind alle veier, noe som førte til at de svært små regndråpene ble sugd inn i rommet. Etter at det ble åpnet et ventilasjonsareal i motsatt ende, ble det en merkbar økning i temperaturen, og flammer kom ut av denne åpningen. Det ble da observert at røyken gikk vekselvis fra den ene til den andre ventilasjonsåpningen, med noen sekunders mellomrom.

Det ble ikke observert flammer ut åpningen, men varm røyk førte til at ytterglasset i vinduet i andre etasje sprakk. Røyken ut av vinduet ble ikke kjølt i særlig stor grad på grunn av stor dråpestørrelse. Temperaturen i kjølesonen lå stort sett mellom 50 og 100 °C, men er i korte perioder oppe i 150 °C. Den høyeste temperaturen ble målt av det øverste termoelementet. Da vinduet sprakk var temperaturen på sitt høyeste, 212 °C.

Konklusjon

Forsøket ble på grunn av mye vind ikke som ønsket. Det kan likevel konkluderes med at sprinklerhodet ikke kjøler røyken i særlig grad. Til tross for vinden og en svært beskjeden brann, sprakk vinduet i 2. etasje.



Forsøk 9: Med sprinkler, knust glass

Formål

Teste hvor lenge vanlig vindusglass holder i overtent rom uten sprinkling, og se hvilken effekt sprinkling har på flammer ut åpning. Måle stråling i 1. og 2. etasje etter at begge vinduer er knust, og se på flammehøyden ut av vindu. Begge deler med og uten sprinkler.

Forsøksforhold

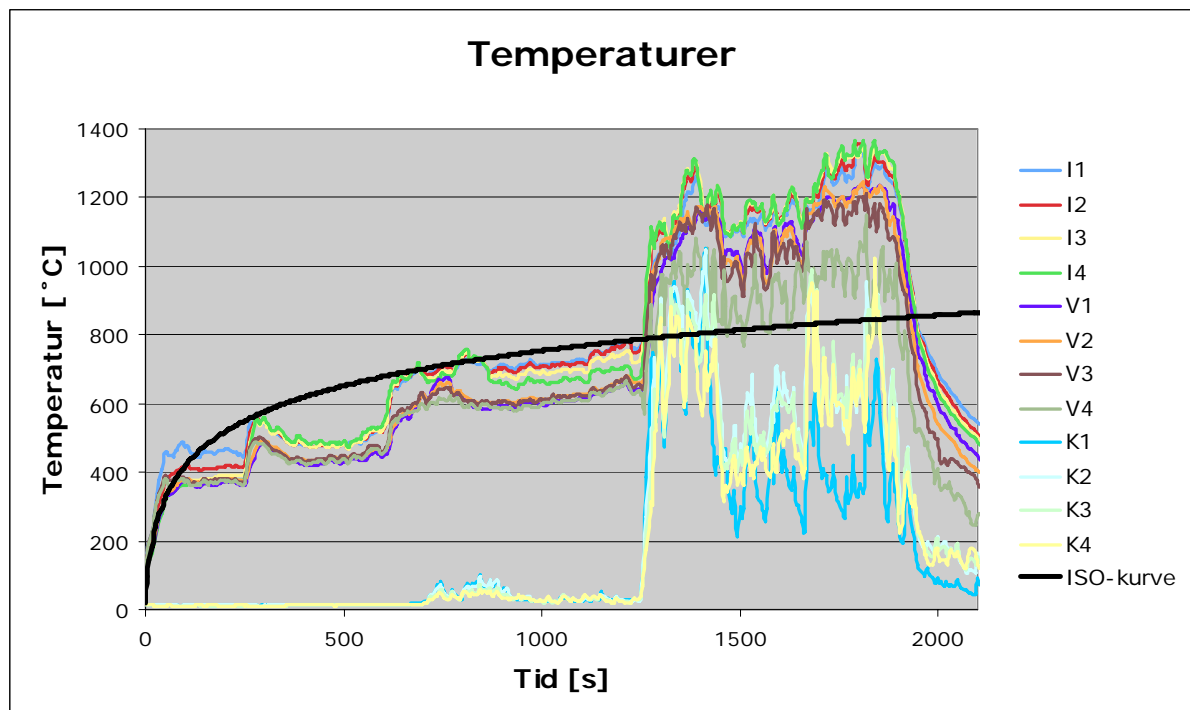
- Opphold og vindstille. 12 °C.
- Demning med drenering, som i sprinklerforsøk 2.
- Bakre ventilasjonsåpningen ble delvis dekket til. Åpningen var 1 m bred og 0,4 m høy.

Brensel

Karstørrelse 0,42 m².

Brannen ble startet med 15 liter heptan og 26 liter diesel. Det ble etterfylt med diesel for å vedlikeholde brannen.

Resultater



Figur 40: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven



Tid/temperatur	Hendelse
1 min 10 sek/ 380 °C (V)	Innerglasset sprakk.
4 min/350 °C (V)	Røyk mellom glass og ramme.
8 min/430 °C (V)	Innerglasset knuste.
10 min/600 °C (V)	Overtenning inntraff.
10,5 min/540°C (V)	Ytterglass sprakk.
11,5 min/650 °C (V)	Termoelementer ute ga utslag. Biter av ytterglass falt ut.
21 min /800 °C (V)	Vinduet i første etasje ble helt knust.
23 min	Vinduet i andre etasje ble knust.
28,5 min/1218 °C	14,6 kW/ m ² , høyeste målte stråling 2. etasje.
34 min	Forsøket avsluttet.
Generelt under forsøket	Røyken fra vinduskarmen avga store brennende dråper.
Observasjoner etter forsøket	Rødgledende vegger inne i ISO-rom. Sprinklerhodet var smeltet vekk.

Diskusjon

Formålet med den lille ventilasjonsåpningen bak i rommet var å gi brannen luft i perioden fra antenning til glasset knuser og gir luft fra andre siden. For liten ventilasjonsåpning ville kvelt brannen før vinduet knuste. For stor åpning ville ført til økt bruk av brensel, uten større temperaturer, i det vinduet knuser og gir gjennomtrekk.

Til å være vanlig vindusglass holdt vinduet i dette forsøket svært lenge. Den største glassdelen ble stående i rammen til den ble utsatt for en kraftig dusj fra sprinklerhodet og falt ned.

Glasset oppe sprakk, men ble knust manuelt kort tid etter for å kunne måle stråling inn til fluksmåler oppe. Det ble ikke målt varmestråling innenfor glasset så lenge det var intakt. Glasset var av typen Suncool, som skal dempe varmestråling fra sollys, men det var også helt tilsotet. Det er vanskelig å si hvilke av disse faktorene som har hatt størst effekt.

Det ble ikke gjort målinger av effekten sprinkleren hadde på flammer ut av åpningen. Et stykke ut i brannen ble det satt på en liten vannstrøm for å hindre at sprinklerhodet tok skade av varmen, men da hodet ble synlig i røyken ble det observert at deflektoren alt var smeltet av. Vannet ble da stengt og hele sprinklerhodet var borte da forsøket var over.

