LUND UNIVERSITY

Brandrisker - utvändigt tilläggsisolerade fasader. En experimentserie i fullskala

Ondrus, Julia; Pettersson, Ove

1986

Link to publication

Citation for published version (APA):
Ondrus, J., & Pettersson, O. (1986). *Brandrisker - utvändigt tilläggsisolerade fasader. En experimentserie i fullskala*. (LUTVDG/TVBB--3025--SE; Vol. 3025). Division of Building Fire Safety and Technology, Lund Institute of Technology.

Total number of authors:
2

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Download date: 23. Aug. 2025

LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY · LUND · SWEDEN
DIVISION OF BUILDING FIRE SAFETY AND TECHNOLOGY
REPORT LUTVDG/(TVBB-3025)
ISSN 0282-3756

JULIA ONDRUS OVE PETTERSSON

BRANDRISKER – UTVÄNDIGT TILLÄGGS - ISOLERADE FASADER
En experimentserie i fullskala

FIRE HAZARDS OF FACADES WITH EXTERNALLY APPLIED ADDITIONAL THERMAL INSULATION Full Scale Experiments

LUND 1986

Lunds tekniska högskola
Byggnadstekniskt brandskydd
Box 118
221 00 LUND
Tel: 046/10 73 60

Lund Institute of Technology
Division of Building Fire
Safety and Technology
Box 118
S-221 00 LUND, Sweden
Telephone +46-46-10 73 60

Rapport LUTVDG/(TVBB-3025)(1986)
ISSN 0282-3756

Julia Ondrus Ove Pettersson

BRANDRISKER - UTVÄNDIGT TILLÄGGSISOLERADE FASADER

En experimentserie i fullskala

FIRE HAZARDS OF FACADES WITH EXTERNALLY APPLIED ADDITIONAL THERMAL INSULATION

Full Scale Experiments

Forskningsprojekt, finansierat genom medel från Statens råd för byggnadsforskning BFR, Styrelsen för svensk brandforskning BRANDFORSK, plast- och byggnadsmaterialindustrin samt deltagande företag

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sidan
	FÖRORD	
	SUMMARY	II
	SAMMANFATTNING	1
1	INLEDNING	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte	6
2	FORSKNINGSPROJEKTETS UPPLÄGGNING	7
2.1	Försöksprogram	8
2.1.1	Riskkomponenter och krav	8
2.1.2	Tilläggsisoleringens bidrag till brandens utveckling	8
2.1.3	Termisk påverkan på fasaden	9
2.2	Försöksutförande	12
2.3	Användning av fullskaleprovningarnas resultat	13
2.4	Kompletterande undersökningar	14
3	UNDERSÖKTA SYSTEM	16
4	FULLSKALEFÖRSÖKENS KARAKTERISTIKA	18
4.1	Försöksanläggning	18
4.2	Mätutrustning	19
4.3	Brandbelastning	20
5	EXPERIMENTELLA RESULTAT	24
5.1	Temperatur	24

Sidan

5.1.1 I brandrummet 24
5.1.2 Utanför fasaden 25
5.1.3 Inuti isoleringen 27
5.1.4 Bakom treglasrutan i andra våningen 27
5.1.5 Vid takfoten 28

5.2 Värmeutveckling 29
5.2.1 Värmeflöde in mot fasaden 29
5.2.2 Fasadmaterialets värmeinnehåll 35
5.2.3 Strålning mot omgivningen 36

5.3 Observationer 36

6 FUNKTIONSKRAV, KRITERIER OCH BEDÖMNING 39

6.1 Provningskriterier 39

6.2 System för bedömning 40

6.3 Bedömning av provade tilläggsisoleringssystem 41

6.4 Generaliserad bedömning 43
6.4.1 Konstruktionsutformningens betydelse 44
6.4.2 Byggnadstekniska råd 47

7 PROVNINGSMETODER 48

7.1 Svenska provningsmetoder 48

7.2 Utländska provningsmetoder 51

REFERENSER 54

APPENDIX

A Tilläggsisoleringssystem ingående i experimentserien

B Provningsmetod SP A4 105 - metodbeskrivning

FÖRORD

I föreliggande rapport redovisas i sammanfattande form resultat från en serie fullskaleförsök, i vilka ett antal för den svenska marknaden representativa tilläggsisoleringssystem utsattes för en utvändig brandpåverkan motsvarande den från en verklig lägenhetsbrand. De olika systemens medverkan och risker i samband med en sådan brand i en flervåningsbyggnad studerades.

Genom resultatanalys och generella slutsatser härur har provningskriterier och funktionsbaserade krav kunnat fastställas. Resultaten från fullskaleförsöken bildar samtidigt underlag för en ny provningsmetod. Provningsmetoden har utvecklats, delvis inom ramen för detta projekt, vid Brandteknik, Statens provningsanstalt i Borås.

Projektet har finansierats genom medel från Statens råd för byggnadsforskning BFR, Styrelsen för svensk brandforskning BRANDFORSK, plast- och byggnadsmaterialindustrin samt i experimentserien deltagande företag. De senare har därvid bidragit främst med material och monteringsarbete.

Projektet har stötts av en referensgrupp med professor Ove Pettersson som ordförande och projektledare och med följande representanter för myndigheter och företag: Bengt Elmarsson, LTH, Byggnadsteknik, Bo Jedler, Sveriges Plastförbund, Hans Ohlson, Statens Planverk, Claes-Göran Stadler, Rockwool AB, Jörgen Thor, Stålbyggnadsinstitutet. Ett stort antal personer från myndigheter, brandförsvar och aktuella företag har aktivt bidragit till projektets genomförande. Merparten av avdelningens personal har vid olika tillfällen varit engagerade i olika delar av projektet.

Till alla Er, som på olika sätt deltagit i projektets planering, genomförande, utvärdering och finansiering riktas här ett varmt tack.

Lund, april 1986

Julia Ondrus Ove Pettersson

SUMMARY

Test equipment, fire load and test series

Different types of external additional insulation systems, applied to facades of multi-storey buildings, were tested on a full scale with respect to their fire hazards. The facades were exposed to flames and hot gases emerging from a window opening in a single fire compartment. The increased risk of fire spread along the facade and through the windows in the storeys above was studied.

The test house has a load bearing structure of steel and walls, ceilings and floors of aerated concrete. The building is three storeys high with one room on each storey. The compartment fire was arranged in the room on the first floor. The additional insulation systems were applied to the front facade, made of aerated concrete with a density of 700 kg per m^3.

The fire load, chosen for the tests, corresponds to a probability in excess of 20% in the Swedish statistics for living-rooms. This means a fire load density of 110 MJ per m^2 of total surface area of enclosure. The test fire roughly simulates a real fully developed fire in flats and offices including modern furnishings with components of synthetic material (plastics), during approximately 10 minutes.

The fire size, duration and intensity were based on the earlier experiments performed at the Division of Building Fire Safety and Technology in Lund. The furnishings with components of synthetic materials were partially exchanged for a large area (6 m^2) of particle board on the back wall of the fire compartment, giving an equivalent fire development.

Full scale tests on external additional thermal insulation systems of the following principal types were carried out:

Type 1. Insulation of mineral wool, wood studs and steel or aluminium sheet cladding (2 systems).

Type 2. Insulation of mineral wool and a thick layer of plaster (2 systems).

Type 3. Insulation of cellular plastic and a thin layer of plaster (8 systems).

The external additional thermal insulation systems included in the series of tests are specified in the Appendix A.

The details about the tests and the test results are given in a series of special reports /4/.

A few complementary tests included facade covering of woodpanel with eaves of wood, and balconies of steel.

Criteria and requirements

The following test criteria and criteria for approval were formulated and applied when analysing the results:

1. No collapse of major sections of the external additional thermal insulation system.

A major section is defined to be of a size that can injure the firemen equipped with helmets.

2. a) The surface spread of flame and the fire spread inside the insulation is limited to the bottom part of the window on the 3rd floor.

   b) External flame which can ignite eaves is not permissible.

3. No spread of fire to the 2nd floor through the windows. This criterion is considered to be verified if the total heat flow towards the centre of the windows in the 2nd floor is $\leq$ 80 kW per m^2. A larger heat flow causes an unacceptable risk for the window-panes to crack.

The test criteria are also suggested to be used at future routine tests of facade structures in accordance with the Swedish method SP A4 105 (Appendix B). The test method has been developed by the Division of Fire Technology at the National Testing Institute in Borås in co-operation with the Division of Building Fire Safety and Technology at Lund University.

The results of the tests form the basis of deriving functionally well-defined requirements, differentiated with respect to the use and occupancy of the building and the conditions of fire fighting.

For buildings of up to 2 storeys and/or with 8 m to the eaves, there is no need to put any requirements, public buildings as nursing homes and hospitals excluded.

Criteria 1 and 2 will generally be applied to buildings of up to 8 storeys, provided that the fire can be extinguished from the outside, excluding public buildings as nursing homes and hospitals.

For buildings of between 5 and 8 storeys which do not allow fire extinguishment from the outside and for buildings higher than 8 storeys, including public buildings as nursing homes and hospitals, criteria 3 will be applied in addition.

Results

Risk of fire spread by external flames, criterion 2 a, or from within the insulation system, including the wood studs, criterion 2 b, occurred for type 1 in one of the systems tested, and for type 3 in three of the systems tested. There are, however, systems embraced by type 3 where the risk of fire spread by these means is negligible.

Risk of fire spread to the flats above the primary fire, through the cracked window-panes, criterion 3, occurred for type 1 in one of the systems tested, and for type 3 in most of the systems tested.

All three criteria were fulfilled for both systems tested of type 2 and for one system tested for each of type 1 and 3.

Generally, in assessing fire hazard, it was noted that the combination and order of materials as well as the constructional detailing used for the additional insulation system are more important than the reaction to fire properties of the individual materials involved.

Consequently, the fire hazard must be determined by testing the complete system as used in practice.

The routine test, in accordance with the Swedish method SP A4 105 and applied criteria, will be performed at the Swedish National Testing Institute, Division of Fire Technology, Box 857, S-501 15 Borås, Sweden.

The results of this research project form the basis of fire requirements for external walls in general in a new edition of the Swedish Building Code.

TABLE OF CONTENTS

		Page
	PREFACE	
	SUMMARY	II
1	INTRODUCTION	4
1.1	Background	4
1.2	Purpose	6
2	OUTLINE OF RESEARCH PROJECT	7
2.1	Programme for fire tests	8
2.1.1	Fire hazard components and requirements	8
2.1.2	Contribution to the fire from additional thermal insulation	8
2.1.3	Thermal exposure on the facade	9
2.2	Performance of tests	12
2.3	Use of the results from the full scale tests	13
2.4	Complementary tests	14
3	SYSTEMS OF EXTERNAL ADDITIONAL THERMAL INSULATION TESTED	16
4	CHARACTERISTICS OF THE TESTS	18
4.1	Test building	18
4.2	Measurements	19

Page

4.3 Fire load 20

5 TEST RESULTS 24

5.1 Temperatures 24
5.1.1 Within fire compartment 24
5.1.2 Outside facade 25
5.1.3 Inside insulation 27
5.1.4 Behind the tripple window glass in the flat on the second floor 27
5.1.5 At the eaves 28

5.2 Rate of heat release 29
5.2.1 Heat flux towards the facade 29
5.2.2 Heat contents of material components 35
5.2.3 Irradiance towards the environment 36

5.3 Visual observations 36

6 REQUIREMENTS, CRITERIA AND APPROVAL 39

6.1 Test criteria 39

6.2 System of approval 40

6.3 Approval of the external additional thermal insulation tested 41

6.4 Generalized approval 43
6.4.1 Importance of constructional detailing 44
6.4.2 Guidance and recommendations 47

7 TEST METHODS 48

7.1 Swedish test methods 48

Page

7.2 Foreign test methods 51

REFERENCES 54

APPENDICES

A External additional thermal insulation systems tested

B Swedish test method SP A4 105

SAMMANFATTNING

Risken för brandspridning via fönster och utefter fasaden studerades i en serie fullskaleförsök, där flera tilläggsisoleringssystem utsattes för utvändig flamma från en simulerad lägenhetsbrand i en flervåningsbyggnad.

Val av brandens storlek, varaktighet och intensitet baserades på resultat från tidigare vid avdelningen utförda försök. Vid försöksserien tillämpat brandförlopp är representativt för en rums- eller lägenhetsbrand i bostäder och kontor med inredning, som innehåller komponenter av syntetiskt material.

Tilläggsisolering av följande principiella uppbyggnad har undersökts:

1. Isolering av mineralull, träreglar och beklädnad av plåt (2 system).

2. Isolering av mineralull och ytskikt av tjock puts (2 system).

3. Isolering av cellplast och ytskikt av tunnputs (8 system).

En detaljerad beskrivning av alla provade system redovisas i Appendix A. För utförlig beskrivning av genomförda försök och därvid erhållna försöksresultat hänvisas till delrapporter /4/. Kompletterande försök, omfattande fasadbeklädnad av träpanel med taksprång av trä och balkongkonstruktioner av stål mm, har också utförts.

Följande provnings- och godkännandekriterier har härletts och tillämpats:

1. Inga nedfall av stora fasaddelar.

Som stor definieras en fasaddel av sådan storlek, att den kan orsaka skador hos brandpersonal, utrustad med hjälm.

2.a) Ytflamspridning och brandspridning inuti tilläggsisoleringen,

begränsad till underkant av fönstret i 2:a våningen ovanför brandrummet.

b) Inga yttre flammor, som kan ge upphov till antändning av takfoten.

3. Ingen brandspridning till lägenheten ovanför brandrummet via fönster.

Kriterierna föreslås att användas vid framtida provning för bedömning av utvändiga tilläggsisoleringssystem med annan systemutformning eller annat ytmaterial än de nu undersökta.

Icke försumbar risk för brandspridning genom yttre flammor och/eller inuti isoleringen (kriterium 2) förelåg hos tilläggsisoleringssystem inom grupp 1 (i vertikala träreglar) samt i tre av de provade systemen inom grupp 3. Dock finns inom grupp 3 system, där risken för brandspridning genom yttre flammor eller inuti isoleringen är försumbar.

Brandspridning till lägenheten ovanför brandhärden (kriterium 3) kan ske genom att alla fönsterrutor i våningen ovanför brandhärden sprickor. Värmetillskott från brännbara komponenter i tilläggsisoleringen påskyndar detta. En gräns på 80 kW/m² som maximalt värmeflöde mot fönstret i våningen ovanför brandrummet bedömdes vara rimlig för att kriterium 3 skall vara uppfyllt.

Påtaglig risk för brandspridning till lägenheten ovanför brandrummet genom att fönstren spräcktes (kriterium 3) förelåg för ett av tilläggsisoleringssystemen inom grupp 1 och för de flesta systemen inom grupp 3.

Alla tre kriterierna uppfylldes av båda provade system inom grupp 2 och ett system ur vardera grupperna 1 och 3.

Generellt kan konstateras, att den konstruktiva utformningen och kombinationen av olika material hos ett tilläggsisoleringssystem från brandsynpunkt är viktigare än brandegenskaperna hos de ingående materialen. En bedömning av brandriskerna genom provning av hela konstruktionen, så som den används i praktiken, är därför avgörande.

För praktisk användning av provade tilläggsisoleringssystem i olika byggnadssammanhang har ett förslag till krav utarbetats, baserat på de beskrivna provningskriterierna och relaterat till byggnadens ändamål och till möjligheterna för brandsläckning.

Förslaget innebär följande:

För användning av tilläggsisoleringssystem i byggnader med högst 2 våningar och/eller högst 8 m takfotshöjd, vårdanläggningar undantagna, behöver inga krav ställas.

För användning i byggnader med högst 8 våningar, som är åtkomliga för brandsläckning utifrån, vårdanläggningar undantagna, skall tilläggsisolering vid provning uppfylla kriterierna 1 och 2.

För användning i byggnader med 5 till 8 våningar, som inte är åtkomliga för brandsläckning, samt i byggnader med fler än 8 våningar och vårdanläggningar, skall tilläggsisoleringssystem vid provning uppfylla även kriterium 3.

Försöksserien omfattade system, inom varje grupp, som uppfyllde kraven även för den sistnämnda byggnadskategorin och som därför kan användas utan begränsning vad gäller våningsantalet och åtkomligheten för brandsläckning.

Rutinmässig provning enligt provningsmetoden SP A4 105, för vilken de redovisade kriterierna kommer att tillämpas, genomförs vid Brandteknik, Statens provningsanstalt i Borås. Provningsmetoden har utvecklats inom ramen för detta forskningsprojekt vid Brandteknik, Statens provningsanstalt i samarbete med Byggnadstekniskt brandskydd vid Lunds tekniska högskola. Provningsmetoden beskrivs i Appendix B.

Med utgångspunkt från de för tilläggsisolering föreslagna kraven kommer ett förslag till brandkrav för ytterväggar i allmänhet att utarbetas och införas i samband med en ny upplaga av Svensk Byggnorm (SBN).

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Det energisparmål, som sattes upp av regeringen 1981, medförde bl a, att energihushållningsåtgärder började kombineras och samordnas med ombyggnadsverksamheten. Denna kopplades i sin tur till ett effektivt utformat energisparstöd, som stimulerade till olika energisparande åtgärder. Fram till 1984 användes energisparstöd vid ca en tredjedel av energisparinvesteringarna i flerfamiljshus. Av de investeringar, som godkänts för energisparstöd, gäller en stor del isolering och tätning.

Vid en fasadrenovering kan det vara fördelaktigt att samtidigt förbättra husets värmeekonomi genom exempelvis utvändig tilläggsisolering. En sådan åtgärd för t ex en 1 1/2-stens tegelvägg med värmegenomgångskoefficienten k = 1,1 W/m² °C kan ge en besparing av storleksordningen 10 l olja/m² lägenhetsyta och år /1/.

En stor del av det äldre byggnadsbeståndet - hus byggda före 1960 - är i dag i behov av fasadrenovering. Tilläggsisolering av ytterväggarna är aktuell för drygt 10% av lägenhetsbeståndet eller för drygt 22 miljoner m² ytterväggsarea /2/.

En traditionell fasad med t ex puts på tegel eller lättbetong, dvs av obrännbara material, ger vanligtvis försumbart bidrag till risken för brandspridning. Då fasaden tilläggsisoleras, tillförs den nya komponenter av olika material och utformning. I många fall används brännbara material (träreglar, cellplaster) på förut som obrännbara utformade fasader.

På grund av ändrad materialsammansättning i den lösa inredningen utvecklar en lägenhetsbrand idag intensivare värme än för 10-20 år sedan. Försöksbränder visar, att brandbelastning av syntetiska material, som är karakteristiska för modern inredning, kraftigt kan öka den termiska påverkan mot fasaden. Detta beror dels på en snabbare förbränning av syntetiska material jämfört med naturmaterial, dels på att de syntetiska materialen, p g a av större energiinnehåll, kräver större mängd syre för fullständig förbränning. En konsekvens härav är,

att förbränningen av de energirika brandgaser, som bildas vid brandbelastningens pyrolys[1], i betydande grad sker framför fasaden. Därmed kan risken för brandspridning via fönster och fasadmaterial öka. De ökade brandriskerna kan medföra, att

- branden sprider sig utefter fasaden och därigenom ger upphov till brand utanför primärbrandcellen,

- en svårkontrollerad eller svårsläckt brand uppkommer inuti väggen,

- fönstren spräcks i våningen ovanför primärbrandcellen och att branden därigenom sprids till ovanliggande brandcell,

- så stora delar av fasaden faller ned under ett tidigt skede av branden att personskador förorsakas hos t ex släckningspersonal.

