



# LUND UNIVERSITY

## Byggnadsteknisk brandforskning i Sverige

Pettersson, Ove; Ödeen, Kai

1968

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Pettersson, O., & Ödeen, K. (1968). *Byggnadsteknisk brandforskning i Sverige*. (Bulletin of Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Bulletin 7; Vol. Bulletin 7). 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

**LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY · LUND · SWEDEN · 1968**  
DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS AND CONCRETE CONSTRUCTION - BULLETIN 7

OVE PETTERSSON – KAI ÖDEEN

**BYGGNADSTEKNISK BRANDFORSKNING I SVERIGE**

# English summary

## Building technological fire research in Sweden

*By O Pettersson and K Ödeen*

During the past fifty years the direct costs of fire damage in Sweden have been as shown in fig 1. In addition there are the indirect costs which can be estimated as being on a level with the direct costs.

Our qualified knowledge in fire technology is at present far too insufficient and this creates difficulties for a constructive and functional thinking and a proper performance in the fire protection and fire extinguishing.

During recent years, however, a systematic development and research work has been started in Sweden and is being built up to deal with building technological fire protection. It can be divided into the following approximate groups:

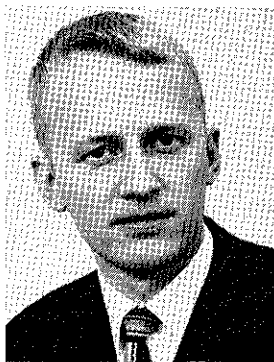
- Fire loading
- Fire development characteristics
- Structural material properties in the temperature regions covered by fire
- Temperature—time zone for fire-exposed structures
- Fire exposed structures' bearing capacity and static behavior.

The Fire Engineering Laboratory at the National Swedish Institute for Materials Testing, which is identical with the total resources in this country is, however, today in the questions of space, equipment and personnel resources in a remarkable way inferior to those in practically all other countries in the world.

UDK 620.193.5  
699.81



Professor Ove Pettersson,  
Institutionen för byggnads-  
statik, LTH



Tekn dr Kai Ödeen, Statens  
provningsanstalt, Stockholm

Vårt kvalificerade vetande inom brandområdet är i hög grad otillräckligt. Detta leder till kostnadskrävande överdimensioneringar, som för Sveriges del kan uppskattas ge merkostnader på 100-tals miljoner kronor årligen. Trots detta är landets forskningsresurser inom brandområdet undermåliga. Det finns endast ett brandtekniskt laboratorium, som dessutom i fråga om lokaler, utrustning och personalomfattning är underlägset de flesta andra brandtekniska laboratorier i världen. Ett nytt laboratorium är emellertid till vissa delar detaljplanerat men ännu saknas medel att uppföra det.

Under den senaste 50-årsperioden har den årliga kostnaden för de direkta brandskadorna i Sverige utvecklats enligt en tidskurva som för 1915 ger 15 Mkr, 1925 35 Mkr, 1945 55 Mkr, 1955 120 Mkr och 1965 200 Mkr (bild 1). Till de direkta kommer de indirekta brandskadekostnaderna från driftstörningar, driftstopp, missade konjunkurer, förlust av människoliv, arbete och bostäder. Dessa indirekta kostnader är svåra att mera noggrant beräkna men kan grovt uppskattas till värden i paritet med kostnaderna för de direkta brandskadorna. Den årliga kostnaden för förebyggande brandskydd uppgår till cirka 2 procent av investeringsvolymen för byggnader, eller till cirka 200 Mkr. I släckande statligt och kommunalt brandskydd investeras i Sverige för närvarande årligen 150–200 Mkr, var till kommer kostnader för industribrandskydd, sprinkleranläggningar etc. Läggts här till kostnaderna för den till brandförsäkringsväsendet hörande administrationen, erhålls för de årliga totala brandskydds- och brandskadekostnaderna i Sverige det starkt ungefärliga värdet 1 1/4 miljard kronor.

Mot bakgrunden av denna kostnadsredovisning inställer sig naturligen frågan: Är det nuvarande kunskapsunderlaget sådant att en kvalificerad dimensionering och utformning av det förebyggande och släckande brandskyddet i normalfallet är möjlig? Svaret på denna fråga måste i dag tyvärr bli ett klart nej.