Grunnet manglende kjølevannsstrøm gjennom strålefluksmålere var antageligvis strålingsmålingene vesentlig mye høyere enn faktisk stråling.

Maksimal strålefluks innenfor vinduet i 2. etasje ble målt til 15 kW/m². Dette ble var i en svært kort periode. Dersom om strålingen hadde holdt seg stabil over lengre tid kunne treverk blitt antent. Det meste av tiden svingte strålingen rundt 5 kW/m², noe som er nok til å gi brannskader etter kort tid.



Konklusjon

Det vanlige vindusglasset holdt i ca 10 minutter før det ble åpning gjennom vinduet.
Karmen avgir brennende dråper.

Det konkluderes og med at i senere forsøk der sprinklerdyser skal utsettes for høye temperaturer, må det være en liten vannstrøm for å kjøle hodet gjennom hele forsøket.



Forsøk uten glass

Formål

Finne ut effekten av sprinkler i et overtent rom, når den manuelt blir skrudd på midt i brannen. Forskjellen blir registrert ved stråling og som begrenset flammer ut vinduet.

Forsøksforhold

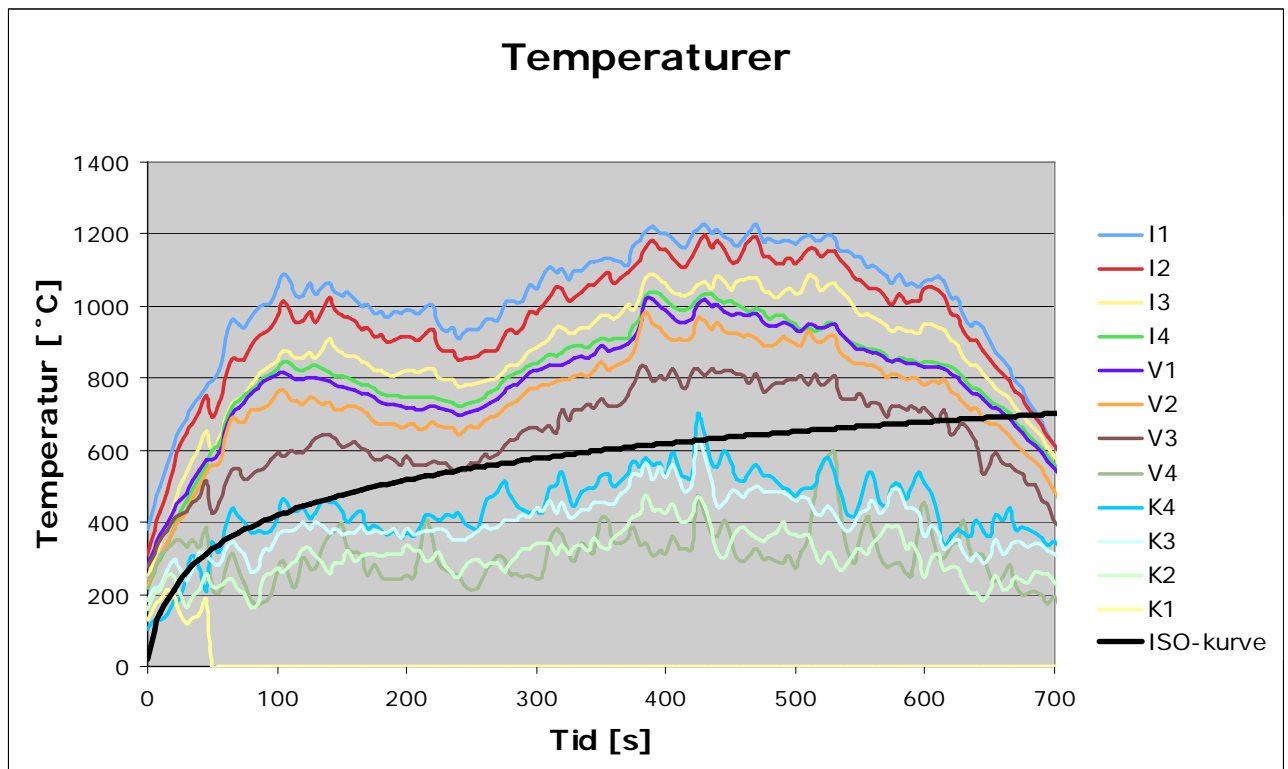
- Sol og vindstille.
- Demning med drenering, som i forsøk 6.
- Bakre ventilasjonsåpningen ble helt dekket til.

Brensel

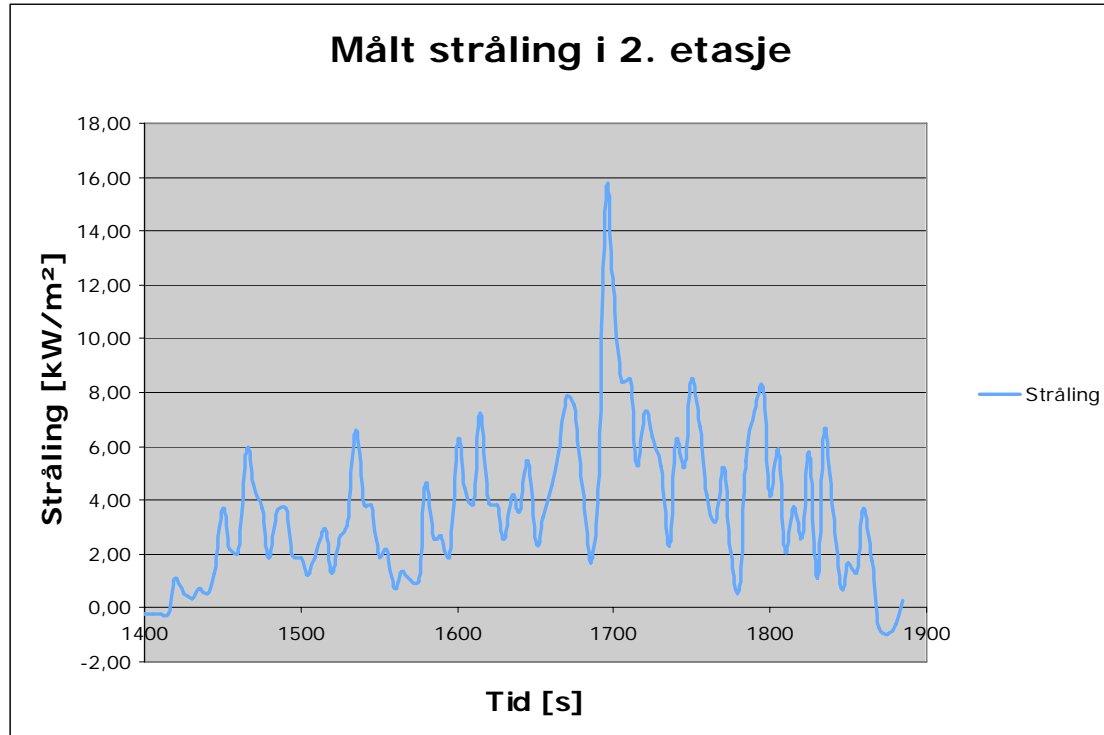
Karstørrelse 0,42 m².