Förhållandevis omfattande skador på fasaden kan accepteras vid en brand men däremot inte någon spridning av branden från lägenhet till lägenhet under en tid svarande mot brandkårens insatstid.

Nuvarande bestämmelser SBN 1980 för den brandtekniska utformningen av ytterväggar behandlar utvändig tilläggsisolering efter samma regler, som gäller för nybyggnad. Bestämmelserna är mycket detaljerade och delvis svårtolkade om användning av brännbart material. SBNs materialkrav grundar sig på småskaliga laboratoriemetoder med osäker anknytning till materialets eller produktens uppträdande under faktisk brandpåverkan. Även den hittills tillämpade laboratoriemetoden enligt meddelande 124 från Statens Provningsanstalt för bedömning av fasadbeklädnader från brandsynpunkt kan ifrågasättas, vad gäller att simulera reell brandpåverkan. Sammanfattat finns därför ett behov av att utveckla ett mer representativt och väldefinierat provningsförfarande, att ersätta nuvarande detaljreglerande föreskrifter med mer generella och funktionsbaserade krav och att definiera kriterier för kontroll av att dessa är uppfyllda.

---

[1] Pyrolys = sönderdelning av ett fast material i gasformiga, brännbara komponenter under inverkan av värme

1.2 Syfte

Med den beskrivna bakgrunden startades 1979 ett forskningsprojekt med syftet att

- genomföra en experimentell fullskaleundersökning av en serie representativa tilläggsisoleringssystem, monterade enligt gällande arbetsanvisningar för praktiken och utsatta för verklig brandpåverkan,

- bestämma medverkan, beteende och risker för aktuella system vid brand i en enstaka brandcell i en flervåningsbyggnad,

- bidraga till ökad kunskap om den utvändiga termiska påverkan mot fasader vid brand i lägenheter med moderna inredningsmaterial,

- korrelera resultaten till hittills tillämpad provningsmetod i laboratorieskala och vid behov utveckla nya funktionsunderbyggda provningsmetoder,

- fastställa provningskriterier kopplade till funktionsbaserade krav, som differentierats med hänsyn till byggnadens ändamål och utformning samt möjligheterna till brandsläckning.

2 FORSKNINGSPROJEKTETS UPPLÄGGNING

Undersökningen omfattade följande:

1. Inventering av på marknaden förekommande tilläggsisoleringssystem.

2. Definition av riskkomponenter.

3. Litteraturstudier angående utvändig termisk påverkan på fasader vid brand.

4. Sammanställning av tidigare utförda fullskaleprov, mest utländska "ad hoc" försök (dvs försök utan instrumentering).

5. Bedömning av nuvarande bestämmelser.

6. Urval av tilläggsisoleringssystem för brandprovning i fullskala.

7. Val av försöksbrand.

8. Experiment i fullskala.

9. Korrelation mellan provning i fullskala och delskala.

10. Förslag till provningskriterier.

11. Utvärdering av fullskaleförsöken enligt kriterierna.

12. Förslag till funtionskrav med hänsyn till utvändig brandpåverkan.

Punkterna 1-6 finns sammanfattade i ett försöksprogram /3/. Experimenten under punkt 8 redovisas individuellt i separata detaljerade delrapporter /4/. I denna rapport redovisas huvudsakligen fullskaleförsöken i sammanfattning samt punkterna 7 och 9-12.

2.1 Försöksprogram

Projektet inleddes med en marknadsöversikt och inventering av praktiskt använda tilläggsisoleringssystem. Inventerade system sammanställdes efter typ av fasadbeklädnad, isoleringsmaterial och infästningssätt /3/.

Efter en litteraturgenomgång kunde riskkomponenter, brandtillväxt och de avgörande parametrarna för termisk påverkan mot fasaden vid brand i en brandcell definieras.

2.1.1 Riskkomponenter och krav

I /3/ definieras riskkomponenter i samband med utvändig termisk påverkan mot en fasad vid brand med hänsyn tagen till att lägenhetsbränder idag utvecklar intensivare värme än för 10-20 år sedan på grund av ändrad materialsammansättning i den lösa inredningen. De krav, som primärt kan ställas med hänsyn härtill är, att

- branden inte får sprida sig obegränsat utefter fasaden eller genom fönster och därigenom ge upphov till brand utanför primärbrandcellen,

- det inte får uppkomma någon svårkontrollerad eller svårsläckt brand inuti väggen,

- ej så stora delar av tilläggsisoleringen får falla ned under ett tidigt skede av branden att personskador förorsakas hos t ex släckningspersonal.

2.1.2 Tilläggsisoleringens bidrag till brandens utveckling

Den termiska påverkan, som uppkommer mot en fasad i en flervåningsbyggnad från en brand i en brandcell, kan förstärkas genom att tilläggsisoleringen medverkar i brandförloppet. Detta kan ske genom att

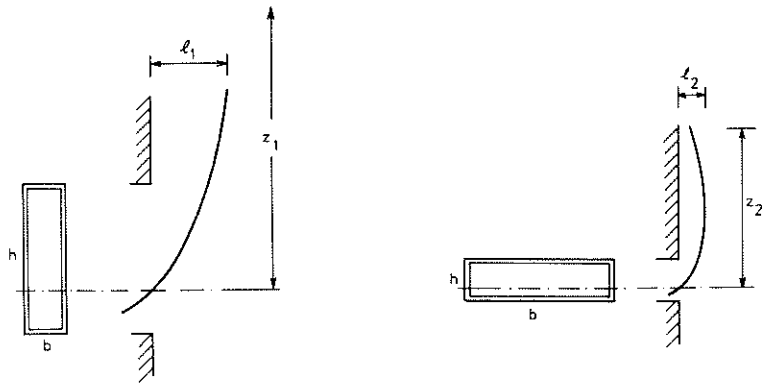
- sprickor eller öppningar uppstår i fasadbeklädnaden ,
- själva fasadbeklädnaden deltar i branden,
- isolering eller andra brännbara komponenter förbränns,
- förbränning av från brandcellen utströmmande gaser sker i luftspalten,
- delar av isoleringen smälter, rinner ned och bidrar till den övriga branden i form av bränsletillskott.

2.1.3 Termisk påverkan på fasaden

Varm luft och förbränningsgaser, som bildas vid en brand ger övertryck i rummet, vilket tillsammans med den höga värmen normalt orsakar att fönsterrutor spricker i ett tidigt skede av branden.

Om de vid brandbelastnigens pyrolys producerade gaserna inte i sin helhet kan förbrännas inne i rummet på grund av att syremängden är otillräcklig, strömmar de oförbrända gaserna ut genom öppningen. De kan därvid antändas och förbrännas utanför rummet. Därigenom ökar den utvändiga flammans storlek och temperatur och det tillhörande värmeflödet mot fasaden. Flammans egenskaper, som orientering eller lutning, tjocklek, längd, temperatur och emissivitet, bestämmer grad och varaktighet av termisk påverkan mot fasaden. Bestämmande för flammans egenskaper är i sin tur framför allt fönsteröppningens storlek och geometri samt brandbelastningens mängd, typ, placering i rummet, initiellt exponerad yta, porositetsfaktor mm.

Fönsteröppningens geometri bestämmer flammans utseende enligt figur 2.1 /5/.



Figur 2.1 För en hög och smal fönsteröppning kommer flamman att bli längre (z_1) och befinna sig på ett längre avstånd från fasadytan (ℓ_1). För en bred och låg fönsteröppning blir flamman kortare (z_2) och går närmare fasadytan (ℓ_2)

Om flamman befinner sig på ett längre avstånd från fasadytan, sker värmetransport till fasaden genom huvudsakligen strålning. En flamma, som är närmare fasadytan, överför värme till fasaden genom kombinerad strålning och konvektion.

Som tidigare framhållits, är dagens lägenhetsbränder av en annan karaktär än bränderna för 20 år sedan genom att lägenheterna idag innehåller, förutom naturliga, även mycket syntetiska material i möbler, mattor, textilier o.d. En av de viktigare skillnaderna mellan de naturliga och syntetiska materialens brandegenskaper är storleken på den sk bränsleöverskottsfaktorn ("excess fuel factor") /6/ och /7/. Bränsleöverskottsfaktorn, dvs den del av det pyrolyserade bränslet som strömmar ut genom fönsteröppningen och förbränns utanför brandrummet, är betydligt större för den senare materialgruppen. Intensiteten av värmeflödet mot fasaden är i sin tur beroende av denna bränsleöverskottsfaktor /3/ och /7/.

Materialegenskaper som antändlighet, förbränningsintensitet, benägenhet till brandspridning mm varierar med grad och varaktighet av termisk påverkan. De på fasaden placerade brännbara materialens eventuella medverkan i brandförloppet blir därigenom också beroende av denna påverkan.

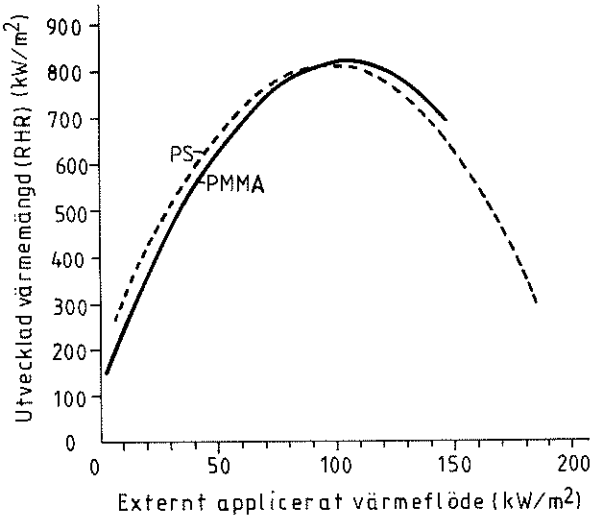
Flera undersökningar framförallt av plastmaterial verifierar, att ett

ökat värmeflöde mot provföremålet ger en snabbare förbränning av materialet. I figur 2.2 visas, hur den vid förbränningen utvecklade värmemängden (RHR) varierar med externt applicerat värmeflöde för PMMA (polymetylmetakrylat) och PS (polystyren) /8/.

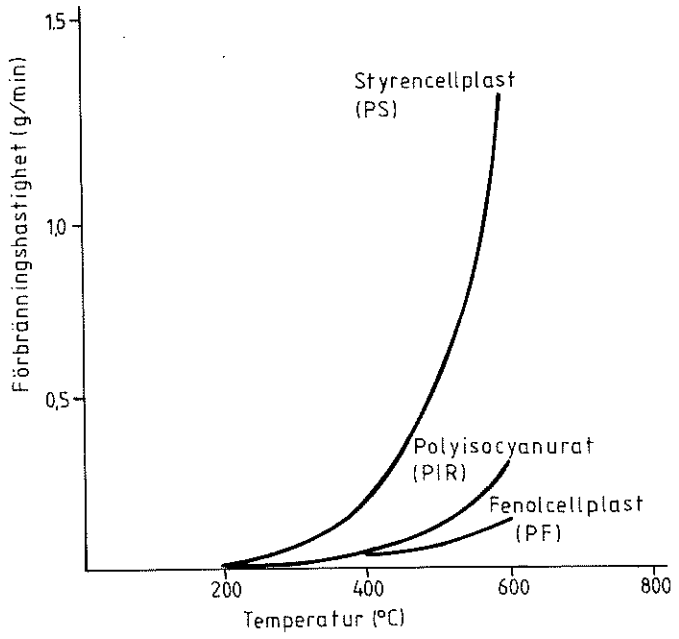
I figur 2.3 redovisas förbränningshastigheten hos några olika cellplaster som funktion av temperaturen /9/.

Förbränningshastigheten ökar med stigande temperatur. Ökningen är särskilt påtaglig vid temperaturer högre än cirka 400°C.

Även den vertikala flamspridningshastigheten är hos vissa material starkt beroende av yttre termisk påverkan, sk föruppvärmning. Spridningshastigheten för PMMA har vid en så måttlig yttre strålningspåverkan som 13 kW/m² påvisats vara 17 ggr större än vid flamspridning utan någon yttre strålningspåverkan /10/.



Figur 2.2 Vid förbränning utvecklad värmemängd (RHR) som funktion av externt applicerat värmeflöde mot provföremål av PMMA (polymetylmetakrylat) och PS (polystyren) enligt /8/



Figur 2.3 Förbränningshastighet som funktion av temperaturen för olika cellplaster enligt /9/

De ovan beskrivna faktorerna medför, att alla tester av fasadsystem (utländska "ad hoc" tester, svensk provningsmetod enligt meddelande 124 från Statens Provningsanstalt mm), där yttre strålningspåverkan saknas, lämnar otillräcklig eller felaktig information om brandriskerna vid en reell brand.

2.2 Försöksutförande

Av inventerade tilläggsisoleingssystem har ett antal valts ut som representativa för provning i fullskala. Brännbarhet hos isoleringsmaterial, infästningssätt, material i fasadbeklädnaden samt eventuell förekomst av luftspalt har varit avgörande kriterier för urvalet.

Valet av försöksbranden har baserats på:

- tidigare (även vid avdelningen utförda) undersökningar, som har visat, att brand i en brandcell med modern inredning av syntetiska material medför en ökad termisk påverkan mot fasaden i förhållande till renodlad träribbstapelbrand och att en sådan brand kan försökstekniskt simuleras genom brännbart material med stor exponerad yta, som t ex väggbeklädnad,

- kravet att brandbeteende och brandrisker hos utvändig tilläggsisolering skall studeras för en så kraftig termisk fasadpåverkan, att endast en liten andel av verkliga lägenhetsbränder kan förväntas ge kraftigare påverkan.

Dessa förhållanden har varit avgörande för val av brandrummets dimensioner, fönsteröppningens storlek och geometri samt brandbelastningens typ, storlek och placering i rummet.

Fullskaleprovnigarna utfördes i en trevånings försöksbyggnad, där ca 50 m^2 av det aktuella tilläggsisoleringssystemet monterades på den ursprungliga fasaden av lättbetong. Provfasaden utsattes för en simulerad lägenhetsbrand anlagd i 1:a våningen. Spridningen via fönsteröppning och längs fasaden, brandbeteende samt eventuella brandskador och skadeomfattning efter branden studerades. För varje fullskaleförsök - tilläggsisoleringssystem - finns delrapport, se /4/, där noggranna observationer och mätdata samt en kort utvärdering redovisas.

2.3 Användning av fullskaleprovningarnas resultat

Fullskaleprovningarnas resultat bildade underlag för en direkt bedömning av brandriskerna hos de olika tilläggsisoleringssystemen. Bedömningen skedde med hjälp av dels mätdata för temperatur, strålning och värmeflöde, dels visuella observationer och fotografering.

För att kunna bedöma omfattningen av den ökade risken för brandspridning genom de testade tilläggsisoleringssystemens användning i byggnader med olika ändamål och möjligheter till brandsläckning, utarbetades vissa kriterier. Dessa begränsar riskerna för

- nedfall av stora fasaddelar,

- ytflamspridning och brandspridning inuti väggen längs fasaden, antändning av takfoten, samt

- brandspridning till våningen ovanför brandhärden via fönster.

Experimentserien gav en klar bild av de olika tilläggsisoleingssystemens beteende vid en verklig lägenhetsbrand med inredning av dagens moderna syntetmaterial. Brandens yttre inverkan på en flervåningsbyggnad, den termiska påverkan på fasaddelar ovanför brandhärden samt påverkan mot fönster till lägenheten ovanför brandhärden kunde kartläggas och dokumenteras.

Resultaten från fullskaleförsöken har jämförts med hittills använd provningsmetod i laboratorieskala. Jämförelsen demonstrerade de nerskalade laboratoriemetodernas ofullkomlighet att förutsäga reellt brandbeteende för en fasad. Ansträngningar att utveckla en ny, funtionellt bättre underbyggd provningsmetod i laboratorieskala var ej framgångsrika. En slutsats härav är, att en bedömning av tilläggsisolerade fasaders brandrisker måste bygga på resultat från en provning av hela konstruktionen i fullskala, så som den används i praktiken.

Provningskriterierna enligt ovan har relaterats till byggnadens ändamål, höjd och åtkomlighet för brandsläckning, vilket bildar grunden för ett förslag till brandkrav i kommande upplaga av Svensk Byggnorm.

2.4 Kompletterande undersökningar

I samband med utveckling av försöksbranden och för att få en referens för bedömningar av de provade tilläggsisoleringssystemens brandrisker genomfördes

- 2 st 0-försök varav ett med samma brandbelastning som vid huvudförsöksserien men utan någon tilläggsisolering av försöksbyggnadens lättbetongfasad.

Under projektets gång tillkom därutöver ytterligare tre fullskaleprovningar, omfattande

- fasadbeklädnad av trä längs hela fasaden (träpanel + luftspalt) samt taksprång av trä och

- 2 olika typer av balkonger av stål.

Provningen av träfasad och ett av 0-försöken redovisas i delrapporter-

na /4/. Resultaten av balkongprovningarna har redovisats i särskilt sammanhang.

För att förbättra möjligheterna för en resultatanalys har svårantändligheten hos olika fabrikat av styrencellplast bestämts enligt följande laboratoriemetoder:

- Nordtest-metoden NT FIRE 002 identisk med SIS 024821 och

- den västtyska metoden enligt DIN 4102, Teil 1.

3 UNDERSÖKTA SYSTEM

De i försöksserien ingående tilläggsisoleringssystemen kan med hänsyn till uppbyggnad i huvudsak indelas i följande tre grupper:

Grupp 1: Isolering av mineralull + träreglar + beklädnad av plåt.

Grupp 2: Isolering av mineralull + tjock puts.

Grupp 3: Isolering av cellplast + tunnputs.

Turordningen för fullskaleförsöken bestämdes fortlöpande med utgångspunkt från efter hand erhållna resultat.

Tabell 3.1 ger en översikt över alla utförda försök. De provade systemen redovisas under sina respektive arbetsnamn och med uppdelning på de tre grupperna. I Appendix A beskrivs systemens uppbyggnad i detalj från befintlig vägg och utåt.