Brannen ble startet med 30 liter diesel.

Resultater



Figur 41: Målte temperaturer sammenlignet med ISO-kurven

**Figur 42: Målt stråling i 2. etasje****Tid/temperatur**

7 min/1200 °C (I)

10 min

Hendelse

Flammer ut av vindu opp til halve vindushøyde i 2. etasje og sprinklerhodet ble løst ut. Høyest målte temperatur og stråling i 2. etasje 1,5 kW/m².

Forsøket avsluttet.

Diskusjon

Etter forrige forsøk var det smeltet hull i fyllerøret inne i rommet. Ved påfylling rant noe av brenselet på gulvet og ble antent etter kort tid. Dataloggeren ble først startet etter antennelsen, med temperaturer på rundt 400 °C midt i rommet. Da brannen var på sitt mest intense ble sprinkleren utløst. Det ble ikke målt forskjell i stråling og temperatur når sprinkleren løste ut.

Flammehøyden ble noe redusert, men kom til nesten opprinnelig høyde innen et halvt minutt. Ved forberedende forsøk ble det også testet med en vannstrøm på 120 l/min. Dette førte til at røyken ble skjøvet vekk fra veggen, samt en sterk reduksjon av flammer ut vinduet. Det ble observert lysere røyk på grunn av innblanding av vann.



Konklusjon

Ved minimum vannstrøm har sprinklerhodet liten effekt på flammer og røyk ut vinduet. Det var ingen målbare forskjeller i stråling eller temperatur. Ved dobbel vannstrøm var det en markant reduksjon av flammer ut vinduet.



Vedlegg B

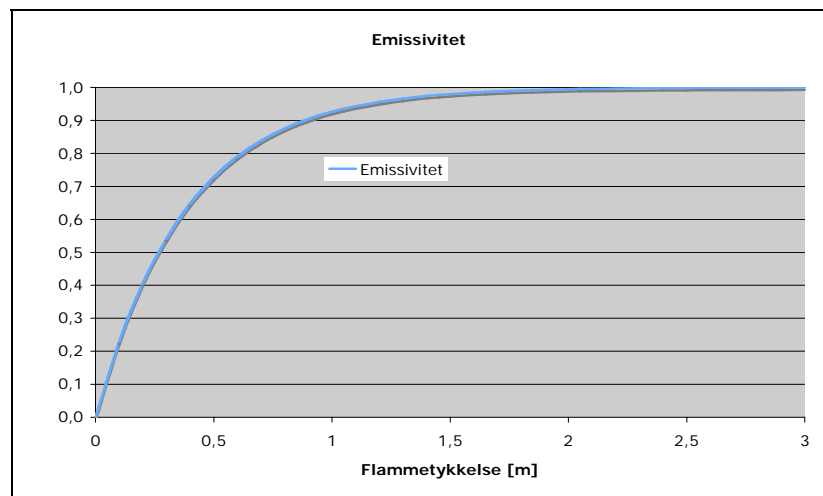
Emissivitetsberegning

$$\varepsilon = 1 - e^{(-K \cdot L)}$$

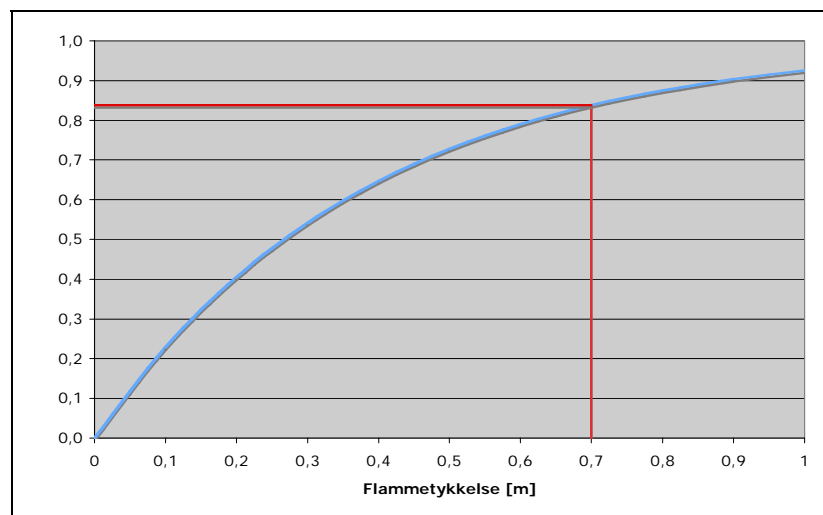
Beregningene er utført med en K-faktor på 2,6 m⁻¹.

Tabell 5: Emissivitet som funksjon av tykkelse

Tykkelse	Emissivitet
0	0,0000
0,1	0,2289
0,2	0,4055
0,3	0,5416
0,4	0,6465
0,5	0,7275
0,6	0,7899
0,7	0,8380
0,8	0,8751
0,9	0,9037
1	0,9257
1,1	0,9427
1,2	0,9558
1,3	0,9660
1,4	0,9737
1,5	0,9798
1,6	0,9844
1,7	0,9880
1,8	0,9907
1,9	0,9928
2	0,9945
2,1	0,9957
2,2	0,9967
2,3	0,9975
2,4	0,9981
2,5	0,9985
2,6	0,9988
2,7	0,9991
2,8	0,9993
2,9	0,9995
3	0,9996