Tabell 3.1 Undersökta system – uppbyggnad

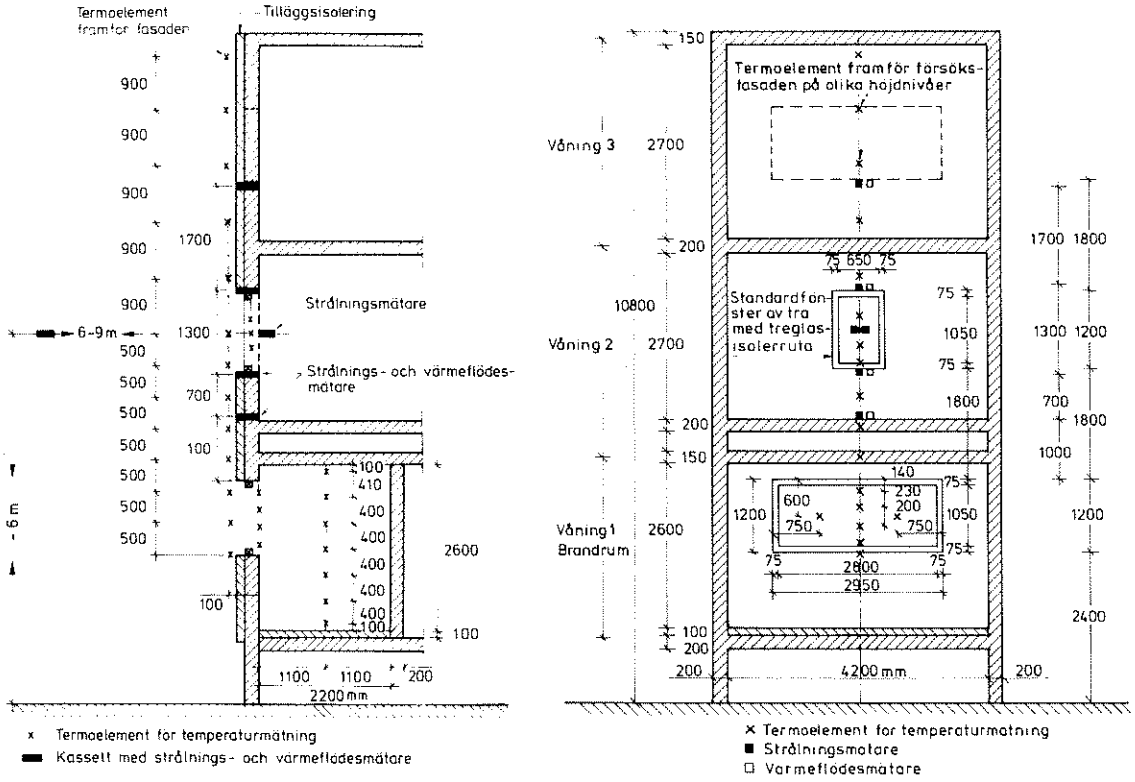
GRUPP	FÖRSÖK NR	FÖRSÖK NAMN	BEKLÄDNAD	ISOLERING	INFÄSTNING	ANM
–	1	0-försök	–	–	–	–
1	2	A	profilerad stålplåt	95 mm glasull	vertikala och horisontella träreglar	luftspalt; avskärningar
	3	B	profilerad aluminiumplåt	95 mm stenull	horisontella träreglar	luftspalt
2	4	G + R	30 mm isolerande puts Rhodipor 8 mm cementputs	100 mm glasull	lättbetongspik och metallnät	
	5	tm	10 mm murcementbruk 18 mm kalkcementputs	80 mm stenull, 20 mm träull	expander, vinkel, sprint och metallnät	
	–	Serporock	10 mm KC-, 15 mm C-puts, 7 mm lättputs	50-120 mm stenull	rörlig expander och metallnät	ej provat
3	6	Cementa	8 mm plastmodifierat cementbruk 2 mm vinyl	60 mm uretancellplast	klippspik, bricka och glasfiberväv (vävd)	
	7	ISO-FIN	6 mm glasfiberarmerad cementputs	100 mm expanderad styrencellplast	pluggar och metallnät	
	8	ISPO-1	4 mm cement med organiska tillsatser 4 mm akrylharts	100 mm expanderad styrencellplast	klisterbruk och glasfiberväv	
	9	ISPO-2	–"–	60 mm expanderad styrencellplast (tysk produkt)	–"–	styrencellplast B1 (DIN 4102)
	10	ISPO-3	13 mm mineralisk lättputs (Perlit)	–"–	–"–	–"–
	11	Termofasad	10 mm cementbaserad puts (5% akryl) 2 mm ytputs	60 mm uretancellplast	pluggspik, bricka och glasfiberväv	
	12	Varmotex	7 mm glasfiberarmerad cementputs	80 mm extruderad styrencellplast	hakspik och metallnät	avskärningar av stenull
	13	Yxhult	6 mm vinyl med 30% cement 2 mm vinyl	55 mm uretancellplast	klisterbruk, pluggar och glasfibernät (ej vävt)	
–	14	Träbeklädnad	22 mm stående träpanel	ingen	spik i spikläkt	45 mm luftspalt och avskärningar

4 FULLSKALEFÖRSÖKENS KARAKTERISTIKA

4.1 Försöksanläggning

Försöken utfördes i en byggnad i tre våningar, utförd i lättbetong på bärande stomme av stål. Byggnaden bestod av tre på varandra staplade fullskalerum och hade en fasad något bredare än rummen. Rummet i den nedersta våningen, våning 1, det sk brandrummet, var utformat för att kunna motstå upprepade bränder. Byggnadens dimensioner framgår av figur 4.1. En väl definierad brand anlades i brandrummet vid varje försökstillfälle.

Brandrummet hade en fönsteröppning med dimensionerna 2,95 m x 1,2 m (b x h). Fönsteröppningen var försedd med karm och båge av 3" x 4" träreglar. Inga glasrutor fanns i detta fönster. Fönstret i våning 2 simulerade ett stängt fönster. I flertalet av försöken utgjordes detta av ett standardträfönster med måtten 0,8 m x 1,2 m (b x h) och treglasisolerruta. Genom att studera fasaden vid sidan av detta fönster kunde omfattningen av brandspridningen i tilläggsisoleringen från våning till våning kartläggas. Tredje våningen innehöll inget fönster men hade mätinstrument i motsvarande nivå.



Figur 4.1 Försöksanläggning – dimensioner och instrumentering

Brandrummets dimensioner 4,0 m x 2,2 m x 2,6 m (l x b x h), och den faktiska fönsteröppningen, inklusive karm och båge 2,8 m x 1,05 m (b x h), bestämmer en av brandförloppets avgörande parametrar, nämligen öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_{tot}$, där A är fönsterarean i m^2; h fönsterhöjden i m och A_{tot} brandrummets totala inre omslutningsyta i m^2, inklusive öppningsytan.

Öppningsfaktorn förändrades under brandförloppet från 0,06 $m^{1/2}$ i början av branden med karm och båge intakta, till 0,08 $m^{1/2}$, då karm och båge var helt förbrända.

4.2 Mätutrustning

Fullskaleförsöken instrumenterades för att ge de mät- och observationsdata som krävs för

- en beskrivning och analys av den termiska påverkan mot fasaden och
- en kartläggning av brandbeteende och brandrisker hos provat tilläggsisoleringssystem.

Mätutrustningen omfattade:

1. Termoelement för att bestämma temperaturfördelningen
   - i brandrummet
   - i brandrummets fönsteröppning
   - i en vertikal framför fasadens centrumlinjen
   - i tilläggsisoleringen, som regel både mellan väggen och isoleringen och mellan isoleringen och beklädnaden
   - på insidan av treglasisolerrutan i fönstret i våningen ovanför brandrummet.
2. Strålningsmätare för att bestämma strålningen från flamman och heta gaser
   - mot fasaden i fyra punkter i dennas centrumlinje
   - genom treglasisolerrutan i fönstret i våningen ovanför brandrummet

- ut i det fria 6 m respektive 9 m från fasaden.

3. Värmeflödesmätare för att bestämma det totala värmeflödet, dvs summan av strålnings- och konvektionsvärme,

   - från flamman och heta gaser in mot fasaden i fyra punkter i dennas centrumlinje.

Mätpunkternas placering framgår av figur 4.1.

Mätdata registrerades via en datalogg med ca 50 s tidsintervall för enskild mätpunkt under hela brandförloppet.

Visuella observationer och händelseförloppet dokumenterades genom talinspelning på band.

Vidare dokumenterades brandförloppet genom fotografering med 30 s tidsintervall. Några försök finns inspelade på videofilm.

4.3 Brandbelastning

Som nämnts tidigare, medför en brand i en brandcell med modern inredning, karakteriserad av betydande inslag av syntetiska material, en väsentligt ökad, utvändig, termisk fasadpåverkan i förhållande till en renodlad träbränslebrand med brandbelastning i form av t ex träribbstaplar. En likartad effekt ger brandbelastningskomponenter med stor exponerad yta, t ex brännbara beklädnader på vägg- och takytor. Försökstekniskt kan därför effekten av brandbelastningskomponenter av syntetiska inredningsmaterial simuleras genom brännbart material på brandcellens vägg- och takytor, och vice versa.

Detta är en utgångspunkt för valet av fullskaleundersökningens brandbelastning*). En annan utgångspunkt har varit, att de olika tilläggsisoleringssystemens brandbeteende och brandrisker skall studeras och värderas för en termisk fasadpåverkan, som - något på säkra sidan - är representativ för verkliga lägenhetsbränder, i vilka stora brännbara innerytor och/eller modern inredning av syntetiska material ingår.

Mot bakgrund härav och av i /11/ redovisat statistiskt underlag för bostadslägenheter valdes för fullskaleförsöken en brandbelastning av 110 MJ/m² omslutningsyta. Valet inkluderar en rimlig bedömning av verklig förbränningsgrad för kompakta inredningsenheter. I /11/ redovisas för den brandbelastning, som innehålls i 80% av observerade fall och som svarar mot en fullständig förbränning av allt brännbart material, värdet 149 MJ/m² för bostäder om 3 rum och kök och värdet 110 MJ/m² för vardagsrummen i samma typ av bostäder. För kontorslägenheter uppgår motsvarande brandbelastningsvärde, omräknat till försökshusets brandrum, till 125 MJ/m² omslutningsyta /12/.

Brandbelastningen bestod vid varje försökstillfälle av:

- 2 st mitt på golvet placerade träribbstaplar av gran med en total vikt på 184 kg. Träets densitet varierade från försök till försök mellan 380 kg/m³ och 510 kg/m³. Träribbornas initiellt exponerade yta (A_s) varierade mellan 50 m² och 68 m²; träribbstaplarnas porositetsfaktor ($h_c A_v / A_s$) mellan 0,013 m och 0,014 m, varvid h_c = stapelns höjd och A_v = skorstensarean för vertikalt gasflöde mellan ribborna i träribbstaplarna.

---

*) Brandbelastningen för en brandcell utgör ett mått på den sammanlagda värmemängd, som frigörs vid en fullständig förbränning av allt brännbart material i en brandcell, inklusive byggnadsstomme, inredning, beklädnad och golvbeläggning /12/. Om det kan påvisas, att en brandbelastningskomponent endast förbränns delvis vid en brand, får hänsyn tas härtill vid en beräkning av brandbelastningen. Exempel på sådana brandbelastningskomponenter är golvbeläggningar och bokhyllor med massivt staplade böcker.

- Spånskiva på brandrummets bakre vägg monterad på reglar 45 mm x 45 mm, c/c 1200 mm. Spånskivans tjocklek var 28 mm; total vikt 126 kg; densitet 750 kg/m^3 och den initiellt exponerade ytan 6 m^2.

Som antändningskälla användes 1.5 l 95%-ig finsprit, jämnt fördelad på de två ribbstaplarna.

Brandbelastningens bränsleöverskottsfaktor, som anger hur stor del av det totalt pyrolyserade bränslet, som förbränns utanför brandrummet, är svår att beräkna. Faktorn och den tillhörande termiska fasadpåverkan är starkt avhängig av parameterkombinationen: bränsletyp - initiellt exponerad bränsleyta - brandcellens luftflödesfaktor, men även andra influenser avgör. Ett grovt överslag ger för den aktuella brandbelastningen en bränsleöverskottsfaktor på cirka 0.5, dvs ungefär hälften av det pyrolyserade bränslet förbränns utanför brandrummet.

Den valda brandbelastningen innebar en brandvaraktighet av 15-20 minuter med en fullt utvecklad brand i cirka 10 minuter, vilket motsvarar en representativ insatstid för brandkåren inom tätortsbebyggelse.

Insatstiden vid brand definieras därvid som tiden från att brandkåren larmas till dess att räddningsarbetet påbörjas på brandplatsen.

Insatstiden varierar för olika typer av bebyggelse enligt följande /13/:

Grupp I - 10 minuter

Brandfarlig tätortsbebyggelse; koncentrerad centrumbebyggelse med butiker, varuhus, kontor och samlingslokaler; tät trähusbebyggelse; större vårdanläggning; större industri, industriområde; större brandfarligt upplag; hamn; bostadsbebyggelse i 4 våningar och högre.

Grupp II - 20 minuter

Flerfamiljshus lägre än 4 våningar; villa-, radhus- och kedjehusområden; större byar och gårdar; mindre industrier.

Grupp III - 30 minuter

Enstaka byggnader och gårdar; mindre byar; koncentrerad fritidsbebyggelse.

Lokala förhållanden kan dock, vid enstaka friliggande objekt, medföra längre insatstider än de ovan angivna.

5 EXPERIMENTELLA RESULTAT

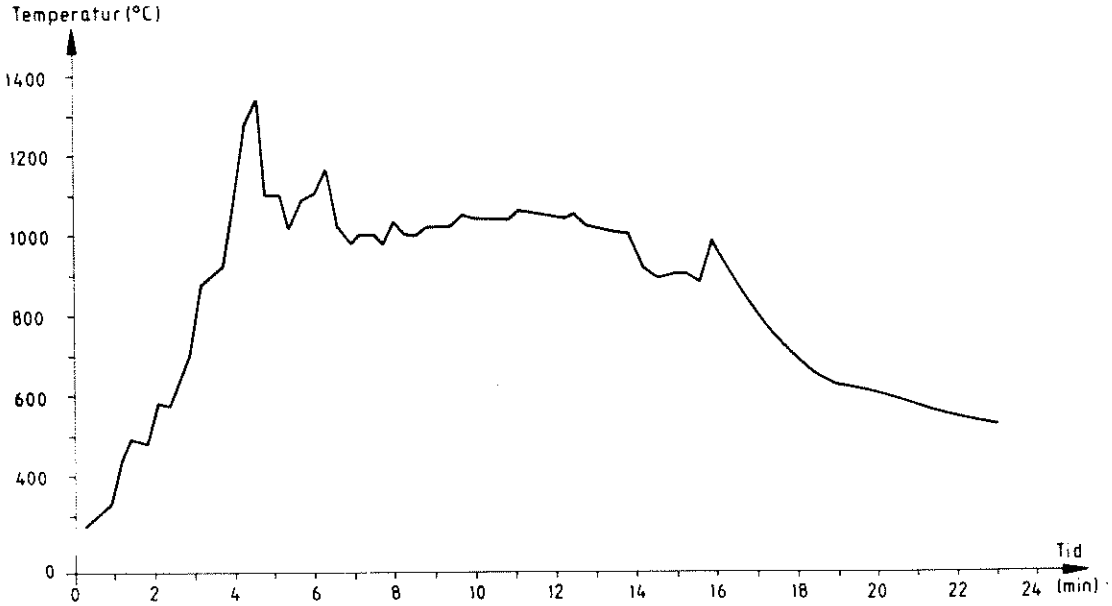
Samtliga mätresultat från fullskaleförsöken med ett omfattande mätpunktsystem finns dokumenterade i delrapporter /4/. Utbyggnaden av mätpunktsystemet i reducerad omfattning framgår av figur 4.1. Vid flertalet försök tillämpades emellertid ett reducerat system. Reduktionen omfattade därvid i huvudsak temperaturmätpunkterna framför fasaden, medan övriga mätpunkter för temperatur, strålning och värmeflöde utnyttjades i full omfattning.

5.1 Temperaturer

5.1.1 I brandrummet

Figur 5.1 visar uppmätt temperatur-tidförlopp för taknivån i brandrummet. Efter antändning stiger temperaturen till en början cirka 200°C per minut för att sedan snabbt öka, då övertändning sker i brandrummet. Därmed inleds den fullt utvecklade rumsbranden med en relativt konstant temperatur under cirka 10 minuter, varefter temperaturen sjunker i takt med att branden avtar.

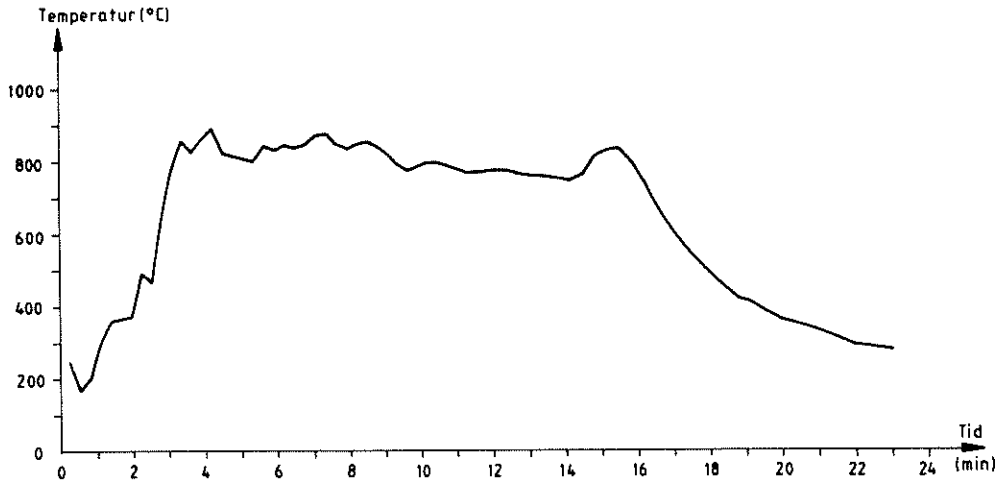
Vid de olika försöken varierade tiden till övertändning mellan 2 min 35 s och 3 min och 50 s.



Figur 5.1 Temperatur i brandrummet. Försök nr 1 - oisolerad fasad. Redovisad kurva gäller för mätpunkt 10 cm under takcentrum

5.1.2 Utanför fasaden

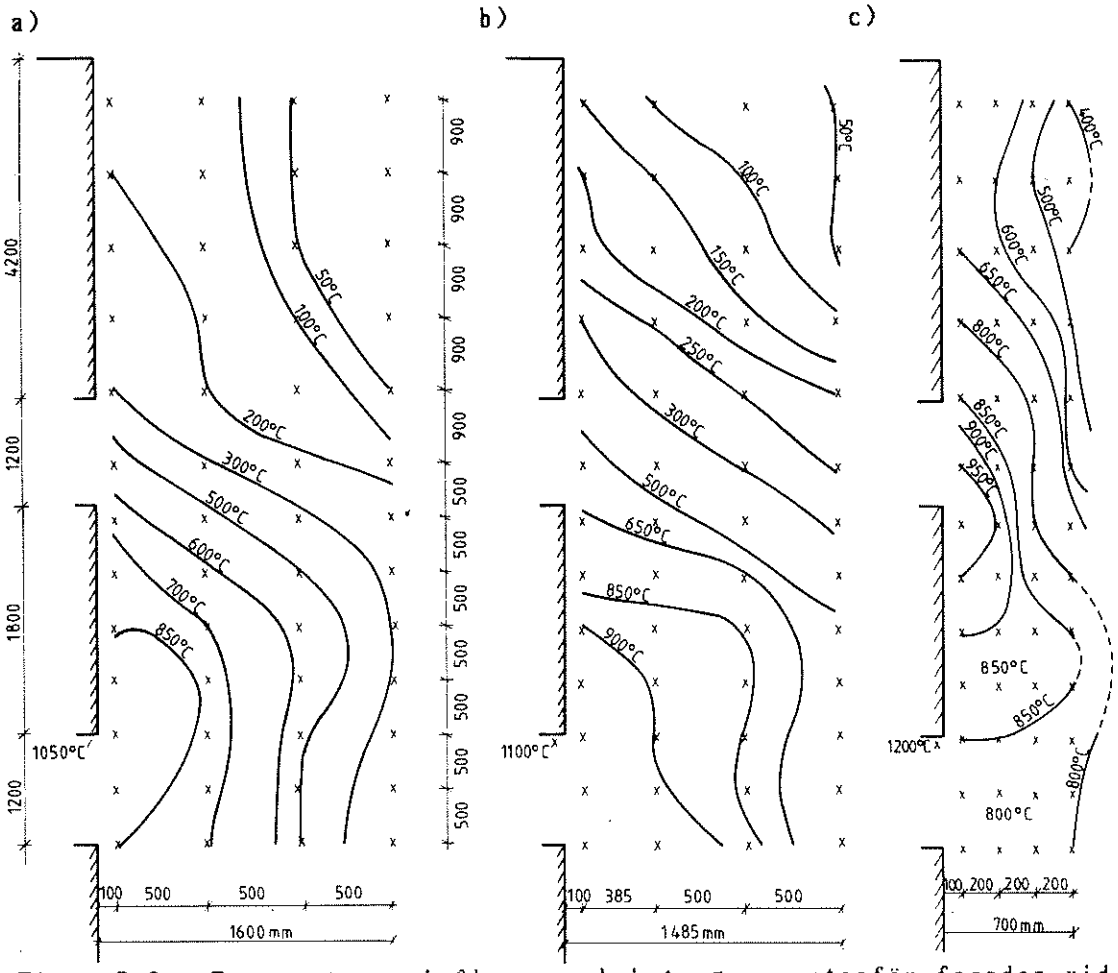
Det mot brandrumstemperaturen enligt figur 5.1 svarande temperatur-tidförloppet för en punkt i flamman framför fasaden visas i figur 5.2. Temperaturen är mätt i en punkt 10 cm från fasaden strax ovanför fönstret i brandrummet.



Figur 5.2 Temperatur-tidförlopp i flamman i en punkt 10 cm från fasaden strax ovanför fönstret i brandrummet. Försök nr 1 - oisolerad fasad

Det totala temperaturfältet i flamma och heta gaser utanför fasaden illustreras för tre försök med hjälp av isotermer i figur 5.3. Isotermerna är linjer, som förbinder alla punkter med samma temperatur vid en bestämd tidpunkt. De redovisade isotermerna gäller därvid för tidpunkten ca 6 min efter brandens start, vilket motsvarar brandens mest intensiva skede. Figur 5.3 a) visar isotermerna för försök nr 1, utfört utan någon tilläggsisolering. Dessa ger alltså temperaturfältet utanför fasaden från enbart branden i brandrummet - baspåverkan mot fasaden.

Genom utvändig tilläggsisolering kan fasaden tillföras brännbara komponenter. Dessa ger ett bränsletillskott till basbranden, som varierar med typ och omfattning av material samt förbränningsgrad. Bränsletillskottet orsakar ett ökat värmeflöde mot fasaden och en ökad temperatur utanför denna. Detta illustreras av figur 5.3 b), som visar isotermerna vid tidpunkten 6 minuter utanför fasaden vid försök nr 3,



Figur 5.3 Temperaturer i flamma och heta gaser utanför fasaden vid brandens mest intensiva skede – cirka 6 min efter start.

a) Försök nr 1 – oisolerad fasad

b) Försök nr 3 – tilläggsisolering av träreglar + mineralull + fabriksklistrat papper + al-plåt

c) Försök nr 14 – 22 mm stående träpanel med lockläkt; ingen isolering

omfattande en fasad med träreglar, tilläggsisolering av mineralull, fabriksklistrat papper och beklädnad av aluminiumplåt.

Ju mer bränsle från fasadmaterialet, som deltar i förbränningen, desto högre blir flammans och de heta gasernas temperatur och den tillhörande termiska påverkan mot fasaden. Detta leder i sin tur till att fasadmaterialens deltagande i branden ökar.

I figur 5.3 c) visas motsvarande temperaturfält utanför fasaden för en fasadbeklädnad av 22 mm stående träpanel med lockläkt, applicerad direkt mot försöksbyggnadens lättbetongfasad utan någon ytterligare

isolering. Det framgår att, temperaturen framför fasaden blir mycket högre än i fallen a) och b). Detta är en effekt av att redan vid tidpunkten 6 min efter brandens start deltar träpanelen i branden, vilket ger en mycket hög flamma och höga temperaturer längs hela fasaden.

De vid fullskaleförsöken provade tilläggsisoleringssystemen gav temperaturfält utanför fasaden, som i samtliga fall ligger mellan de två gränsfallen enligt figur 5.3 a) och c).

5.1.3 Inuti isoleringen

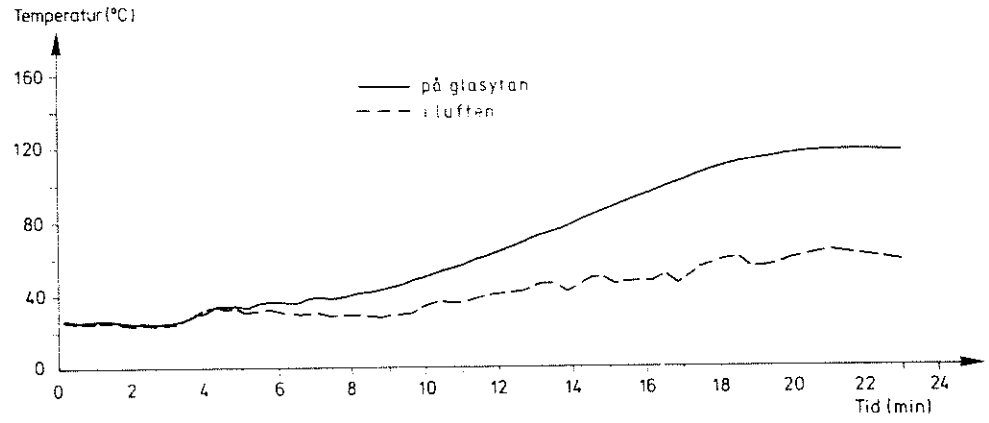
Resultaten från temperaturmätningarna i olika punkter och snitt av de provade tilläggsisoleringssystemen bildade underlag för en bedömning av brandens utbredning i vertikal och horisontell riktning. Mätresultaten redovisas utförligt i delrapporterna /4/.

5.1.4 Bakom treglasrutan i andra våningen

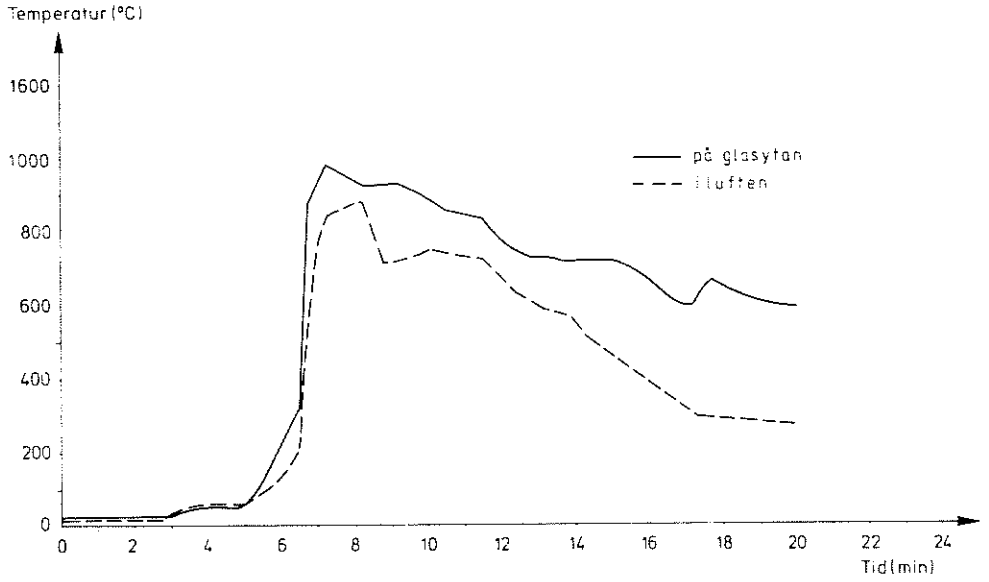
Temperaturen bakom treglasrutan - dels på den inre glasytan och dels några cm innanför fönstret - i våningen ovanför brandrummet registrerades för att underlätta en bedömning av risken för brandspridning till en brandcell i denna våning. I figur 5.4 visas temperaturen i luften bakom fönstret a) då glasrutorna håller mot branden och b) då alla tre glasrutorna har spruckit efter cirka 7 minuter från brandens start - i sådant fall kan flammor ta sig in i lägenheten ovanför brandrummet.

Ett fönster med treglasruta i våningen ovanför brandrummet och tillhörande temperaturmätningar bakom detta, infördes under senare hälften av försöksserien. Därför innehåller bara en del av delrapporterna /4/ sådan information.

a)



b)



Figur 5.4 Temperaturen bakom treglasrutan i fönstret ovanför brandrummet

a) treglasrutan håller mot branden

b) treglasrutan har sprckit efter cirka 7 minuter

5.1.5 Vid takfoten

Vid försök nr 14, vilket omfattade en fasadbeklädnad av 22 mm stående träpanel med lockläkt, utan bakomliggande isolering, utformades försöksbyggnaden med en takfotsatrapp, applicerad mot lättbetongfasadens övre rand. Vid försöket mättes temperaturen strax under och inuti taksprånget. 4 min 20 s efter brandens start nådde den utvändiga flammans topp takfotsnivån och efter ytterligare 1 min 50 s, dvs vid tidpunkten 6 min 10 s efter brandens start, antändes takfoten.

Någon motsvarande takfotsatrapp förekom ej vid något av experimentseriens övriga fullskaleförsök. Observerad flamlängd och registrerad temperatur i mätpunkten närmast fasadens övre rand gav dock underlag för en grov bedömning av risken för en takfotsantändning även vid dessa försök.

Av i t ex /14/ redovisade resultat framgår, att en träbeklädnad av obehandlat furu antänds efter cirka 2 min vid en strålningspåverkan av 20 kW/m² och efter cirka 10 min vid en strålningspåverkan av 15 kW/m². Antändningstiderna förutsätter påverkan av värmestrålning vid närvaro av tändlåga utan direktkontakt. Strålningsvärdena motsvarar en temperatur för flamma och heta gaser framför den antända träytan av cirka 500 respektive 450°C vid ett antaget resulterande emissionstal $\varepsilon = 1$.

Temperaturen i flammans topp kan överslagsvis uppskattas till 500-550°C. Det innebär, att, om flamman framför fasaden når takfotsnivån, kommer takfoten att antändas inom någon minut. I tabell 5.2, sidan 37, redovisas för samtliga fullskaleförsök den utvändiga flammans största längd och tidpunkten, då den uppnåddes. Längden räknas därvid från underkanten av fönstret i brandrummet och i förhållande härtill har en tänkt takfot vid fasadens övre rand nivån 7.3 m. Av tabellen framgår, att maximal flamlängd var större än 7.3 m vid försöken nr 8, 9 och 13 - utöver tidigare kommenterat försök nr 14. För samtliga dessa tre tilläggsisoleringssystem är följaktligen risken påtaglig för en takfotsantändning.

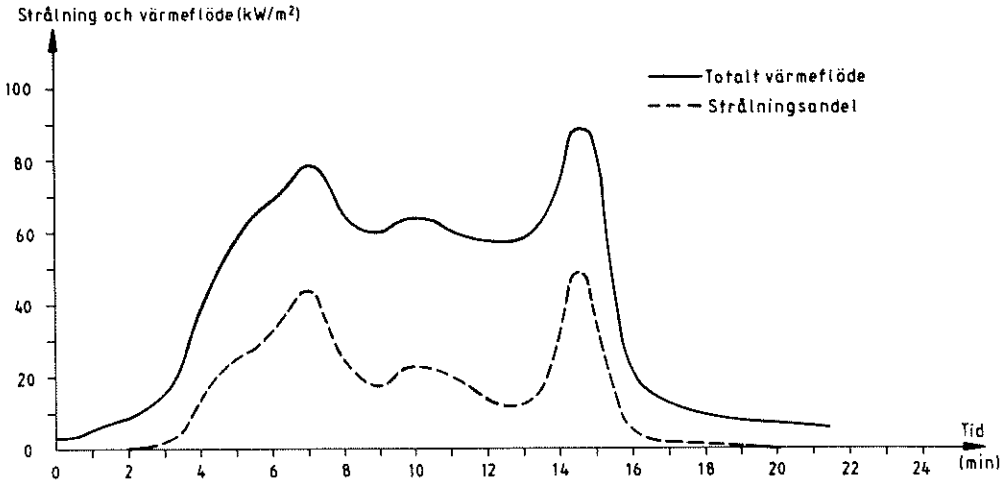
5.2 Värmeutveckling

5.2.1 Värmeflöde in mot fasaden

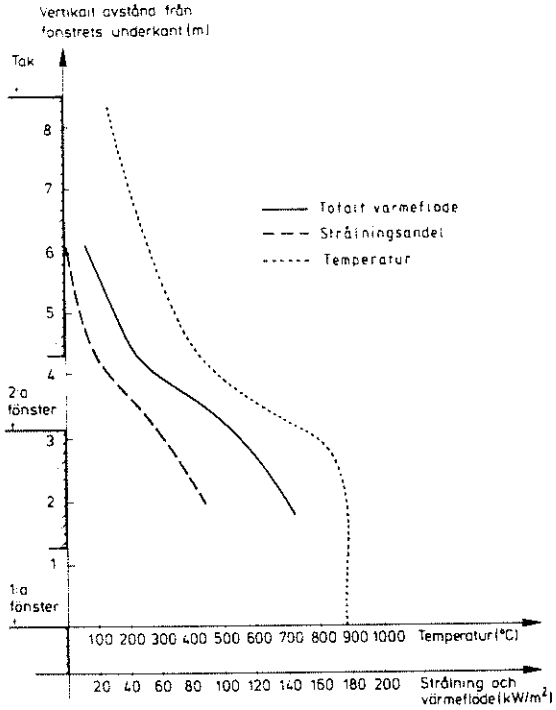
Det totala värmeflödet mot en fasad från utvändiga flammor och heta gaser består av en strålnings- och en konvektionsandel.

Vid försöken registrerades dels det totala värmeflödet, dels dess strålningsandel. Därigenom kunde även konvektionsandelen bestämmas. Värmeflödets och dess strålningsandels variation med tiden exemplifieras i figur 5.5 för försök nr 1 - fasad utan tilläggsisolering - i en

punkt, belägen omedelbart under fönstret i våningen ovanför brandrummet. Motsvarande vertikala fördelning av värmeflöde, strålning och temperatur längs fasadens symmetrilinje redovisas i figur 5.6, vad avser deras maximivärden under brandförloppet.

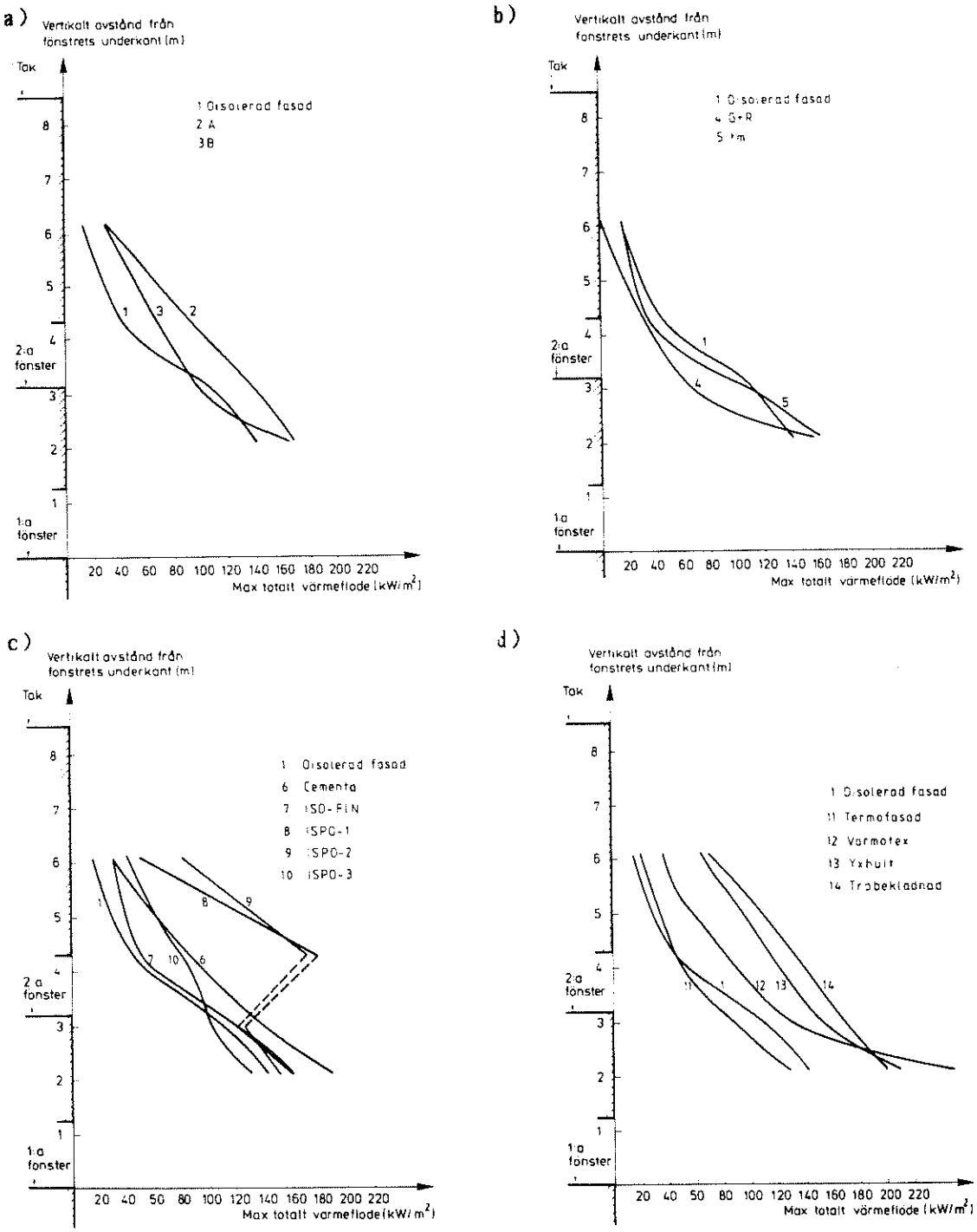


Figur 5.5 Tidsvariationen av det totala värmeflödet in mot fasaden och dess strålningsandel i en punkt omedelbart under fönstret i våningen ovanför brandrummet. Försök nr 1 - oisolerad fasad



Figur 5.6 Temperatur, totalt värmeflöde och dess strålningsandel - maximala värdens fördelning i höjdled. Försök nr 1 - oisolerad fasad

I figur 5.7 visas uppmätta maximivärden av det totala värmeflödet mot fasaden som funktion av höjden för alla provade tilläggsisoleringssys-



Figur 5.7 Det totala värmeflödet in mot fasaden - maximala värdens fördelning i höjdled

a) tilläggsisoleringssystem inom grupp 1

b) tilläggsisoleringssystem inom grupp 2

c) och d) tilläggsisoleringssystem inom grupp 3

För systemens utformning hänvisas till tabell 3.1 och Appendix A

tem. Av kurvorna framgår, att systemen inom grupp 1 – mineralull + träreglar + plåtbeklädnad – ger ett visst bidrag till den termiska påverkan från basbranden genom att bl a vindskyddspapp och träreglar förbränns.