Figur 43: Diagram over emissivitet som funksjon av flammetykkelse



Figur 44: Diagram over forsøkernes flammetykkelse og emissivitet

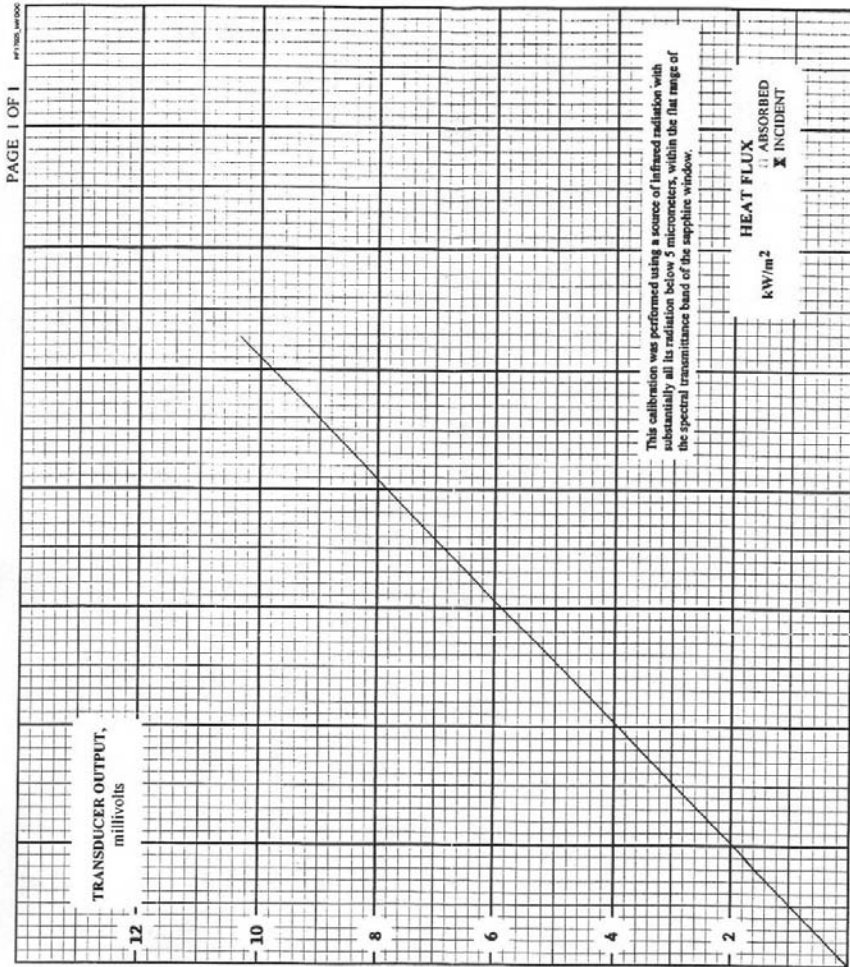


HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Nor Flam

Vedlegg C

Kalibreringssertifikat strålefluksmålere



CERTIFICATE OF CALIBRATION

DATE 4/7/06
 CUSTOMER HSH NORWAY
 P.O. NO.
 CERTIFICATE NO. 14460-1
 MODEL NO. 64P-5-22

SERIAL NO. 144601
 SENSOR TYPE Schmidt-Boelter
 ABSORPTANCE 0.94
 WINDOW Sapphire, 150°VA
 REFERENCE STANDARD 89943
 CALIBRATED BY 6

CALIBRATION RESULTS SUMMARY:
 FULL SCALE OUTPUT LEVEL:
9.81 mV at 50 kW/m²

RESPONSIVITY:
0.1962 mV per (kW/m²), or
 the inverse: 5.097 kW/m² per mV
 Water: 18.3 °C 10.7 mL/s

UNLESS NOTED, CALIBRATION CONDITIONS:
 Non-condensing Ambient Air at 23 ±3 °C
 Relative Humidity Less Than 70%
 Expanded uncertainty ±3% of responsibility.
 Coverage factor k=2, ~95% confidence level.
 Test uncertainty ratio (TUR) is less than 4:1.

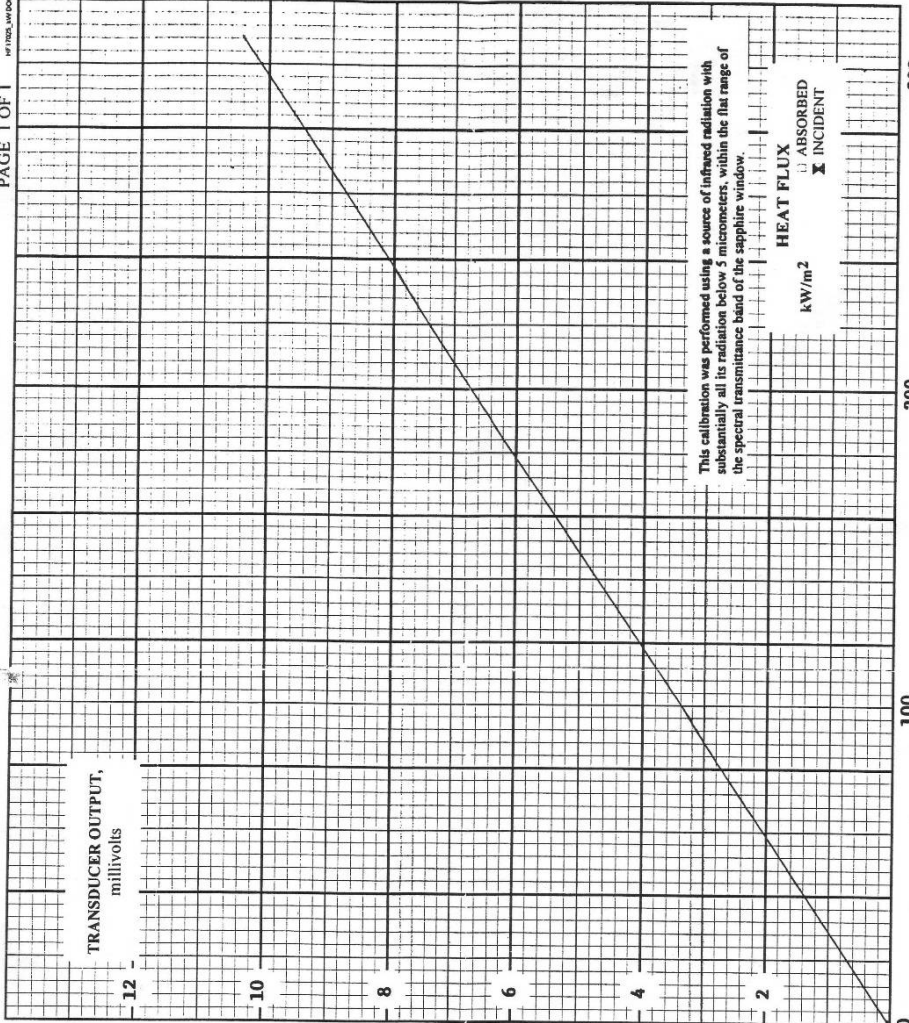
Calibration was performed in compliance with ISO/IEC 17025, ANSI/NCSL Z540-1 and MIL-STD-45662A to MEDTHERM PL-20 with traceability to the National Institute of Standards and Technology.

This certificate applies only to the item described above. It is not to be reproduced, except in its entirety, without written permission from MEDTHERM Corporation.

ATTEST: F. Bookitt

X, OA Manager President
MEDTHERM CORPORATION

POST OFFICE BOX 412 / HUNTSVILLE, ALABAMA / TELEPHONE (256) 837-2000 / FAX (256) 837-2001



This calibration was performed using a source of infrared radiation with substantially all its radiation below 5 micrometers, within the flat range of the spectral transmittance band of the sapphire window.

HEAT FLUX
kW/m²
 ABSORBED
 INCIDENT

CERTIFICATE OF CALIBRATION

DATE 4/7/06
 CUSTOMER ESH NORWAY
 P.O. NO. -
 CERTIFICATE NO. 14460-3
 MODEL NO. 64P-30-22

SERIAL NO. 144603
 SENSOR TYPE Gardon Gage
 ABSORPTANCE 0.92
 WINDOW Sapphire, 150°VA
 REFERENCE STANDARD 89943
 CALIBRATED BY 6

CALIBRATION RESULTS SUMMARY:
 FULL SCALE OUTPUT LEVEL:
10.11 mV at 300 kW/m²
 RESPONSIVITY:
0.03370 mV per (kW/m²), or
 the inverse: 29.67 kW/m² per mV
 Water: 18.3 °C 10.7 mL/s

UNLESS NOTED, CALIBRATION CONDITIONS:
 Non-condensing Ambient Air at 23 ± 3 °C
 Relative Humidity Less Than 70%
 Expanded uncertainty ±3% of responsivity.
 Coverage factor k=2, ~95% confidence level.
 Test uncertainty ratio (TUR) is less than 4:1.

Calibration was performed in compliance with ISO/IEC 17025, ANSI/NCSL Z540-1 and MIL-STD-45662A to MEDTHERM PI-20 with traceability to the National Institute of Standards and Technology.

This certificate applies only to the item described above. It is not to be reproduced, except in its entirety, without written permission from MEDTHERM Corporation.

ATTEST: *F. Beal*

QA Manager _____ President
MEDTHERM CORPORATION

POST OFFICE BOX 412 / HUNTSVILLE, ALABAMA / TELEPHONE (256) 837-2000 / FAX (256) 837-2001



Vedlegg D

Utstyrliste

Tabell 6: Utstyrliste

Utstyr	Fra
12 stk termoelementer	HSH
2 stk strålefluksmålere	HSH
Gummislanger (ca 3 mm) til kjølevann til strålefluksmålere	HSH
Bærbar PC	HSH
Datalogger	HSH
Vekt	HSH
2 stk videokamera m/stativ og film	HSH
Fotoapparat	Stein Kyrre
Minnepinne	Kristoffer
Strålerør til sikringslange	ResQ
Rør til sprinklerdyse	HSH
Sprinklerdyser	NorFlam
4 stk 38mm brannslange	ResQ
Vannmåler (mengde/trykk)	HSH
Grenrør	ResQ
Brenselkar 60 x 60 og 65 x 65 cm	HSH
Meterstokk/målebånd	Stein Kyrre/Marianne
Rør/slange til etterfylling av brensel	ResQ
Ledninger/grenuttak	HSH/Marianne
2 stk sponplater	HSH
Steinull	HSH
Diverse verktøy	HSH/Marianne
Vinduer	Frøyland Glass
Bomull	Marianne
Brensel	HSH/ResQ
Brannstopp tettemasse	Frøyland Glass
Hyssing	Marianne
Spikerbånd	HSH
Fyrstikker	Kristoffer



Vedlegg E

HMS-datablad diesel

SHELL DIESEL, GASSOLJE OG LETT FYRINGSOLJE

Side 1 av 6



1. Identifikasjon av kjemikaliet og ansvarlig firma

Utgitt dato	09/01-2006
Kjemikaliet navn	SHELL DIESEL, GASSOLJE OG LETT FYRINGSOLJE
Synonymer	DIESEL EXTRA (BLANK AUTODIESEL), FARGET AUTODIESEL, TUNNEL DIESEL, FARGET MARINE GASSOLJE, FYRING INDUSTRI, THERMO PREMIUM, THERMO STANDARD, MARINE GASOLJE A11
Artikkelnr.	5007
Deklarasjonsnr.	20392, 24027, 58822, 24028, 20114, 58823, 58820, 58841
Produktgruppe	Drivstoff/fyringsolje
Kjemikaliet bruksområde	Destillatolje til dieselmotorer og/eller trykkforstøvningsbrennere - fargeløs og farget.
Firmanavn	A/S Norske Shell
Besøksadresse	Drammensveien 147 A
Postadresse	Postboks 1154 Sentrum
Postnr.	0107
Poststed	OSLO
Land	Norge
Telefon	22 66 50 00
Telefaks	22 66 51 48
E-post	Marit.Soleim@shell.com
Hjemmeside	http://www.shell.no/hms
Org. nr.	973102982
Kontaktperson	Marit Soleim
Utarbeidet av	Teknologisk Institutt as v/ Jan Christiansen
Nødtelefon	Giftinformasjonen:22591300 Beredskapsvakt:22665000

2. Stoffblandingers sammensetning og stoffenes klassifisering

CAS-nr.	EC-nr.	Komponentnavn	Innhold	Merking/klassifisering
68334-30-5	269-822-7	BRENNSTOFFER, DIESEL; Gassolje - uspesifisert	60 - 100 %	Xn,N; R40,R65,R66, R51/53
68915-96-8	272-817-2	GASSOLJE (petroleum) straight-run, høytkokende	0 - 20 %	Xn; R65,R66
Kolonneforklaring		CAS-nr. = Chemical Abstracts Service; EU (Einecs- eller Elincsnummer) = European inventory of Existing Commercial Chemical Substances; Ingrediensnavn = Navn iflg. stoffliste (stoffer som ikke står i stofflisten må oversettes hvis mulig). Innhold oppgitt i; %, %vkt/vkt, %vol/vkt, %vol/vol, mg/m3, ppb, ppm, vekt%, vol%		
Symbolforklaringer		T+ = Meget giftig, T = Giftig, C = Etsende, Xn = Helsekadelig, Xi = Irriterende, E = Eksplosiv, O = Oksiderende, F+ = Ekstremt brannfarlig, F = Meget brannfarlig, N = Miljøskadelig.		
Komponentkommentarer		De oppgitte komponenters klassifisering er angitt direkte etter Stofflisten eller andre kilder uten hensyn til Stofflistens noter. Produktet kan inneholde ytterligere komponenter som ikke bidrar til klassifiseringen. Ved klassifiseringen av selve produktet er det tatt hensyn til disse notene. Se kap. 16 for ordlyden på R-setninger brukt over.		

3. Viktigste faremomenter

Dette HMS-databladet er utarbeidet i ECO Publisher (ECOonline)



Farebeskrivelse

Helsefare:

Langvarig eller gjentatt hudkontakt kan medføre kreft. Aspirasjon til lungene er farlig og kan forårsake kjemisk lungebetennelse. Lengere tids/gjentatt kontakt kan forårsake avfetting av huden, som kan medføre dermatitis (hudbetennelse).

Sikkerhetsaspekter:

Ikke klassifisert som brannfarlig, men vil brenne.

Miljøfare:

Giftig for vannlevende organismer; kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet.

4. Førstehjelpstiltak

Generelt	Fjern pasienten fra videre eksponering snarest. Vanlig førstehjelp. Hold pasienten i ro, sørg for varme og frisk luft. Ved bevisstløshet: Løs stramtsittende klær, stabilt sideleie. Gi kunstig åndedrett ved åndedrettsstans. Gi oksygen ved pustevansker. Ved hjertestans, hjertekompresjon. Kontakt lege ved illebefinnende. Kontakt eventuelt Giftinformasjonen tlf. 22 59 13 00 Se eventuelt Felleskatalogens kapittel om Akutte forgiftninger - Petroleumsdestillater.
Innånding	Flytt til frisk luft. Gi oksygen ved pustevansker. Førstehjelpspersonell bør evt. ha spesiell opplæring i å gi oksygen.
Hudkontakt	Vask huden med vann og såpe. Fjern straks tilsølt tøy. Unngå bruk av white spirit el.l. til å vaske av oljen fra huden. Kontakt lege hvis irritasjon vedvarer. Smør på fet hudkrem for å erstatte tapt hudfett.
Øyekontakt	Fjern evt. kontaktlinser. Skyll straks øyet med mye vann mens øyelokket løftes. Kontakt lege hvis ubehag vedvarer etter skylling.
Svelging	Gi ikke noe å drikke. Kontakt lege snarest. Fremkall ikke brekninger uten å ha rådspurt lege. Det er viktig at petroleum produkter ikke kommer ned i lungene.