Systemen inom grupp 2 – mineralull + tjock puts – ger ej något sådant bidrag.

Bild c) och d) i figur 5.7 visar maximalt värmeflöde mot fasaden vid försöken med tilläggsisoleringssystem från grupp 3 – cellplast + tunn-puts. I jämförelse med systemen inom grupperna 1 och 2 ger systemen inom grupp 3 i stort ett väsentligt större tillskott till den termiska fasadpåverkan från basbranden.

Genom förbränning av puts och/eller cellplast kan i vissa fall ett betydande värmetillskott tillföras basbranden – kurvorna 8, 9, 13 och 14. Däremot blir värmetillskottet förhållandevis begränsat, om puts-skiktet utformas så att det helt eller delvis förhindrar cellplastens förbränning – kurvorna 7 och 11.

I tabell 5.1 redovisas maximal temperatur (kolumn 4) och maximalt totalt värmeflöde (kolumn 5), bestående av en strålningsdel (kolumn 7) och en konvektionsdel (kolumn 8), *i en punkt motsvarande mitten av fönstret i våningen ovanför brandrummet* samt respektive tid efter brandens start för dessa maximivärden (kolumn 6).

Tabell 5.1 Maximal temperatur och maximalt totalt värmeflöde, uppdelat på strålning och konvektion, i punkt motsvarande centrum av fönstret i våningen ovanför brandrummet

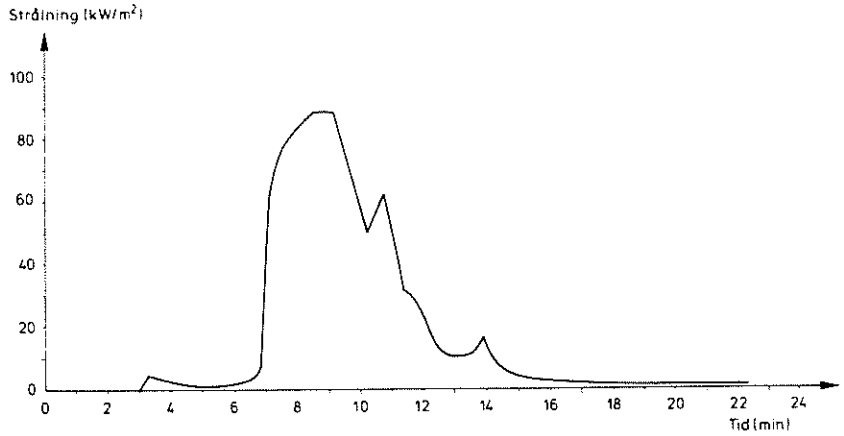
				Maximalt värmeflöde in mot fasaden kW/m²			
Grupp	Nr	Försök	Maximal temperatur °C	totalt	vid tiden efter start min	strålningsandel	konvektionsandel
1	2	3	4	5	6	7	8
-	1	0-försök	550	75	7 och 14	40	35
1	2	A	850	120	5-14	60	60
	3	B	800	75	6-9	40	35
2	4	G+R	800	50	4-7	40	10
	5	tm	600	70	6-7	50	20
	6	Cementa	850	110	3, 8 och 12	70	40
	7	ISO-Fin	700	90	8-10	40	50
	8	ISPO-1	900	140	4-9	100	40
3	9	ISPO-2	980	140	6 och 10-14	70	70
	10	ISPO-3	900	90	4-9	55	35
	11	Termofasad	850	75	8-10	35	40
	12	Varmotex	870	110	6-8	75	35
	13	Yxhult	920	140	6-10	80	60
-	14	Träbeklädnad	950	150	4-14	70	80

Vid 0-försöket, utfört med försöksbyggnaden utan någon tilläggsisolering, uppgick det maximala värmeflödet mot centrum av fönstret i våningen ovanför brandrummet till 75 kW/m². I försöket med träbeklädnad var motsvarande värmeflöde 150 kW/m². För de olika tilläggsisoleringssystemen uppmätt nivå för maximalt värmeflöde, relaterat till nivån 75 kW/m², beskriver graden av systemens medverkan i brandförloppet och deras tillskott till basbrandens termiska fasadpåverkan.

Tillskottet i värmeflöde mot centrum av fönstret i våningen ovanför brandrummet har betydelse för risken för brandspridning via fönster till lägenheten ovanför brandrummet.

Betydelsen av värmeflödets strålningsandel (tabell 5.1; kolumn 7) för risken för brandspridning via intakt fönster har studerats närmare. Studien visar, att endast en liten del, ca 10%, går genom en intakt treglasisolerruta. Härtill bidrar, att transmissionen minskar på grund av nedsotning. Av de vid fullskaleförsöken utförda mätningarna framgår, att en strålning om högst 10 kW/m² passerat treglasisolerrutan, så länge denna varit intakt. För antändning av en dralongardin krävs en strålning av minst 15 kW/m², för antändning av en bomullsgardin är motsvarande värde minst 18 kW/m² /15/.

En påtaglig risk för brandspridning till våningen ovanför brandrummet uppkommer om fönsterrutorna i denna våning spricker. Vid 0-försöket sprack den yttersta glasrutan efter 5 min brand, medan de övriga två glasrutorna förblev intakta under hela brandförloppet. Vid vissa försök sprack alla tre glasrutorna i ett tidigt skede av branden. Figur 5.8 visar för fullskaleförsöket med tilläggsisoleringssystemet nr 13, hur strålningen bakom treglasrutan snabbt stiger efter ca 7 minuter från brandens start, då alla tre glasrutorna förstörts. I tabell 5.2 på sidan 37 redovisas observerat antal spruckna glasrutor och tillhörande tidpunkt efter brandens start för försöken nr 1, 2, 9, 10, 11, 13 och 14. Vid övriga försök fanns ej någon treglasisolerruta installerad i andra våningen.



Figur 5.8 Strålning bakom treglasrutan i fönstret ovanför brandrummet. Treglasrutan spricker efter 7 minuter. Försök nr 13

5.2.2 Fasadmaterialets värmeinnehåll

Värmetillskottet från brinnande fasadmaterial beror av:

- materialets värmeinnehåll (H), dvs den mängd värme, som alstras vid en fullständig förbränning,

- den mängd värme (L) som behövs/förbrukas för att materialet skall kunna pyrolyseras, dvs övergå från fast form till gasform, och

- konstruktionens utformning, t ex om isoleringen direkt påverkas av värme och/eller flamma.

Den värmemängd, som frigörs vid en fullständig förbränning, uppgår för de i de provade tilläggsisoleringssystemen ingående materialen till /15/:

styrencellplast	42 MJ/kg
uretancellplast	24 MJ/kg
trä	18 MJ/kg
cellulosa	15 MJ/kg

För att få en uppfattning om det ingående värmeinnehållet i t ex ett tilläggsisoleringssystem, måste materialens värmeinnehåll relateras till materialmängden per volym- eller ytenhet fasad. Exempelvis innehåller styrencellplast av tjocklek 0,10 m och densitet 20 kg/m^3 2 kg material per m^2 och kan alltså utveckla maximalt värmemängden 84 MJ per m^2 fasadyta. Uretancellplast av tjocklek 0,06 m och densitet 35 kg/m^3 innehåller 2,1 kg material per m^2. Motsvarande värmemängd blir 50 MJ per m^2 fasadyta. Trämaterial av tjocklek 0,012 m (trä-panel), densitet 500 kg/m^3, innehåller 6 kg material per m^2 och kan därför utveckla maximalt värmemängden 108 MJ per m^2 fasadyta. Vindskydd av asfaltimpregnerad papp utvecklar vid fullständig förbränning större värmemängd per m^2 yta än vindskydd av vanligt papper.

Om materialets värmeinnehåll (H) relateras till den värmemängd (L), som materialet behöver för att kunna förgasas, kan de olika materialen rangordnas efter kvoten H/L, enligt följande /14/:

Material	H/L
Styrencellplast	20-30
Uretancellplast	6-8
Trä, cellulosa	3-5

Det betyder, att vid en fullständig förbränning av trä utvecklas 3-5 gånger så mycket värme som det förbrukas för materialets förgasning, medan för styrencellplast den utvecklade värmemängden är 20-30 gånger större än den förbrukade. För förgasning av trä behövs cirka 3 gånger större värmemängd per viktsenhet än för förgasning av styrencellplast.

5.2.3 Strålning mot omgivningen

Vid en del av fullskaleförsöken registrerades även strålningen från flamma och heta gaser mot omgivningen. På 6 meters avstånd från fasaden och på en höjd av ca 3,5 m från underkant av fönstret i brandrummet - motsvarande centrumnivån för fönstret i våningen ovanför brandrummet - registrerades därvid max 13 kW/m². Detta motsvarar ca 16% av registrerad strålning mot fasaden på samma nivå. På ett avstånd av 9 m från fasaden var motsvarande värde max 7,5 kW/m². Antändning av t ex tryckimpregnerad, infärgad och åldrad furu /15/ sker vid 13 kW/m² efter ca 10 minuters strålningspåverkan.

Härav följer, att ökad risk för brandspridning till en närbelägen byggnad på grund av tilläggsisoleringens förbränning är försumbar, om husavståndet är större än 6 m, även om beklädnaden på motstående fasad är av trä. Utformningen av fasadbeklädnad hos byggnader med inåtgående hörn och inbyggd gårdsplan kräver dock särskild uppmärksamhet.

5.3 Observationer

För varje försök gjordes visuella observationer av brandförloppet och av tilläggsisoleringssystemets beteende och medverkan i detta. Observationerna dokumenterades genom inspelning på band och efterföljande utskrift. Observationerna kompletterades med diabilder, tagna med 30 s tidsintervall. Därutöver inspelades flertalet försök på videofilm.

På detta sätt dokumenterade data gav information om

På detta sätt dokumenterade data gav information om

- huvudflammans längd
- flamspridning utefter tilläggsisoleringens ytan
- omfattningen av nedfall av fasaddelar
- beklädnadens/putsens (främst vid fönsteromfattningarna) deformationer
- tid för brandspridning till våningen ovanför brandrummet.

Ur observationer, gjorda efter genomförda försök, framgick:

- brandspridning inuti isoleringen
- skadeomfattning.

Observerat och på annat sätt dokumenterat beteende för de olika systemen sammanfattas i tabell 5.2.

Tabell 5.2 Observationer

Nr	Försök	Nedfall av fasaddelar	Ytflammors utbredning vertikalt [m]*	Huvudflammans längd [m]*/tid** [min]	Antal spruckna*** glasrutor/tid [min]	Förstörd fönstersmyg 1:a vån	Förstörd fönstersmyg 2:a vån	Skador på beklädnaden [m²]	Brandspridning i isoleringen vertikalt [m]*	Skador på isoleringen [m²]	Anmärkning
1	0-försök	-	-	3,5/6	1/5	-	-	-	-	-	oisolerad fasad
2	A	ja	4,5	5,8/4;12	3/15	ja	ja	10	8,4 (i reglarna)	22 (papp)	brandspridning i vertikala reglar
3	B	nej	1,8	5,5/8	-	ja	delvis	3	6,0	9	aluminium har smält
4	G + R	nej	0	5,0/6	-	nej	nej	2,5	0	0	
5	tm	nej	0	4,2/7	-	nej	nej	0	0	0	
6	Cementa	nej	4,2	5,8/3;8	-	nej	nej	lokalt	4,2	3,6	ytflammor genom sprickor i putsen
7	ISO-Fin	nej	0	5,1/13	-	deformerade		0	4,8	6	
8	ISPO-1	ja	6,0	8,0/9	-	ja	ja	3	8,2	38	
9	ISPO-2	ja	5,0	7,5/5;12	3/7	ja	ja	3	8,4	23	
10	ISPO-3	nej	0	6,4/4	3/7	deformerade		0	6,0	7,5	
11	Termofasad	nej	0	5,0/8	1/8	nej	nej	6,4	3	6,4	nedfall av ytputsen
12	Varmotex	nej	0	6,2/6	-	ja	nej	0	4,8	9	
13	Yxhult	ja	6,0	8,0/9	3/7	ja	ja	3	5,8	7,3	
14	Träbeklädnad	ja	8,4	8,4/3;6	3/13	ja	ja	13	-	-	genombränning av takfoten

* från underkant av fönstret i brandrummet
** tid från brandens start
*** i försöken 3 - 8 och 12 fanns ej någon treglasisolerruta monterad i våningen ovanför brandrummet

Den risk för nedfall av fasaddelar, som konstaterades i försök nr 2, berodde på en förbränning av träreglar, som fasadplåtarna fästs i. I ett modifierat system med träreglarna utbytta mot stålreglar föreligger ingen risk för ett sådant nedfall.

Horisontell ytflamspridning förekom vid försöken nr 8, 9 och 13. Någon horisontell brandspridning inuti isoleringen kunde ej konstateras vid något försök.

6 FUNKTIONSKRAV, KRITERIER OCH BEDÖMNING

I 2.1.1 redovisas de funktionskrav, som primärt kan ställas ur brandsynpunkt för på fasader utvändigt applicerade tilläggsisoleringssystem. För en bedömning av ett provat system måste tillhörande kriterier formuleras. Förslag till sådana provningskriterier ges i 6.1. De olika funktionskraven har varierande tillämpbarhet och vikt beroende på ett tilläggsisoleringssystems praktiska användning. I 6.2 presenteras ett förslag till bedömning med hänsyn härtill, baserat på en indelning av byggnader i tre typer och kopplat till provningskriterierna. I 6.3 bedöms de provade systemen enligt förslaget. I 6.4 diskuteras betydelsen av ett systems konstruktionsutformning för systemets beteende vid brand. Vidare ges några byggnadstekniska råd som underlag för generaliserade bedömningar.

6.1 Provningskriterier

Med utgångspunkt från resultat och erfarenheter från de genomförda fullskaleförsöken kan följande provningskriterier formuleras för en kontroll av om ett tilläggsisoleringssystem uppfyller de i 2.1.1 redovisade funktionskraven:

1. Inga nedfall av stora fasaddelar

Som stor definieras en fasaddel av sådan storlek, att den kan orsaka skador hos brandpersonal, utrustad med hjälm.

2. a) Ytflamspridning och brandspridning inuti tilläggsisoleringen, begränsad till underkant av fönstret i 2:a våningen ovanför brandrummet.

   b) Inga yttre flammor, som kan ge upphov till antändning av takfoten.

I försöksanläggningen ligger underkanten av fönstret i 2:a våningen ovanför brandrummet 6 m och takfotsnivån 7,3 m över underkanten av fönstret i brandrummet.

Kriteriet med hänsyn till risken för antändning av takfot kommer att få sin definitiva utformning i samband med att en ny laboratoriemetod för brandteknisk provning av fasader - SP A4 105 - fastställs och godkännanderegler formuleras. Vid en sådan provning kommer en takfotsatrapp att användas och ett kravkriterium att införas med hänsyn till maximal temperatur vid takfoten. Förslag till detta kriteriet lyder:

Rökgastemperatur strax under taksprånget i provanläggningen får inte överstiga 500°C under en sammanhängande period längre än 2 min och 450°C under en sammanhängande period längre än 10 min.

3. Ingen brandspridning till lägenheten ovanför brandrummet via fönster

Om alla fönsterrutor i ett standardfönster med treglasisolerruta (glastjocklek 4 mm) spricker inom de första 10 min från försökets start, bedöms en icke försumbar risk föreligga för att en brandspridning kommer att ske till lägenheten ovanför brandrummet via fönster. Som ett ekvivalent kriterium gäller, att risken för denna form av brandspridning är försumbar, om det totala värmeflödet mot fasaden i den punkt, som motsvarar centrum av fönstret i våningen ovanför brandrummet, högst uppgår till 80 kW/m^2.

6.2 System för bedömning

För en brandteknisk bedömning av ett utvändigt tilläggsisoleringssystem med hänsyn till dess praktiska användning i olika typer av byggnader, har följande förslag utarbetats. Förslaget är baserat på provningskriterierna enligt 6.1 och relaterat till byggnadens ändamål och möjligheterna till brandsläckning.

Förslaget utgår från följande tre *byggnadstyper*:

Byggnader av typ 1: Byggnader med högst 2 våningar och/eller med högst 8 m takfotshöjd, vårdanläggningar undantagna.

Byggnader av typ 2: Byggnader med högst 8 våningar, som är åtkomliga för brandsläckning utifrån, vårdanläggningar undantagna.

Byggnader av typ 3: Byggnader mellan 5 och 8 våningar, som inte är åtkomliga för brandsläckning utifrån, samt byggnader med fler än 8 våningar och vårdanläggningar.

För bestämning av våningsantal gäller enligt /16/:

- *källare* anses som våning, om golvet i den närmast högre våningen ligger mer än 1,5 m över omgivande markyta,

- *vind* anses som våning vid sadeltak, om takfotshöjden är hög och/eller takkupor finns, samt vid brutet tak med branta fall.

Byggnader av typ 1 inkluderar industribyggnader.

Föreslagna *bedömningskrav* för på fasad utvändigt applicerat tilläggsisoleringssystem:

> För användning i byggnader av *typ 1*, dvs med högst 2 våningar och/eller högst 8 m takfotshöjd, vårdanläggningar undantagna, ställs inga krav.
>
> För användning i byggnader av *typ 2*, dvs med högst 8 våningar, som är åtkomliga för brandsläckning utifrån, vårdanläggningar undantagna, skall tilläggsisoleringssystem vid provning uppfylla kriterierna 1 och 2 enligt avsnitt 6.1.
>
> För användning i byggnader av *typ 3*, dvs med 5 till 8 våningar, som inte är åtkomliga för brandsläckning utifrån, samt byggnader med fler än 8 våningar och vårdanläggningar, skall tilläggsisoleringssystem vid provning uppfylla även kriterium 3.

6.3 Bedömning av provade tilläggsisoleringssystem

I tabell 6.1 sammanställs de slutsatser, som kan dras ur mätdata och observationer från de genomförda fullskaleprovningarna med avseende på hur de provade tilläggsisoleringssystemen uppfyller kriterierna enligt 6.1.

Tabell 6.1 De provade tilläggsisoleringssystemens uppfyllande av kriterierna enligt 6.1

Nr	System	Systemet uppfyller			
		kriterium 1	kriterium 2 a)	kriterium 2 b)	kriterium 3
1	0-försök	–	–	–	–
2	A	nej	nej	ja	nej
3	B	ja	ja	ja	ja
4	G+R	ja	ja	ja	ja
5	tm	ja	ja	ja	ja
6	Cementa	ja	ja	ja	nej
7	ISO-Fin	ja	ja	ja	nej
8	ISPO-1	nej	nej	nej	nej
9	ISPO-2	nej	nej	nej	nej
10	ISPO-3	ja	ja	ja	nej
11	Termofasad	ja	ja	ja	ja
12	Varmotex	ja	ja	ja	nej
13	Yxhult	nej	ja	nej	nej
14	Träbeklädnad	nej	nej	nej	nej

ja – systemet uppfyller respektive kriterium
nej – systemet uppfyller ej respektive kriterium

Samtliga kriterier uppfylls av:

- system nr 3, ett system med beklädnad av aluminiumplåt, horisontella träreglar och isolering av stenull,

- systemen nr 4 och 5, båda med ytskikt av tjock puts och isolering av mineralull, och

- system nr 11, ett system med ytskikt av tunnputs av oorganisk karaktär och isolering av uretancellplast.