5. Tiltak ved brannslukning

Passende brannslukningsmiddel	Skum, vannspray eller -tåke. Pulver, karbondioksid, sand eller jord kan benyttes til små branner.
Uegnet brannslukningsmiddel	Bruk ikke sterk vannstråle ved brannslukking, kan forårsake sprut av brennende materiale.
Brann- og eksplosjonsfarer	Kan antennes ved oppvarming til og over flammepunktet. Dampene er tyngre enn luft, og kan nå fjerntliggende antenneskilder via avløp og lignende. Kullos kan utvikles ved ufullstendig forbrenning. Produktet kan akkumulere statisk elektrisitet, som kan føre til antennelse ved utladning.
Personlig verneutstyr	Bruk trykkløftsapparat og øyevern ved eksponering for gass eller røyk.
Annen informasjon	Steng kilden på en sikker og kontrollert måte. Fjern eller avkjøl beholdere med vann. Kun trent personell bør benytte vann til nedkjøling av opphetede flater og beskyttelse av personell. Sprut ikke vann direkte på brennende produkt. Kontakt evt. brannvesenet (tlf. 110).

6. Tiltak ved utilsiktet utslipp

Sikkerhetstiltak for å beskytte personell	Advar personer i nærheten, og hold uvedkommende borte. Sørg for god ventilasjon. Se tiltak for personlig vern under punkt 7 og 8.
Sikkerhetstiltak for å beskytte ytre miljø	Begrens spredningen. Unngå at produktet kommer i avløp, grøfter eller vann. Fjern forurenset masse eller treff andre tiltak for å hindre produktet i å forurense grunnvannet.
Metoder til opprydding og rengjøring	Spill kan pumpes eller absorberes i tørt, inert materiale som sand, jord e.l. Mindre søl tørkes opp med tørkepapir, filler eller tvist, og oppbevares som brannfarlig avfall inntil det kan destrueres på en forsvarlig måte. Behandles i henhold til lover og regler for avfallshåndtering (se pkt. 13).
Andre anvisninger	Steng kilden på en sikker og kontrollert måte. Fjern antenneskilder.



Dampene er tyngere enn luft, og kan nå fjernliggende antenneskilder via avløp og lignende. Utslipp til gater/mark: Ved større uhell bør evakuering av området overveies. Kontakt politi og brannvesen. Varsle brannvesenet (tlf. 110) ved større utslipp. Vær oppmerksom på eventuell sklifare som følge av produktet selv, eller dets evne til å løse opp asfalt, gulvbelegg og lignende.

7. Håndtering og oppbevaring

Håndtering	Håndteringstemperaturer: Omgivelsestemperatur. Overføring av produkt: Elektrostatisk ladning kan dannes under pumping. Sørg for elektrisk jording av alt utstyr. Unngå sprut ved fylling. Spesiell oppmerksomhet skal utvises ved opplasting av tankbiler eller jernbanetankvogner, som tidligere har inneholdt bensin. Vent 10 minutter etter fylling av tank før åpning av luker og manniokk.
Oppbevaring	<p>Tankene skal være adskilt fra varme og andre antenneskilder. Må ikke oppbevares i uegnede, umerkede eller ukorrekt merkede beholdere. Oppbevar beholderen tett lukket på et tørt område med god ventilasjon vekk fra direkte sollys og andre varme og antenneskilder.</p> <p>Fat må høyst stables til en høyde av 3. Unngå inntrengning av vann. Oppbevares i et sikret område. OPPBEVARES UTILGJENGELIG FOR BARN.</p> <p>Lagringstemperatur: Omgivelsestemperatur.</p> <p>Rengjøring, inspeksjon og vedlikehold av lagertanker er en oppgave for spesialister og fordrer overholdelse av strenge prosedyrer og forholdsregler. Disse omfatter utstedelse av arbeidstillatelse, gassfriing av tanker, anvendelse av sikkerhetsutstyr og livliner samt luftforsynt åndedrettsvern. Ved entring og under rengjøring av tanker skal luften i tanken kontrolleres med en oksygenmåler og/eller et eksplosimeter.</p> <p>Anbefalte materialer: Til tank, anvend: Alminnelig konstruksjonsjern. Rustfritt stål. Aluminium kan også bli brukt for bruksområder hvor det ikke gir unødig brannfare. Til tankforinger, anvend: Amin-addukt herdet epoxy maling. Til pakninger og tetninger, anvend: PTFE. Viton A. Viton B.</p> <p>Ikke egnede materialer: Materialer, som skal anvendes i forbindelse med oppbevaring, håndtering og levering av dette produktet må verken påvirke sikkerheten eller produktkvaliteten.</p> <p>Eks. på materialer som skal unngås: Kobber, kobberlegeringer, (med/ uten jern), sink og sinklegeringer. Synt. materialer som plast og glassfiber kan også være uegnet avh. av materialspesif. og den bruk det er beregnet for. Materialer til emballasje, tanker (inkl. beholdere til oppbevaring og avsendelse av prøver) og tankforinger må ikke skade produktkvaliteten. Disse materialer skal være ugjennomtrengelige og må ikke bløtjøres eller på annen måte beskadiges av produktet. Eksempler på materialer, som skal unngås: naturgummi, polymetyl-methacrylat, polystyren, PVC og polyisobutylene. Polyetylen og polypropylen er ikke egnet med mindre det anvendes high density, som er spesifikt utprøvet i forbindelse med dette produktet.</p>
Spesielle egenskaper og farer	Det må ikke spises, drikkes eller røykes under bruk. Må kun brukes på steder med god ventilasjon. Gjennomfør tiltak for å unngå statisk elektrisitet. Jord eller forbind alt utstyr. Overhold alle lover og forskrifter med hensyn til håndtering og oppbevaring. Unngå bruk av plastbeholdere til drenering og oppsamling av prøver. Tøm aldri en beholder ved hjelp av munnen.

8. Eksponeringskontroll og personlig verneutstyr

Eksponeringskontroll

Begrensning av eksponering på arbeidsplassen	Hygieniske forholdsregler: Vask hender før det spises, drikkes, røykes og før toalettbesøk.
Åndedrettsvern	Normalt ikke påkrevet. I lukkede rom skal det anvendes luftforsynt åndedrettsvern.
Håndvern	Ved risiko for søl brukes nitrilgummihansker. Gjennomtrengningstid: > 8 timer.
Øyevern	Ved risiko for søl anvendes beskyttelsesbriller.
Annet hudvern enn håndvern	Bruk kjeledress. Kjeledress og undertøy renses regelmessig. Sikkerhetssko eller støvler - kjemisk resistente.