Serporock systemet har inte provats, men bedöms också uppfylla samtliga kriterier.

Systemen nr 6, 7, 10 och 12 uppfyller kriterierna 1, 2 a) och 2 b) men inte kriterium 3.

De system, som uppfyller endast ett eller inget av kriterierna 1, 2 a) eller 2 b) är:

- system nr 2, 8, 9 och 13, samt nr 14 (beklädnad av träpanel).

Med utgångspunkt från tabell 6.1 och i 6.2 presenterat bedömningsförslag bedöms de provade tilläggsisoleringssystemen kunna användas för byggnader av typ 1-3 enligt följande sammanställning:

Nr	System	För byggnader av	Anmärkning
2	A	typ 1	med träreglar
3	B	typ 1, 2 och 3	
4	G + R	typ 1, 2 och 3	
5	tm	typ 1, 2 och 3	
-	Serporock	typ 1, 2 och 3	
6	Cementa	typ 1 och 2	
7	ISO-Fin	typ 1 och 2	
8	ISPO-1	typ 1	
9	ISPO-2	typ 1	
10	ISPO-3	typ 1 och 2	
11	Termofasad	typ 1, 2 och 3	
12	Varmotex	typ 1 och 2	
13	Yxhult	typ 1	
14	Träbeklädnad	typ 1	

6.4 Generaliserad bedömning

Genomförd experimentserie och bedömningen av resultaten härav förutsätter, att den utvändiga tilläggsisoleringen appliceras på en helt obrännbar vägg.

En generaliserad tillämpning av erhållna resultat på sådana fall, där ett provat tilläggsisoleringssystem skall appliceras på andra än

helt obrännbara väggar, måste en kompletterande funktionsanalys genomföras för en bedömning av den härigenom eventuellt förändrade riskbilden.

Enligt en typhuskatalog, utarbetad av Försvarets Forskningsanstalt FOA /17/, är ytterväggar i flerbostadshus i äldre bebyggelse i innerstadsområden oftast av tegelmurverk, i nyare förortsområden av lättbetong.

I nyare förortsområden förekommer dock även sk lamellhus med betongstomme, balkonger och utfackningsväggar. Utfackningsväggarna består därvid av träregelkonstruktion med isolering och med asbestcementskivor som beklädnad.

Vid tilläggsisolering, applicerad utanpå en sådan utfackningsvägg måste - om väggen inte är avbruten av balkonger - en bedömning göras av eventuell risk för brandspridning och/eller nedfall av stora fasaddelar.

Generellt gäller att den konstruktiva detaljutformningen och kombinationer av olika material hos ett tilläggsisoleringssystem är mer avgörande för systemets brandbeteende än brandegenskaperna hos de ingående materialen. Några generella slutsatser angående den konstruktiva utformningen av olika typer av tilläggsisoleringssystem, kan dock inte dras ur föreliggande resultatunderlag. En bedömning av brandriskerna genom provning av hela konstruktionen, så som den används i praktiken, måste därför vara avgörande. I framtiden kan sådana provningar ske i fullskala, antingen så som de utförts i denna försöksserie, eller enligt den nyutvecklade provningsmetoden SP A4 105 vid Statens Provningsanstalt i Borås.

6.4.1 Konstruktionsutformningens betydelse

<u>Grupp 1</u>

Hos system med plåtbeklädnad har en avskärning av luftspalten mindre betydelse för begränsning av brandspridningen uppåt än nedåt (risk för nedfall av glödande material).

Det är viktigt att välja en sådan kvalitet för vindskyddet, som har ett lågt värmeinnehåll. För ett vindskydd som inte uppfyller detta krav, kan tilläggsisoleringssystemet förbättras genom att vindskyddet och luftspalten avbryts, lämpligen strax ovanför fönstren för att begränsa brandspridningen i vindskyddet från våning till våning.

Vid beklädnad av plåt i kombination med träreglar är infästningen av plåten - såväl för stål- som aluminiumplåt- avgörande för risken för nedfall av stora fasaddelar. Infästningsskruven måste vara längre än förutberäknat förkolningsdjup för träreglarna.

Vid användning av stålreglar är denna risk försumbar.

Vid infästning i träreglar har en beklädnad av aluminiumplåt en viss fördel framför en beklädnad av stålplåt genom att aluminium smälter inom det direkt flampåverkade området. Därigenom avlastas reglarna och risken för nedfall av stora fasaddelar blir mindre.

Grupp 2

Det för denna grupp av tilläggsisoleringssystem karakteristiska tjocka putsskiktet fungerar vid en brand ungefär som en obrännbar vägg, om vidhäftningen mellan ytputs och grundputs är tillräcklig även vid höga temperaturer.

Grupp 3

Allmänt gäller, att de termiska egenskaperna hos beklädnaden (putsen) är avgörande för mängden utvecklade brännbara förbränningsprodukter från cellplasten bakom putsen.

Putsens egenskaper påverkar också förutsättningarna för förbränningsgasernas antändning. Om cellplasten är helt inkapslad med förhindrad lufttillförsel, kan en viss termisk sönderdelning förekomma. Den tillhörande förbrännningen blir dock måttlig eller ingen alls /18/. Ett effektivt skydd från putsen begränsar starkt tillskottsvärmet från tilläggsisoleringen till basbranden och därigenom också den ökade risken för en brandspridning.

Även rökutvecklingen blir mindre, om cellplasten har ett bra skydd

från putsen, eftersom det för plaster - till skillnad från naturmaterial - utvecklas, mer rök vid förbränning med öppen flamma än vid förbränning i en miljö med brist på syre /18/ och /19/.

Hos organiska putser finns risk för att de brännbara beståndsdelarna förbränns och att putsen därigenom får försämrade mekaniska egenskaper, förstörs och förlorar sin skyddande funktion. Ju mera organiska beståndsdelar, som finns i putsen, desto större är denna risk.

Utformningen av fönsteromfattningar (fönstersmygar) har stor betydelse för ett tilläggsisoleringssystems brandbeteende, speciellt vid isolering med styrencellplast. Eftersom styrencellplasten smälter blir påfrestningen kraftig på övre fönstersmyg.

I gällande bestämmelser (SBN) tillåts för hus om högst åtta våningar, brännbart material som isolering i ytterväggar, om isolerigen avbryts vid brandcellsbegränsningar med obrännbart material. Kravet gäller ej för byggnader upp till fyra våningar, om isoleringen utförs av svårantändligt material. Svårantändlighet är ett begrepp som beror av provningsmetod och tillhörande kriterier. I Sverige används den nordiska provningsmetoden NT FIRE 002 (identisk med SIS 024821) /20/, i Västtyskland en annan provningsmetod enligt DIN 4102 /21/. Inom ramen för den föreliggande undersökningen har svårantändligheten bestämts enligt de båda metoderna för samma cellplastmaterial med olika resultat. Jämförd med den västtyska metoden är den nordiska provningsmetoden ett förhållandevis trubbigt instrument.

Bestämmelsernas krav, att en icke obrännbar isolering avbryts med obrännbart material vid brandcellsbegränsningar, saknar relevans vid utvändigt applicerad tilläggsisolering. Denna åtgärd är motiverad, då det gäller invändig termisk påverkan. För ett utvändigt applicerat tilläggsisoleringssystem bestäms omfattningen av det område, som har den kraftigaste termiska påverkan, primärt av den utvändiga flammans storlek. Isoleringens reaktion härpå influeras ej på något avgörande sätt av ett eventuellt avbrott i isoleringen vid vertikala brandcellsbegränsningar.

Någon horisontell brandspridning i de undersökta cellplasterna kunde inte konstateras.

6.4.2 Byggnadstekniska råd

Resultat och erfarenheter från den utförda försöksserien medger ej, att några generella slutsatser kan dras för utformningen av olika typer av tilläggsisoleringssystem. Däremot har vissa byggnadstekniska råd kunnat utarbetas för systemen inom de olika grupperna.

Grupp 1

- Vertikala träreglar bör, om möjligt, undvikas.

- Beklädnad av plåt bör fästas i träreglar med så långa infästningsskruvar som möjligt.

- Som vindskydd är att föredra papper, fabriksklistrat mot isoleringen, framför asfaltimpregnerad papp häftad mot reglarna.

Grupp 2

- Ytputsen bör vara väl förankrad i grundputsen - t ex med hjälp av armeringsnät placerat så nära ytskiktet som möjligt.

Grupp 3

- Putsens egenskaper vid höga temperaturer, både mekaniska (speciellt strukturstabilitet) och förbränningstekniska, har större betydelse än tjockleken hos putsen.

- Om cellplasten skyddas tillräckligt, så att syre från luften inte kan underhålla förbränningen, har cellplastens brandegenskaper mindre betydelse. Cellplasten bör dock vara flamskyddsbehandlad för att vid en eventuell antändning inte medverka till en snabb brandspridning, utan helst självslockna.

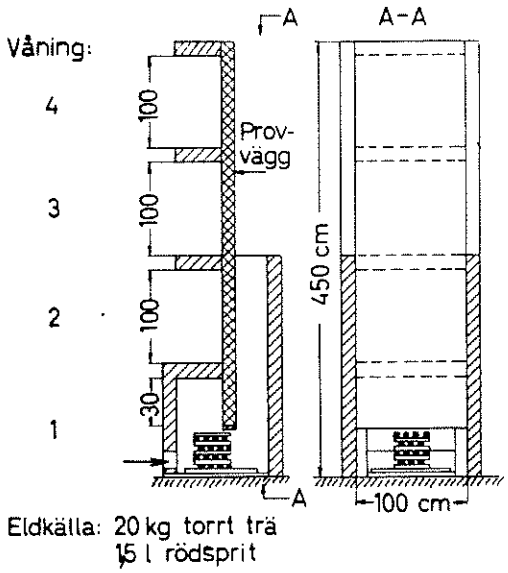
- Utformningen av fönsteromfattningarna skall vara genomtänkt med hänsyn till förutsebara påfrestningar vid brand. Speciellt bör hos tilläggsisoleringssystem med styrencellplast smygar (huvudsakligen de övre) skyddas med en stållist eller utformas så, att armeringen i putsen går runt isoleringen och fästs in i väggen. Hela smygen bör täckas med puts.

7 PROVNINGSMETODER

7.1 Svenska provningsmetoder

Som nämnts i 1.2, var en deluppgift för projektet, att korrelera resultaten från experimentserien i fullskala till hittills i Sverige tillämpad provningsmetod i laboratorieskala och vid behov utveckla nya funktionsbaserade provningsmetoder.

Den hittills tillämpade provningsmetoden för typgodkännande av fasadbeklädnadsmaterial och -produkter ur brandskyddssynpunkt beskrivs i Meddelande 124 från Statens provningsanstalt /22/.



Figur 7.1 Försöksanordning för provning av fasadbeklädnadsmaterial och -produkter enligt Meddelande 124 från Statens provningsanstalt /22/

Försöksanordningen framgår av figur 7.1. Före provningen monteras den fasadbeklädnadsprodukt - t ex ett utvändigt applicerat tilläggsisoleringssystem - i försöksanordningen på ett så praktiskt representativt sätt som möjligt. I den nedersta våningen, brandrummet, arrangeras en definierad brand med en brandbelastning, som består av 20 kg torrt trä och 1,5 l T-sprit.

Vid provningen mäts temperaturen i brandrummet och i specificerade

punkter framför fasadytan. Vidare görs visuella observationer av betydelse för en bedömning av fasadbeklädnadsproduktens brandbeteende. Den hastighet, som branden sprider sig med efter fasaden, och omfattningen av förstörd del av fasaden under provningen ger underlag för en bedömning och ett eventuellt typgodkännande av den provade produkten.

Provningsmetoden har utvecklats mot bakgrunden av resultat från fullskaleförsök, utförda 1958 /22/. Brandbelastningen utgjordes därvid av träribbstaplar. En sådan brandbelastning och tillhörande brandförlopp simulerade på ett relativt representativt sätt en rums- eller brandcellsbrand i dåtidens bostads- eller kontorslägenheter.

Som tidigare framhållits på flera ställen i den föreliggande rapporten, medför en brand i en brandcell med i dag modern inredning, karakteriserad av betydande inslag av syntetiska material, en väsentligt ökad utvändig termisk fasadpåverkan i förhållande till en renodlad träbränslebrand med brandbelastning i form av träribbstaplar. En likartad effekt ger brandbelastningskomponenter med stor exponerad yta, t ex brännbara beklädnader på vägg- och/eller takytor.

Vid den nu genomförda experimentserien i fullskala har använts en brandbelastning och en öppningsfaktor för brandrummet, som medför en termisk fasadpåverkan, som - något på säkra sidan - är representativ för verkliga lägenhetsbränder i t ex bostäder och kontor, i vilka ingår stora, brännbara innerytor och/eller modern inredning av syntnetiska material.

En jämförande analys visar, att den termiska fasadpåverkan, som gäller för den nu genomförda experimentserien i fullskala och som är representativ för dagens lägenhetsbränder, är väsentligt kraftigare än den, som en fasad blir exponerad för vid en fasadprovning i laboratorieskala. Nedskalning av flamhöjden vid fasadprovning i laboratorieskala medför en väsentligt tunnare flamma framför fasaden, vilket i sin tur innebär ett väsentligt mindre värmeflöde genom strålning mot fasaden.

Skillnaden i termisk påverkan har verifierats bl a i anslutning till en jämförande provning av en balkongkonstruktion i stål. Uppmätt ståltemperatur var därvid ungefär lika vid de båda provningarna alldeles intill fasaden. Längre ut från fasaden gav provningen i laboratorieskala en lägre ståltemperatur än fullskaleprovningen med en tempera-

turskillnad, som ökar med avståndet från fasaden. Skillnaden i termisk påverkan har också dokumenterats genom en jämförande provning av ett av tilläggsisoleringssystemen från grupp 3. Tilläggsisoleringssystemets brandbeteende var därvid markant olika vid de båda provningarna.

Försök har gjorts vid laboratoriet för Brandteknik vid Statens provningsanstalt att modifiera provningsmetoden i laboratorieskala så att den ger en för dagens lägenhetsbränder bättre representativ fasadpåverkan. Utöver svårigheterna att i laboratorieskala få en tillräckligt tjock flamma, har därvid också andra svårigheter konstaterats, bl a att

- vid en ökning av brandens intensitet, ökar även flammans höjd och en rimlig höjdproportion fasad-flamma kan inte uppnås,

- vid provning i laboratorieskala har provfasadens bredd alltför stor betydelse. Exempelvis kan ett system uppbyggt av styrencellplast och med beklädnad av keramiska plattor, fastsatta i bruk mot styrencellplasten, uppvisa påtagliga brandrisker vid provning i laboratorieskala genom att cellplasten smälter under plattorna över hela fasadbredden och plattorna ramlar ned. I fullskala skulle sannolikt endast det direkt flampåverkade området förstöras och inga påtagliga risker för nedfall identifieras.

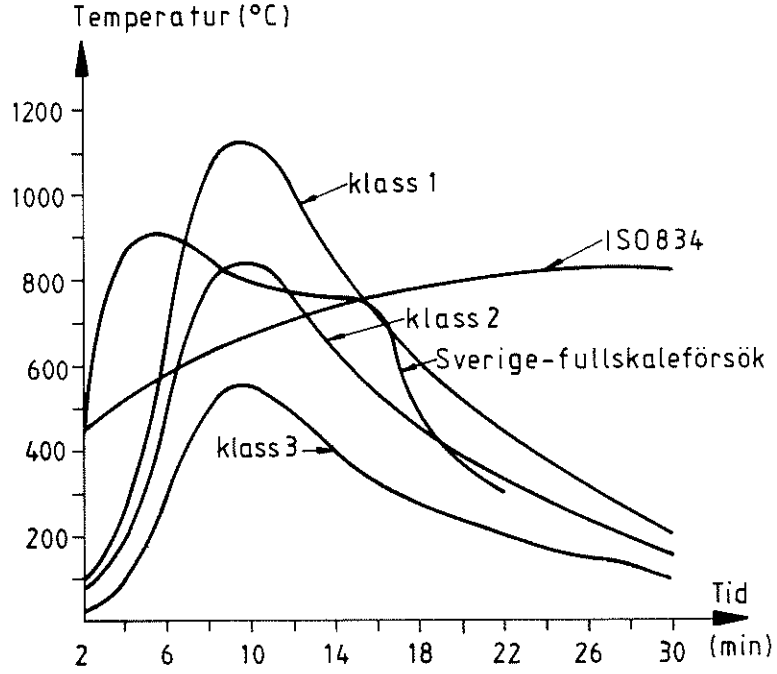
De icke framgångsrika försöken att modifiera provningsmetoden i laboratorieskala har lett till slutsatsen, att en provning för en bedömning av brandriskerna hos material och produkter, applicerade i eller utanpå en fasad - beklädnader, tilläggsisoleringssystem, fönster, balkonger mm - måste göras i fullskala. En laboratorieprovningsmetod i fullskala, SP A4 105 har därför utvecklats inom projektet vid Brandteknik vid Statens provningsanstalt i samarbete med Byggnadstekniskt brandskydd, LTH. Provningsmetoden är i väsentligheter ekvivalent med det provningsförfarande, som redovisas i avsnitt 4 och som tillämpats vid den här rapporterade undersökningen av brandriskerna hos utvändigt tilläggsisolerade fasader. I Appendix B bifogas en beskrivning av provningsmetoden. För en bedömning och ett typgodkännande av tilläggsisoleringssystem, som provas enligt den nyutvecklade metoden, SP A4 105, gäller de i avsnitt 6.1 formulerade provningskriterierna.

7.2 Utländska provningsmetoder

Internationellt varierar bedömningen av brandrisker hos fasadkonstruktioner, och därvid också hos tilläggsisolering på fasader, påtagligt från land till land.

I Västtyskland ställs krav enbart på ingående cellplastmaterial. För t ex en tilläggsisolering med puts skall isoleringsmaterialet uppfylla kravet på svårantändlighet, klass B1 enligt DIN 4102, Teil 1, /21/.

I Japan tillämpas för en bedömning av fasaders brandrisker en provningsmetod för brandprovning av obrännbara byggnadsdelar, JIS A 1302 /23/. Vid denna utsätts ett provföremål med dimensionerna 1.8 m x 1.8 m och som simulerar en representativ del av fasaden, i en ugn för ensidig brandpåverkan enligt en av ugnstemperaturkurvorna i figur 7.2. Valet av temperaturkurva bestäms förmodligen av den typ av byggnad (konstruktionsklass), som fasaden är avsedd att användas i.



Figur 7.2 Ugnstemperaturförlopp för brandteknisk provning av fasader i olika konstruktionsklasser 1-3 enligt japansk provningsmetod, JIS A 1302 /23/

I figuren jämförs dessa ugnstemperaturkurvor med dels den ugnstemperaturkurva sk standardbrandkurva, som används vid en brandteknisk provning av byggnadsdelar enligt ISO 834, dels en temperaturkurva, som

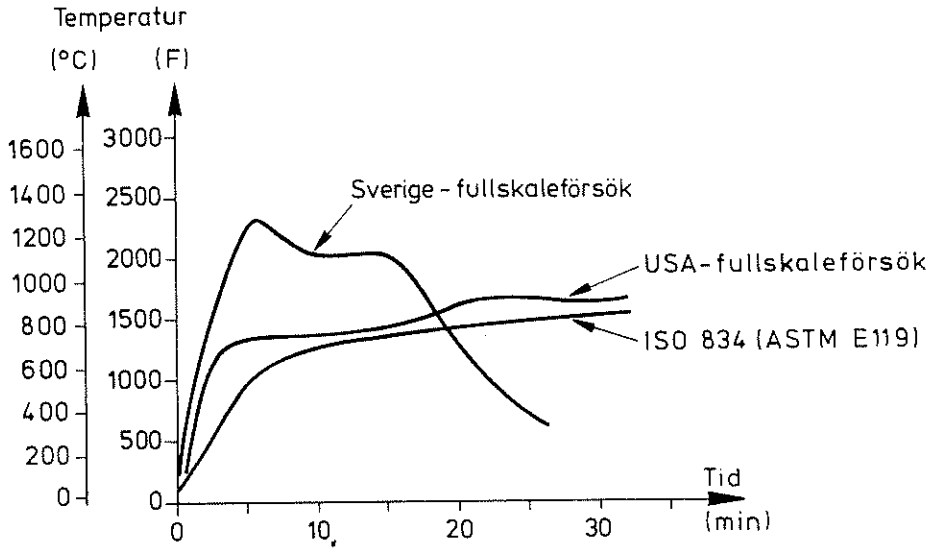
registrerats i en punkt 10 cm utanför fasaden strax ovanför fönstret från brandrummet vid ett av fullskaleförsöken genomförda i Lund.

I den japanska provningsmetoden mäts temperaturer på den från branden vända sidan och konstruktioner klassificeras i tre olika klasser efter arean under temperatur-tidkurvan, som inte får överstiga en viss gräns för respektive klass.

I USA baseras bedömningen av ett tilläggsisoleringssystems brandrisker på flera olika provningsmetoder. Den i detta sammanhang mest intressanta är en modifierad ASTM E-108 metod /24/, i vilken en ca 3 m hög vägg, tilläggsisolerad på i praktiken använt sätt, i sin nedre del utsätts för ett konstant värmeflöde av 20 kW/m². Denna påverkan avses simulera effekten av en rumsbrand vid övertändningstidpunkten. Metoden bygger på resultat från en fransk undersökning - se /24/.

En serie fullskaleförsök har utförts vid Southwest Research Institute i Texas /25/ med ytterväggar av sandwich-typ isolerade med mineralull, styrencellplast eller uretancellplast. Väggarna var ca 7 m höga, monterade i ett hörn av en tvåvåningsbyggnad med en fönsteröppning i den ena väggen. I nedersta rummet - brandrummet - antändes träribbstaplar. Branden styrdes så att temperaturen i brandrummet approximativt följde standardbrandkurvan enligt ASTM E 119 eller ISO 834. Påverkan mot fasaden svarar mot ett uppmätt, maximalt, totalt värmeflöde av 74 kW/m² på en nivå ca 90 cm ovanför fönstret i brandrummet. Brandspridning till ovanliggande våning studerades. Endast temperaturmätningar utfördes. Resultaten omfattar, förutom uppmätt temperatur, beskrivning av skador. I inget fall skedde någon genombränning av provade väggar i andra våningen.

I figur 7.3 jämförs temperaturkurva i brandrummet vid USA-fullskaleförsöken med dels den ugnstemperaturkurva, som används vid en brandteknisk provning av byggnadsdelar enligt ISO 834, identisk med ASTM E 119, dels en temperaturkurva, som registrerats i en punkt 10 cm under takcentrum i brandrummet vid ett av försöken vid undersökningen i Lund.



Figur 7.3 Temperaturutveckling i brandrummet vid ett av fullskaleförsöken vid Southwest Research Institute, Texas /25/

Med utgångspunkt från en analys av bl a dessa försök har Society of Fire Protection Engineers /26/ föreslagit krav som bör ställas på ytterväggar, isolerade med cellplaster. Häri ingår bl a ett krav på en övre gräns för den i väggen, i form av cellplast ingående värmemängden. Gränsen 6000 BTU/sq ft, vilket motsvarar 68 MJ/m² fasadyta, föreslås. 1 m² styrencellplast av tjocklek 10 cm och densitet 20 kg/m³ ger 84 MJ/m². För svenska förhållanden skulle ett sådant krav innebära stora begränsningar och har ej heller något stöd i resultaten från den i här föreliggande rapport redovisade experimentserien i full skala.

Inom CIBs (Conseil International du Batiment) brandkommission W14 har en internationell arbetsgrupp bildats, som har till uppgift att studera termisk påverkan mot fasad vid brand i flervåningsbyggnad, ytterväggars brandbeteende vid en sådan påverkan, relevanta provningsmetoder mm /27/. Resultaten av de svenska undersökningarna har förts vidare till arbetsgruppen.

REFERENSER

/1/ B. Elmarsson, Puts på tilläggsisolering, tio experimentbyggnadsprojekt för prov av olika metoder, BFR, T5:1979, Stockholm, samt Puts på tilläggsisolering, samordning av mätprogram mm, BFR, R120:1984, Stockholm

/2/ A. Nilson, L. Bäck, M. Fischer, C-G. Stadler, Energisparmöjligheter i befintlig bebyggelse, BFR, R143:1984, Stockholm

/3/ J. Ondrus, Brandrisker - utvändigt tilläggsisolerade fasader, Försöksprogram, LTH, Institutionen för Byggnadsstatik, IR80-1, Lund, 1980

/4/ J. Ondrus, 14 st delrapporter i serien Brandrisker - utvändigt tilläggsisolerade fasader, Byggnadstekniskt brandskydd, Lunds tekniska högskola, Lund, 1980-84

/5/ S. Yokoi, Study on the Prevention of Fire Spread Caused by Hot Upward Current, Report of the Building Research Institute No. 34, Tokyo, Japan, november 1960

/6/ V. Babrauskas, U. Wickström, Thermoplastic Pool Compartment Fires, Combustion and Flame 34, pp. 195-201, 1979

/7/ M.L. Bullen, P.H. Thomas, Compartment Fires with Non-cellulosic Fuels, Fire Research Station, Hertfordshire, England, 17th Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburg, pp. 1139-1148, 1979

/8/ A. Tewarson, Heat Release Rates from Samples of Polymethylmethacrylate and Polystyrene Burning in Normal Air, Factory Mutual Research Corporation, Norwood, Mass., USA, Fire and Materials, Vol 1, No 3, 1976

/9/ K.T. Paul, Characterization of the Burning Behaviour of Polymeric Materials, RAPRA, Shawbury, UK, Fire and Materials, Vol 8, No 3, 1984

/10/ A.C. Fernandez-Pello, Upward Laminar Flame Spread Under the Influence of Externally Applied Thermal Radiation, Combustion Science and Technology, Vol. 17, 1977, pp. 87-98

/11/ L. Nilsson, Brandbelastning i bostadslägenheter, Statens råd för byggnadsforskning (BFR), R34:1970, Stockholm

/12/ Kommentarer till Svensk Byggnorm, Brandteknisk dimensionering, 1976:1, Statens planverk, Stockholm

/13/ Kommentarer till Svensk Byggnorm, Kommentarsamling 1981, Statens planverk, Stockholm

/14/ A. Tewarson, Heat Rate in Fires, Factory Mutual Research Corporation, Norwood, Mass., USA, Fire and Materials, Vol 4, No 4, 1980

/15/ B. Fredlund, S.E. Magnusson, L. Nilsson, O. Pettersson, S. Strandberg, S. Thelandersson, Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i lättbetong, Svenska Brandförsvarsföreningen, Stockholm 1977

/16/ S. Bengtsson, T. Osterling, Brandskydd SBN 1980, Kompendium från SBF och Bygginfo, Stockholm 1981

/17/ B. Oscarsson, S. Lindqvist, Typhuskatalog för studier av vapenverkan i bebyggelse, Rapport C 20365-D4(A3), Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, augusti 1980

/18/ British Standard Guide to Fire Characteristics and Fire Performance of Expanded Polystyrene Used in Building Applications, BS6203:1982, BSI London

/19/ Betänkande av brandriskutredningen, Brand inomhus, SOU 1978:30, Stockholm

/20/ NT FIRE 002, SIS 024821, Provningsmetod för antändning av material i beklädnader och ytskikt

/21/ DIN 4102, Teil 1, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Mai 1981

/22/ Meddelande 124, Brandförsök med lätta icke bärande ytterväggar, Statens provningsanstalt, Stockholm 1958

/23/ Method of Fire Test for Noncombustible Structural Parts of Buildings, Japanese Industrial Standard JIS A 1302 - 1975

/24/ D.C. Creed, Fire Performance of Exterior Wall Insulation and Finish Systems, Fire Technology, 18/4, November 1982, pp. 332-338

/25/ J.J. Beitel, W.R. Evans, Multi-Storey Fire Evaluation Program, Final Report, Project No. 01-6112, Southwest Research Institute, Department of Fire Technology, San Antonio, Texas, USA, November 1980

/26/ D.W. Belles, Fire Hazard Analysis, Foam Plastic Insulation in Exterior Walls of Buildings, Society of Fire Protection Engineers, Boston, Massachusetts, USA, 1982

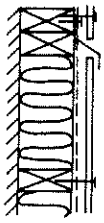
/27/ Chr. Hildebrand, Suggestion of a Workshop on Fire Behaviour of Exterior Walls, Academy of Building of the GDR, Institute for Building Materials, Leipzig, March 1984

APPENDIX A

TILLÄGGSISOLERINGSSYSTEM INGÅENDE I EXPERIMENTSERIEN

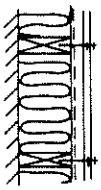
Grupp 1

A



- 95 mm glasull Gullfiber 3028, densitet 22kg/m³, mellan horisontella c/c 1500 mm och vertikala c/c 1000 mm träreglar 95 mm x 50 mm
- asfaltpapp AC 150/200 häftad mot reglarna
- trapetsprofilerad stålplåt TH 30 (Ahlsell), tjocklek 0,6 mm; PVF_2 lack 50 μ; (avskärningar av luftspalt under fönstren i 1:a och 2:a våningen).

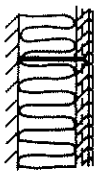
B



- 95 mm stenull Rockwool, RW 1367, densitet 40 kg/m³, mellan horisontella c/c 1500 mm träreglar 95 mm x 50 mm
- fabriksklistrat svårantändligt papper
- vertikalt profilerad aluminiumplåt TRP 20 (Korrugal) tjocklek 0,5 mm; metallack 16 μ.

Grupp 2

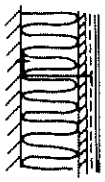
G+R-metoden



- 100 mm glasull Gullfiber, fasadskiva 1275, densitet 60 kg/m³
- 50 mm x 50 mm x 2 mm metallnät fastsatt med lättbetongspik
- 30 mm isolerande puts Rhodipor*), densitet 350 kg/m³
- 8 mm ytputs, densitet 1800 kg/m³.

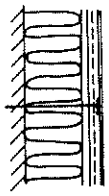
*) lätt isoleringsbruk med expanderade polystyrenkulor

tm - metoden



- 100 mm tm - kombi/80 mm mineralull Rockwool, densitet 80 kg/m³ + 20 mm träull, densitet 350 kg/m³
- 25 mm x 25 mm x 1.0 mm metallnät (även i fönstersmygar)
- infästning genom metallnätet med expander, vinkel och sprint
- 10 mm grovgrundning med murcementbruk
- 10 mm grovputs av kalkcementputs
- 8 mm ytputs

Serporock

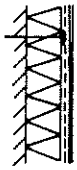


- 50-120 mm mineralull Rockwool, densitet ca 90 kg/m³
- rörliga fästelement (pendelkramlor), minimum 3 st/m², för infästning av mineralull och
- armeringsnät av metall 19 mm x 19 mm x 1.1 mm
- 10 mm grundskikt av kalkcementbruk KC 35/65/550, ca 15 kg/m²
- 22 mm ytskikt därav 15 mm cementbruk och 7 mm lättputs, ca 10 kg/m²

Systemet ingick i det ursprungliga urvalet, men bedömdes som riskfritt och provningen utgick till förmån för mer riskfyllda system, främst inom grupp 3.

Grupp 3

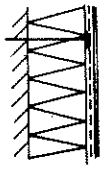
Cementa



- 60 mm uretancellplast Rectisol, densitet 35 kg/m³ fastsatt med klippspik och bricka i väggen
- glasfiberväv 3,5 mm x 3,5 mm (franskt fabrikat)
- 8 mm utjämningsbruk - plastmodifierat (sampolymer) cementbruk med 30% cement
- 2 mm kombinerad puts och färg, (vinyl)

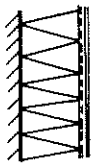
Obs! Stödlist av stålplåt (L-profil) i överkant av fönstret

ISO-FIN



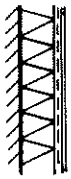
- 100 mm expanderad styrencellplast Sundolit och Beolit, båda av densitet 20 kg/m³
- infästningspluggar
- 19 mm x 19 mm x 1,05 mm metallnät fastsatt med kramlor i isoleringen (även i fönstersmygar)
- 6 mm glasfiberarmerad cementputs + putsfärg

ISPO-1



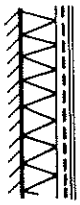
- klisterbruk av cement med organiska tillsatser
- 100 mm expanderad styrencellplast Sundolit, densitet 20 kg/m³
- glasfiberväv 4 mm x 4 mm
- 4 mm armeringsskikt av klisterbruk
- 3-4 mm konsthartsputs - akrylharts

ISPO-2



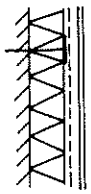
- klisterbruk av cement med organiska tillsatser
- 60 mm expanderad styrencellplast av tyskt fabrikat, densitet 20 kg/m³, B1 enligt DIN 4102
- glasfiberväv 4 mm x 4 mm
- 4 mm armeringsskikt av klisterbruk
- 3-4 mm konsthartsputs - akrylharts

ISPO-3



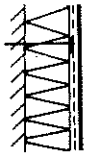
- klisterbruk av cement med organiska tillsatser
- 60 mm expanderad styrencellplast av tyskt fabrikat, densitet 15 kg/m³, B1 enligt DIN 4102
- mycket grov glasfiberväv 4 mm x 4 mm
- 13 mm mineralisk lättputs med fyllmedel Perlit (expanderat vulkaniskt material)

Termofasad



- 60 mm uretancellplast Purisol, densitet 35 kg/m³, fastsatt med pluggspik och bricka
- 2-3 mm grundputs av Decor-Cem, cementbaserad med 5% polymerbindemedel (akrylat)
- plastbelagd glasfiberväv
- 2 mm + 3 mm utstockning av Decor-Cem
- 2 mm ytputs av Decor-Cem

Varmotex



- 80 mm strängsprutad styrencellplast Roofmate /Dow Chemical/, densitet 32 kg/m³
- fästelement av metall samt plast
- 19 mm x 19 mm x 1.05 mm metallnät fastsatt med hakspik i isoleringen
- 7 mm glasfiberarmerad cementputs + putsfärg

Obs! 20 cm mineralullsremsor av Rockwool 389 vid bjälklag.

Yxhult

- 55 mm uretancellplast Rectisol, densitet 30-35 kg/m³, fastsättning genom plastpluggar med bricka kombinerat med klisterbruk
- 6 mm grundputs av sampolymer - vinyl med 30% cement
- plastat (45% PVC) glasfibernät 4 mm x 4 mm
- 2 mm dekorputs (vinyltyp) utan cement

Obs! Stödlist av stålplåt (L-profil) i överkant av fönstret

APPENDIX B

STATENS PROVNINGSANSTALT
National Testing Institute

METODBESKRIVNING SP A4 105 1 (3)

Datum/Our date 1985-07-18
Beteckning/Our reference Dnr 171-79-360
Ert datum/Your date
Ert beteckning/Your reference

Metodbeskrivning
(3 bilagor)

Syfte: Undersöka beteende och ökad brandspridningsrisk vid tilläggsisolering eller annan beklädnad på fasad vid brandpåverkan från utvändig flamma från en simulerad lägenhetsbrand.

1 UTRUSTNING

1.1 FASADUPPBYGGNAD

Utrustningen består av en 2 1/2 vånings fasadvägg (se bilaga 1 och 2) av lättbetong med bredd 4,0 m och höjd 6,8 m. I väggen ingår en fönsteröppning för brandrummet, två fönsternischer samt anordning som representerar en takfot (se bilaga 3).

Eldkällan i brandrummet utgörs av kärl med heptan (se bilaga 2). Kärlets bredd är 0,5 m, längd 2,0 m och djup 0,2 m. Mängden heptan är 60 l. Över kärlet placeras ett flamdämpande galler.

1.2 MÄTUTRUSTNING

1.2.1 Värmeflöde

Totala värmeflödet mäts med mätare med vattenkyld totalflödesmätare av Gardon-typ med detekterande yta ø ~ 10 mm och med en tidskonstant $\tau_{63\,\%} \leq 1$ s exempelvis typ FRS. Kalibrering av mätaren sker i ugn med kapacitet för effekten 150 kW/m². Normalt mäts endast värmeflödet i centrum av fönster i våning 2.

POSTADRESS Box 857, 501 15 BORÅS
Postal address
BESÖKSADRESS Brinellgatan 4
Office address
TELEFON 033-16 50 00
Telephone
TELEX 36252 testing s

STATENS PROVNINGSANSTALT
National Testing Institute

Datum/Our date
1985-07-18
Ert datum/Your date

Beteckning/Our reference
Metod SP A4 105
Er beteckning/Your reference

1.2.2 Temperaturer

Temperaturer i rökgaserna och på konstruktioner mäts med termoelement med tråddiameter ø 0,25 mm vilka svetsas eller tvinnas ihop.

Normalt mäts endast temperaturerna vid takfoten, se bilaga 3.

1.4 PROVBEREDNING

Material som skall provas appliceras på fasaden på ett för praktiken representativt sätt med hänsyn till bl a anslutning kring fönster. Provning av material som skall torka, härda e d utförs först efter erforderlig konditionering.

2 PROVNING

2.1 ALLMÄNT

Provningen startas genom att eldkällan antänds och avslutas då bränslet brunnit ut, ca 15 minuter. Ingen släckning sker.

2.2 MÄTNING

Värmeflödet och temperaturer registreras minst var 15:e sekund.

2.3 OBSERVATIONER

Under provningen görs observationer av ytflamspridning, huvudflamlängd och nedfall.

Efter provningen noteras utbreding av dold brandspridning genom studium av skador i bakomliggande material, exempelvis isolering bakom puts.

2.4 KALIBRERING

Vid provning utan beklädnad skall den utvändiga flamma ha en varaktighet av 10 min. Detta innebär att det uppmätta värmeflödet q i centrum av fönstret i vån 2 skall vara $15 < q < 75$ kW/m².