Dette HMS-databladet er utarbeidet i ECO Publisher (ECOonline)



9. Fysiske og kjemiske egenskaper

Tilstandsform	Væske.
Lukt	Karakteristisk.
Farge	Fargeløs. Farget.
Løselighet i vann	Neglisjerbar.
Relativ tetthet	Verdi: 800 - 860 kg/m ³ Kommentarer: (15 °C) (Diesel 800-845 kg/m ³)
Smeltepunkt/smeltepunktintervall	Verdi: < -10 °C
Kokepunkt/ kokepunktintervall	Verdi: 165-370 °C
Flammepunkt	Verdi: 62 °C Kommentarer: (krav > 55°C)(Marine Gassolje A11 > 60°C)
Eksplosive egenskaper	Nedre eksplosjonsgrense m/enhet: 0.5 % Øvre eksplosjonsgrense m/enhet: 7 %
Selvantennelighet	Verdi: 220 °C
Fordampningshastighet	Verdi: < 0.1 Kommentarer: (BuAc=1)
Damptetthet	Verdi: > 5
Viskositet	Verdi: 1.5-4.5 (20 °C)

Andre fysiske og kjemiske egenskaper

Fysiske og kjemiske egenskaper	Molekylvekt 190-230. Log Pow: 3-7.
--------------------------------	---------------------------------------

10. Stabilitet og reaktivitet

Materialer som skal unngås	Unngå følgende materialer: Sterke oksidasjonsmidler.
Farlige spaltningsprodukter	Ingen kjente.
Stabilitet	Stabil under normale anvendelsesforhold. Unngå følgende: Varme, flammer og gnister.

11. Opplysninger om helsefare

Toksikologisk informasjon

Oral toksisitet	Verdi: > 5000 mg/kg Kommentarer: LD50
Akutt dermal toksisitet	Verdi: > 2000 mg/kg Kommentarer: LD50
Innåndingstoksitet	Verdi: > 5 mg/l Kommentarer: LC50
Andre toksikologiske data	Vær oppmerksom på at avgasser ved forbrenning kan inneholde kulløs, nitrose gasser, svovelforbindelser, uforbrente hydrokarboner etc. som kan være giftige.

Øvrige helsefareopplysninger

Generelt	Toksikologiske data er ikke bestemt spesielt for dette produkt. Informasjon er basert på viten om toksikologi av lignende produkter. Se kap. 4 for ytterligere info.
Innånding	Data er ikke tilgjengelige fra dyre forsøk.
Hudkontakt	Forventet å være lett irriterende. Virker avfettende på huden. Langvarig eller gjentatt kontakt kan gi irritasjon og dermatitis (hudbetennelse).
Øyekontakt	Forventet å være lett irriterende.
Svelging	Lav akutt toksisitet. Svelging kan forårsake brekninger og risiko for å få produktet i luftveiene, noe som kan gi kjemisk lungebetennelse.
Kroniske effekter	Gjentatte hudeksponeringer forventes å forårsake moderat til kraftig irritasjon. Gjentatt innånding av tåke forventes å forårsake irritasjon av de øvre luftveiene.
Allergi	Forventes ikke å være et hudallergen.
Kreft	Påført huden på rotter og mus fremkalles hud svulster.
Fosterskadelige egenskaper	Effekter på fruktbarhet eller fosterutvikling er ikke kjent.

Dette HMS-databladet er utarbeidet i ECO Publisher (ECOonline)



Vedlegg F

Datablad heptan

OPPLYSNINGER OM KJEMISK SAMMENSETNING

Nr.	Ingrediensnavn	EC-nr.	Cas-nr.	Vekt-%	Merking
1	n-heksan	203-777-6	110-54-3	<0.5%	Xn,F,N,R11 - R38 - R48/20 - R51/53 - R62 - R65 - R67
2	nafta (petroleum), hydrogenbehandlet lett; lavtkokende hydrogenbehandlet nafta	265-151-9	64742-49-0	60-100%	T,F,N,K2,45-65-11-38-51/53-67

Tegnforklaring: T+=meget giftig, T=giftig, C=etsende, Xn=helseskadelig, Xi=irriterende, E=eksplosiv, O=oksidierende, F+=ekstremt brannfarlig, F=meget brannfarlig, N=miljøskadelig, Kreft=kreftfremkallende, Mut=arvestoffskadelig, Rep=reproduksjonsskadelig, Kons.=konsentrasjon

INGREDIENSKOMMENTARER

De oppgitte komponenters klassifisering er angitt direkte etter Stofflisten eller andre informasjonskilder uten hensyn til Stofflistens noter. Ved klassifiseringen av selve produktet er det tatt hensyn til disse notene samt de konsentrasjoner som komponentene inngår med. Komponentenes klassifisering kan derfor fremstå som strengere enn produktets. De ovennevnte R-setningenes fulle tekst finnes i seksjon 16.

VIKTIGSTE FAREMOMENTER



Meget
brannfarlig



Helseskadelig



Miljøskadelig

GENERELT

Meget brannfarlig.

Helseskadelig; kan forårsake lungeskade ved svelging.

Damp kan forårsake døsighet og svimmelhet.



Irriterer huden.

Giftig for vannlevende organismer; kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet.

FØRSTEHJELPSTILTAK

GENERELT

Den skadede bringes snarest mulig vekk fra eksponeringskilden. Vanlig førstehjelp: Ro, varme, frisk luft. Ved bevisstløshet: Løs stramtsittende klær, stabilt sideleie. Ved åndedrettsbesvær: Evt. oksygentilførsel. Ved åndedretts stans: Kunstig åndedrett. Ved hjertestans, hjertekompresjon. Kontakt lege. Tilsølte klær utgjør brannrisiko.

INNÅNDING

Flytt straks den eksponerte til frisk luft. Gi kunstig åndedrett ved åndedrettsstans. Ved pustevansker, gi oksygen. Hold den skadede varm og i ro. Skaff øyeblikkelig legehjelp!

HUDKONTAKT

Fjern den skadede fra forurenset område. Vask straks forurenset hud med såpe eller mildt vaskemiddel og vann. Fjern straks klærne hvis gjennomfuktet, og vask som ovenfor.

ØYEKONTAKT

Skyll straks med rent vann i minst 15 minutter. Skaff øyeblikkelig legehjelp eller transport til sykehus. Fortsett å skylle.

SVELGING

Gi et par spiseskjeer fløte eller matolje **FREMKALL IKKE BREKNING**. Det er viktig at olje og lignende produkter ikke kommer ned i lungene. Ved mistanke om svelging skal pasienten bringes til sykehus

TILTAK VED BRANNSLUKKING

EGNET BRANNSLUKKINGSMIDDEL

Pulver, skum eller karbondioksyd (CO₂).

BRANN- OG EKSPLOSJONSFARE

Dampene kan danne eksplosiv blanding med luft. Dampene er tyngre enn luft og kan således bre seg i betydelige avstander langs bakken til tennkilder.