POSTADRESS
Box 857, 501 15 BORÅS
Postal address
BESÖKSADRESS
Brinellgatan 4
Office address
TELEFON
033-16 50 00
Telephone
TELEX
36252 testog S

STATENS PROVNINGSANSTALT
National Testing Institute

Datum/Our date
1985-07-18
Er datum/Your date

Beteckning/Our reference
Metod SP A4 105
Er beteckning/Your reference

3 KOMMENTARER

Utrustningen kan även användas för provning av balkonger, utfackningsväggar, fasadfönster mm. Tillämpningen för sådana produkter beskrivs i särskilda annex.

4 RAPPORTERING

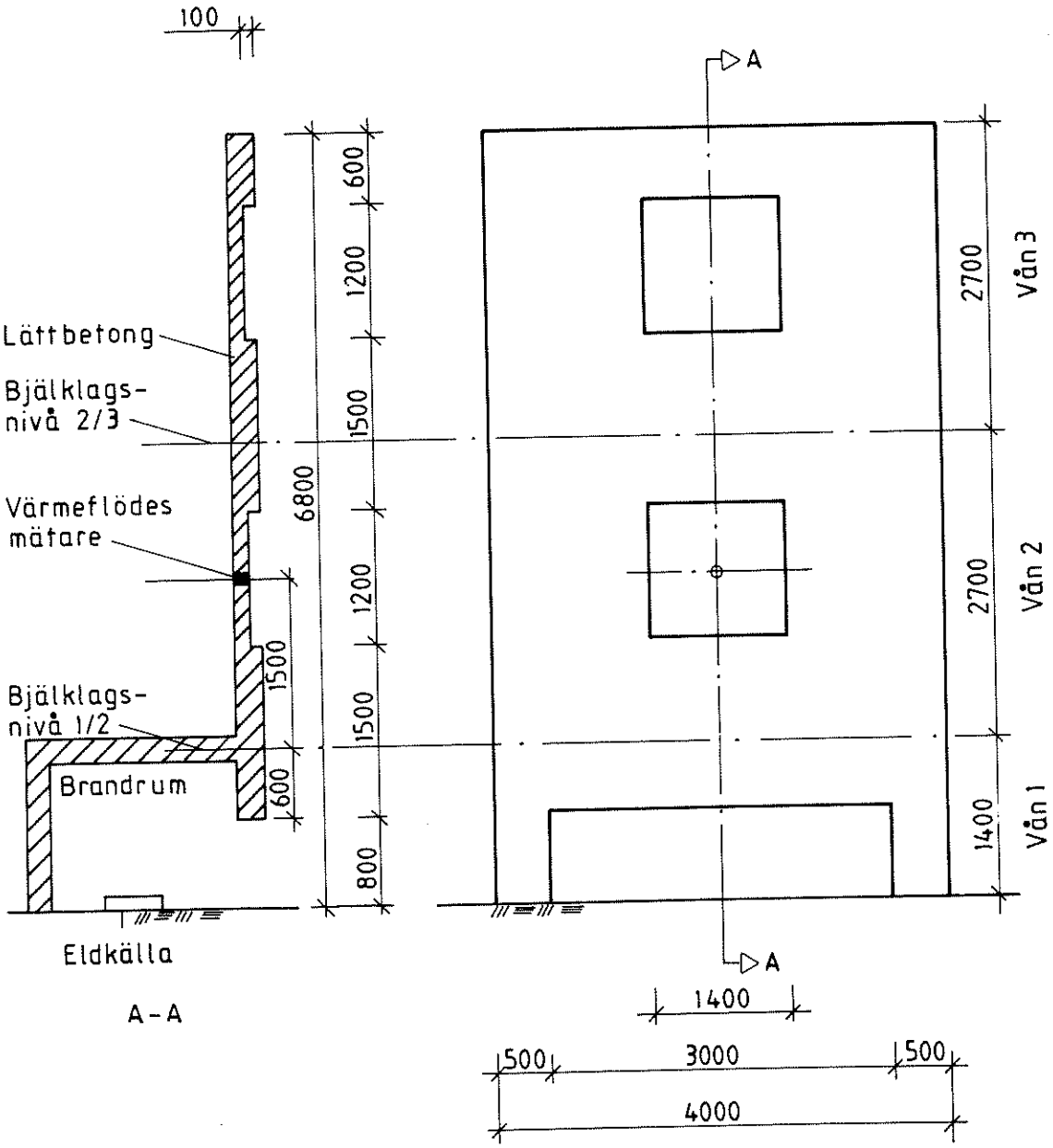
I rapporten skall anges

- provningsorganets namn
- beställarens namn
- provningens datum
- produktens beteckning
- produktens uppbyggnad (ritningar, beskrivningar, monteringsanvisningar)
- specifikation av ingående material
- redovisning av värmeflödesmätning och eventuell temperaturmätning i diagramform och i relation till kalibreringskurvor
- redovisning av observationer från provningen
- redovisning av observationer efter provningen
- uppritad skadebild

POSTADRESS
Box 857, 501 15 BORÅS
Postal address
BESÖKSADRESS
Brinellgatan 4
Office address
TELEFON
033-16 50 00
Telephone
TELEX
36252 Testing S

Bilaga 1

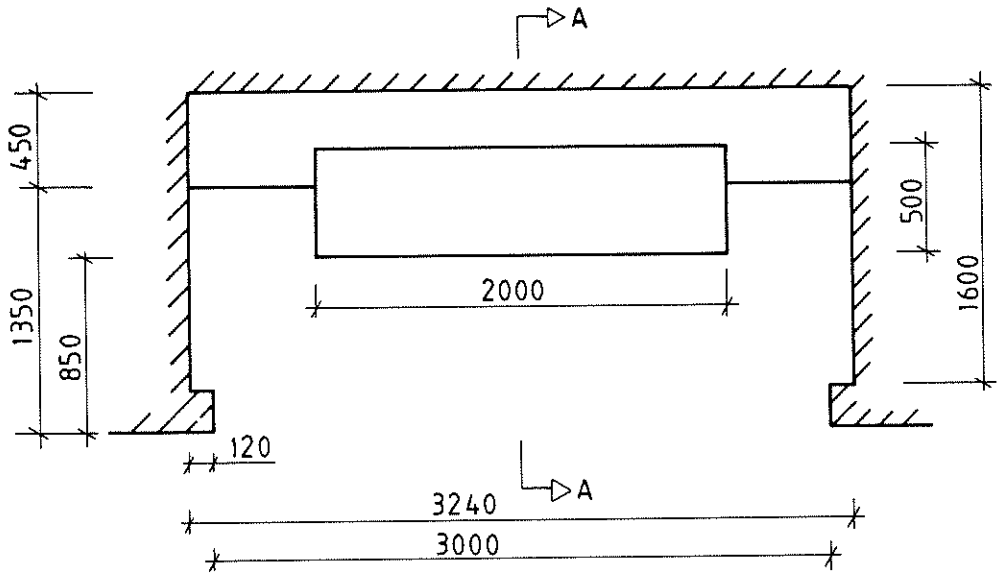
Metod SP A4 105

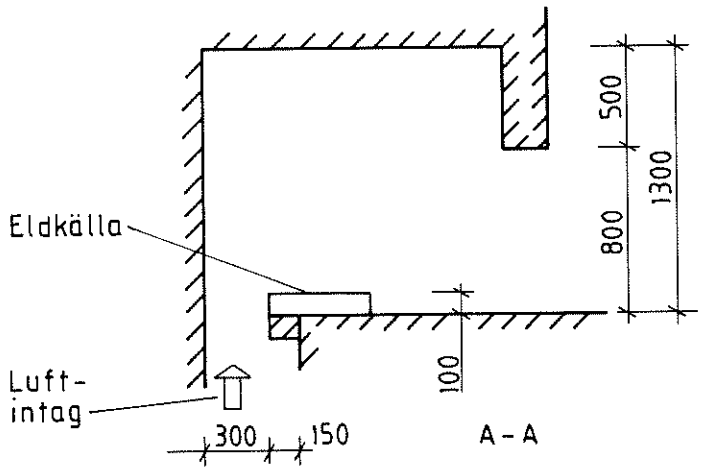


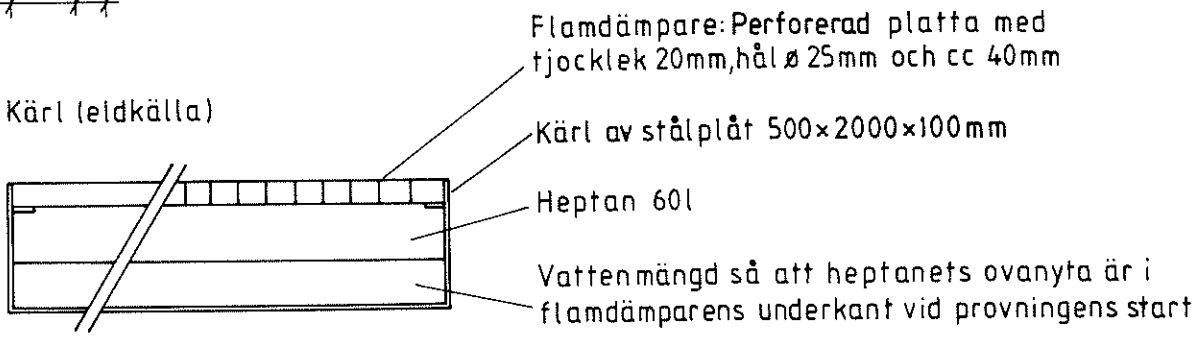
Brandrummet - bilaga 2
Takfot - bilaga 3

Bilaga 2

Metod SP A4 105



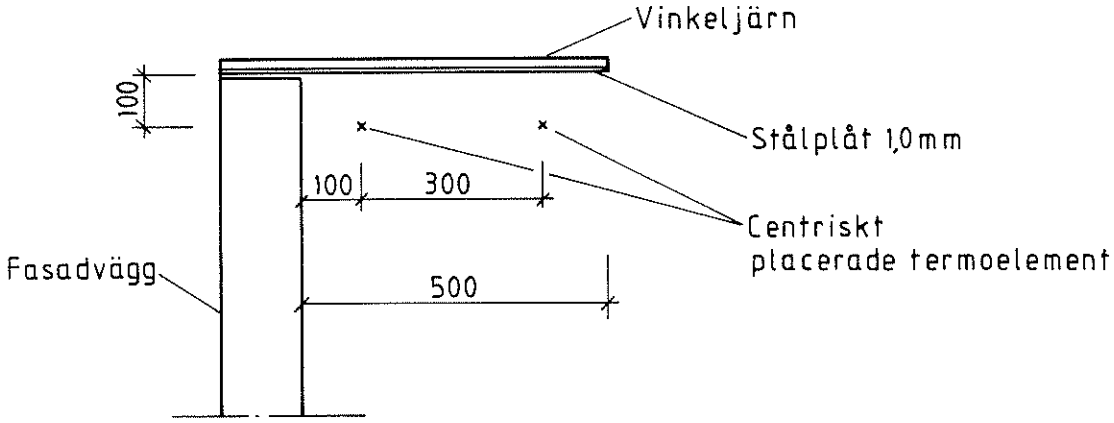




Bilaga 3

Metod SP A4 105

Takfot



STATENS PROVNINGSANSTALT
National Testing Institute

APPENDIX A TILL SP A4 105 1 (2)

Datum/Our date 1985-07-18
Ert datum/Your date rev 1986-03-12
Beteckning/Our reference Dnr 171-79-360
Er beteckning/Your reference

Metodbeskrivning
(1 bilaga)

Syfte: Tillämpning av metod SP A4 105 för att undersöka beteende hos balkongkonstruktion på fasad vid brandpåverkan från utvändig flamma från en simulerad lägenhetsbrand.

Referens: Metod SP A4 105.

1 UTRUSTNING

1.1 FASADUPPBYGGNAD

Som i ovan refererade metod.

1.2 MÄTUTRUSTNING

1.2.1 Värmeflöde

Enligt ovan refererade metod. Mäts normalt inte vid provning av balkong.

1.2.2 Temperaturer

Enligt ovan refererade metod. Mäts normalt inte.

1.3 BELASTNING

Vid provning av balkong skall denna belastas med en punktlast motsvarande 1,0 kN/m², dock lägst 2,0 kN, och som placeras centriskt i balkongens framkant, se bilaga 1.

1.4 PROVBEREDNING

Balkong monteras på ett för praktiken representativt sätt i bjälklaget mellan våning 1 och 2. Infästningar som inte blir utsatta för direkt påverkan från flammor kan utföras på annat sätt än vad som sker i praktiken. Dessa infästingar provas enligt pkt 2.4.

ad/2183D

POSTADRESS Box 857, 501 15 BORÅS
Postal address P.O. Box 857, S-501 15 BORÅS
BESÖKSADRESS Brinellgatan 4
Office address Brinellgatan 4
TELEFON 033-16 50 00
Telephone Int + 46 33-16 50 00
TELEX 36252 testing S
BANKGIRO 715-1053
Postgiro 15682-8

STATENS PROVNINGSANSTALT
National Testing Institute

Datum/Our date
1985-07-18
Ert datum/Your date

Beteckning/Our reference
Appendix A SP A4105
Er beteckning/Your reference

2 PROVNING

2.1 ALLMÄNT

Se refererade metod.

2.2 MÄTNING

Se refererade metod.

2.3 OBSERVATIONER

Under provningen görs observationer av antändning av brännbara delar, deformationer och nedfall av större delar.

2.4 KOMMENTARER

Vid bedömning av balkonger måste hänsyn tas till om vitala delar, exempelvis dragstag och infästningar, inte utsatts för sådan brandpåverkan som kan påräknas i praktiken. Som komplement kan provning av sådana detaljer ske enligt metod SIS 02 48 20 utgåva 2 (NT FIRE 005, ISO 834) under 30 minuter med representativ belastning.

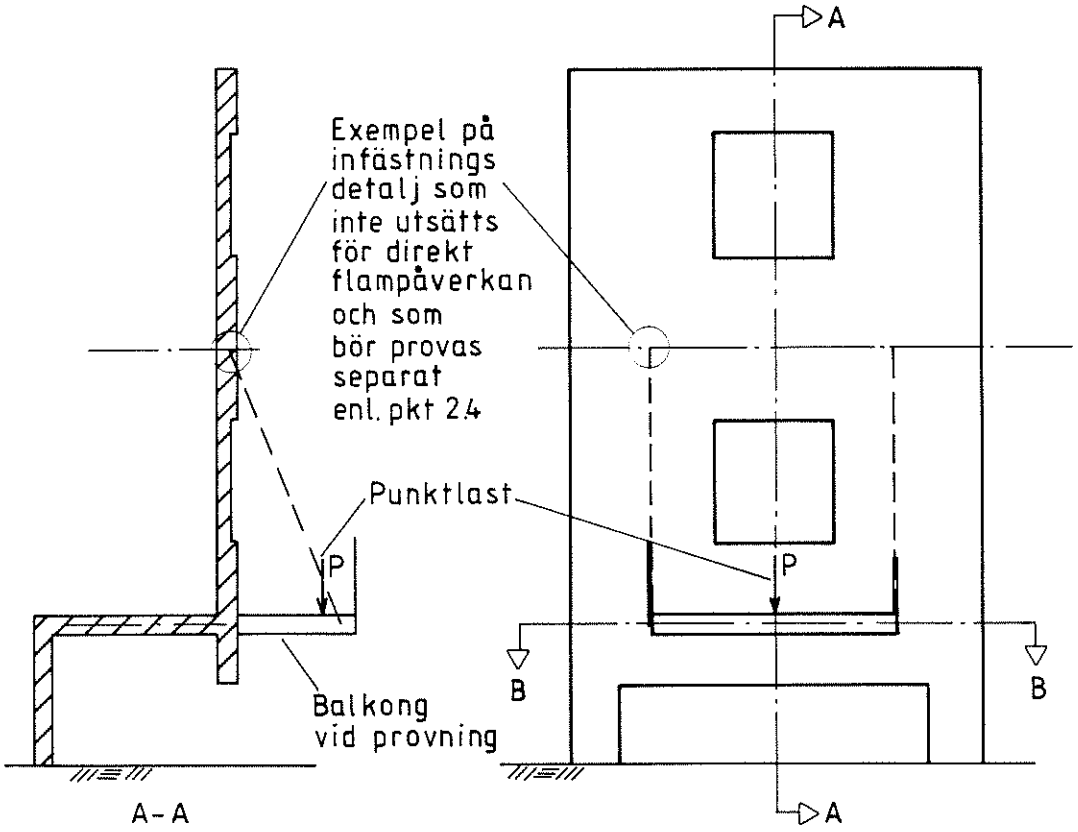
3 RAPPORTERING

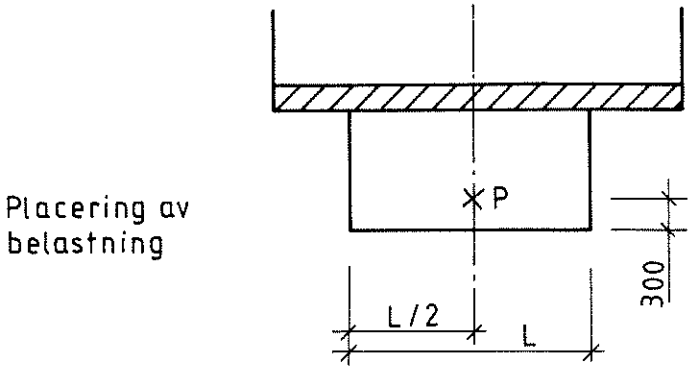
I tillämpliga delar enligt refererade metod.

POSTADRESS
Box 857, 501 15 BORÅS
Postal address
BESÖKSADRESS
Brinellgatan 4
Office address
TELEFON
033-16 50 00
Telephone
Int. + 46 33 16 50 00
TELEX
36252 testing S

Bilaga 1

Appendix A till metod SP A4 105





B-B

STATENS PROVNINGSANSTALT
National Testing Institute

APPENDIX B TILL SP A4 105

Datum/Our date
1986-02-05
Ert datum/Your date
rev 86-03-12

Beteckning/Our reference
Dnr 171-79-360
Er beteckning/Your reference

Metodbeskrivning

Syfte: Tillämpning av metod SP A4 105 för att undersöka beteende hos fönsterkonstruktion i fasad vid brandpåverkan från utvändig flamma från en simulerad lägenhetsbrand.

Referens: Metod SP A4 105.

1 UTRUSTNING

1.1 FASADUPPBYGGNAD

Som i ovan refererade metod.

1.2 PROVBEREDNING

Fönster monteras på ett för praktiken representativt sätt i öppning i våning 2 och 3.

2 PROVNING

2.3 OBSERVATIONER

Under provningen görs observationer av antändning av brännbara delar, deformationer och nedfall av större delar.

3 RAPPORTERING

I tillämpliga delar enligt refererade metod.

ad/2183D

POSTADRESS
Box 857, 501 15 BORÅS
Postal address
P.O. Box 857, S-501 15 BORÅS

BESÖKSADRESS
Brinellgatan 4
Office address
Brinellgatan 4

TELEFON
033-16 50 00
Telephone
Int + 46 33-16 50 00

TELEX
36252 testing S

BANKGIRO
715-1053
Postgiro
15682-8