FOREBYGGENDE TILTAK: Apparater, rørledninger, emballasje og lignende må være



jordet eller innbyrdes forbundet for å hindre statisk elektrisitet. Av samme grunn må ikke produktet falle i fri stråle.

TILTAK VED UTILSIKTET UTSLIPP

SIKKERHETSTILTAK FOR Å BESKYTTE YTRE MILJØ

UTSLIPP TIL VANN:

Produktet flyter på vann og blandes lite. Avgrenses med lenser. Vær oppmerksom på mulige vanninntak og sørg for varsling av impliserte brukere.

UTSLIPP PÅ GATER, MARK, ETC.:

Dem opp for spredning med f.eks. sand og jord. Deretter fjernes rester med absorberende materiale. Produktet må ikke spyles ned i avløp, diker o.l. Hvis produktet kommer inn i pumpestasjoner eller renseanlegg er det fare for eksplosjon.

ANNEN INFORMASJON

Stor brannfare! Ventiler godt. Stopp utstrømming av gass eller væske hvis mulig. Fjern antenneskilder. Påse at kjemikaliet ikke når trange områder som kloakk pga. eksplosjonsrisiko. Dampene er tyngre enn luft og brer seg langs gulvet eller bakken. Fare for eksplosiv damp/luft-blanding. Spill fjernes øyeblikkelig. Mindre mengder tas opp med absorberende materiale som f.eks. kiselgur. Ved spill av større mengder foretas først oppumping med egnet utstyr, og deretter fjernes restene med absorberende materiale. Unngå oppsamlingskar av gummi. Hold mennesker og dyr unna det forurensede området. Renholdspersonell skal bruke pustevern og/eller verneutstyr mot væskekontakt.

HÅNDBTERING OG OPPBEVARING

HÅNDBTERING

Unngå oppvarming, gnister og åpen flamme. Unngå søl, hud- og øyekontakt. Unngå å puste inn damper. Unngå syrer, fuktighet og brannfarlig/brennbart materiale. Bruk hel beskyttelsesdrakt ved høye konsentrasjoner eller langvarig håndtering. Kontroller at gassmasken er tett før bruk, og skift filter i tide.

OPPBEVARING

Brannfarlig stoff: Holdes vekk fra oksiderende stoff, varme og flammer. Kan angripe enkelte plaststoffer, gummi og maling Oppbevar i kjølig, tørt og ventilert lager og i lukkede beholdere. Beholder og overføringsutstyr må jordes Unngå gnist ved statisk elektrisitet. Oppbevaring/håndtering av produktet er underlagt offentlige bestemmelser.

EKSPONERINGSKONTROLL OG PERSONLIG VERNEUTSTYR



BEGRENSNING OG KONTROLL AV EKSPONERING

Anskaff utstyr for hurtig og rikelig øyeskylling. Dusj nær arbeidsplassen. Bruk prosesskontroll for å ikke overskride administrativ norm i arbeidsatmosfære. Bruk hensiktsmessige verneklær for beskyttelse ved mulig hudkontakt. Bruk hensiktsmessige verneklær ved langvarig hudkontakt.

ÅNDEDRETTSVERN

Gassmaske med filter A (brunt) klasse 1, 2 eller 3 avhengig av gasskonsentrasjonen. Ved høye konsentrasjoner må åndedrettsvern med lufttilførsel og beskyttelsesdrakt brukes. Sjekk om masken er tett. Har du skjegg er det nødvendig å bruke friskluftapparat.

ØYEVERN

Ved fare for sprut benyttes godkjent øyevern.

HÅNDVERN

Bruk vernehansker av ugjennomtrengelig materiale, neopren, nitril, PE, laminatplast med EVOH, teflon.

ANNET HUDVERN ENN HÅNDVERN

Bruk hensiktsmessige verneklær for å beskytte mot mulig hudkontakt.

ANNEN INFORMASJON

Vask hendene ved slutten av hvert skift og før spising, røyking og bruk av toalett. Vask straks hud som er blitt våt. Ta straks av alle klær som er blitt våte eller forurenset. Vask forurensete klær før de brukes igjen.

ADMINISTRATIVE NORMER

Ingrediensnavn	Cas-nr.	Intervall	ppm	mg/m ³	År	Anm.
n-heksan	110-54-38	timer		90	1996	

FYSISKE OG KJEMISKE EGENSKAPER

Tilstandsform

Flytende, klar.

Farge

Fargeløs.

**Lukt**

Mild, karakteristisk.

Løselighet

Uløselig i vann. Løselig i organiske løsningsmidler.

FYSISKE OG KJEMISKE PARAMETERE

Smelte-/frysepunkt:	<-100 °C	Tetthet:	690-720 kg/m ³ v/20°C
Ekspløsjonsomr., %- %:	0.8 - 8	Løselighet i vann:	0.02 g/l.
Damptrykk:	10 kPa v/20°C	Flammepunkt:	-4°C
Molvækt:	100	Tenntemperatur:	220°C
Rel. damp tetthet (l.=1):	3,5	Rel. fordampingshast:	4.7 (BuAc=1)
Dest-område:	94-99°C		

STABILITET OG REAKTIVITET**STABILITET**

Stabilt.

MATERIALER SOM SKAL UNNGÅS

UFORENLIGE STOFFGRUPPER: Sterkt oksiderende stoffer. Produktet kan reagere ekspløsjonsartet med ulike klorater, peroksyder.

ANNEN INFORMASJON

n-Heptan kan skade pakninger, lakkerte og malte flater, beskyttende og tettende fett- og oljebelegg, samt klær og redskaper av gummi. Pga. brann og ekspløsjonsfare er røyking, bruk av åpen ild eller andre tennkilder (f.eks. sveising) i nærheten av n-Heptan forbudt.

OPPLYSNINGER OM HELSEFARE

Akutt oralt toks.:	LD50 oral rotte	>2000 mg/kg
Akutt derm. toks.:	LD50 dermal kanin	>2000 mg/kg.
Inneh. toksisitet:	KC50 inh. rotte	>5 mg / l / 4h.

GENERELT

Produktet påvirker sentralnervesystemet og fremkaller rus, stigende til narkose, eventuelt



død ved høye konsentrasjoner.

INNÅNDING

Noe slimhinneirritasjon ved inhalering av konsentrasjoner nær administrativ norm. Rus ved høyere konsentrasjoner. Evt. lungeskader ved innånding av væske til lungene. Mulige symptomer: Hodepine, svimmelhet, bevisstløshet, åndedrettsstans.

HUDKONTAKT

Avfetter huden, og kan medføre uttørring med sprekkdannelse og fare for infeksjon.

ØYEKONTAKT

Stoffet virker moderat lokalirriterende på øynene. Sprut og høye dampkonsentrasjoner fører som regel til forbigående irritasjon.

SVELGING

Størst faremoment ved svelging er risiko for aspirasjon til lungene som kan resultere i kjemisk lungebetennelse. Barn er mer utsatt enn voksne. Svelging kan gi effekter på sentralnervesystemet som svimmelhet, hodepine, synsforstyrrelser osv.