## Nuvarande forskning otillräcklig

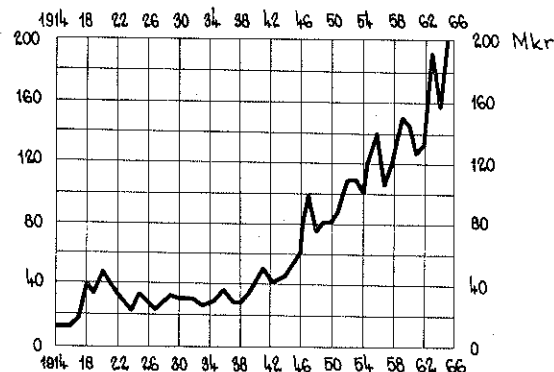
Karaktäristiskt för brandforskningen har hittills varit en extrem knapphet på teoretiska arbeten och, på den experimentella sidan, en stark dominans av begränsade provningar, från vilka väsentliga uppgifter kan hämtas för testat material eller testad konstruktion men däremot ordinarie inga allmän-giltiga slutsatser kan dras. Mera systematiska, lång-

siktiga forskningsarbeten har hittills varit tunn sådda i litteraturen inom området.

Som en följd härav är vårt kvalificerade vetande inom brandområdet för närvarande i hög grad otillräckligt, vilket i dag skapar stora svårigheter för en konstruktivt-funktionellt genomtänkt och riktig utformning av det förebyggande och släckande brandskyddet. Förhållandet framtvingar ett på schablonmässiga föreskrifter och rekommendationer och på enkla tumregler baserat dimensioneringsförfarande, som i flertalet fall resulterar i kostnadskrävande överdimensioneringar samt kostnadsfördelningar inom det totala brandskyddsområdet som kan ligga långt från de optimala. Det kan bedömas som sannolikt att nuvarande onyanserade dimensioneringsförfarande i förhållande till ett funktionellt mer korrekt förfarande innebär årliga kostnadstillskott som för Sverige kan räknas i 100-tals miljoner kronor.

## Internordiskt forskningssamarbete

Från svensk sida har under de senaste åren principer angivits för ett för det förebyggande brand-



1  
Omfattning av årliga kostnader för de direkta brandskadorna i Sverige för perioden 1914–1965

Extent of annual costs for the direct fire-damage in Sweden for the period 1914–1965

skyddet mer kvalificerat dimensioneringsförfarande, vilket kan bedömas som uppnåeligt genom ett rimligt omfattande forsknings- och utvecklingsarbete [1], [2]. För att underlätta ett med hänsyn härtill målmedvetet val av forskningsuppgifter och för att samtidigt också stimulera till en rationell forsknings-samverkan över nationsgränser, har inom Nordiska Brandlaboratoriernas Samarbetskommitté (NBS) och inom Nordiska Samarbetsgruppen för Nordiska Byggnadsforskningsmöten (NBM) utarbetats ett långsiktigt program för nordisk brandteknisk forskning [3].

Inom ramen för detta program har i Sverige under de senaste åren ett mer systematiskt forsknings- och utvecklingsarbete börjat byggas upp inom området byggnadstekniskt brandskydd.<sup>1</sup> Härvid har tyngdpunkten lagts på sådana frågor som har väsentlig betydelse för bärande och avskiljande konstruktioners brandmotstånd.

### Forskningsarbetets huvudpunkter

För närvarande i Sverige pågående och planerade arbeten inom den byggnadstekniska brandforskningen kan i stort delas upp i följande huvudgrupper, vilka samtidigt utgör väsentliga etapper i en kvalificerad brandteknisk dimensionering av bärande och avskiljande konstruktioner:

- Brandbelastning
- Brandförloppskaraktäristik
- Konstruktionsmaterialens egenskaper inom för brand aktuellt temperaturområde
- Temperatur-tidfält för brandpåverkade konstruktioner
- Brandpåverkade konstruktioners bärförmåga och statiska verknings sätt.

Nedan exemplifieras pågående och planerade svenska brandforskningsuppgifter inom områdena brandbelastning, brandförlopp samt temperatur-tidfält och bärförmåga för brandpåverkade konstruktioner.

### Brandbelastning

Som primärt krav för en brandbelastningskaraktärisering måste gälla att den så fullständigt beskriver de förbränningstekniska förutsättningarna för en brand att dennas temperatur-tidförlopp med tillfredsställande noggrannhet skall kunna förutberäknas. Den brandbelastningskaraktärisering som för närvarande tillämpas i olika länders föreskrifter och rekommendationer och som anger brandbelastningen såsom den mot förekommande mängd brännbart material svarande, värmevärdemässigt

ekvivalenta mängden trä i kg per m<sup>2</sup> golvyta av brandcellen, uppfyller icke detta primärkrav. Ett sådant redovisningssätt är alltför onyanserat och därutöver förbränningstekniskt oegentligt genom att storheten bränslemängd per golvyteenhets saknar fysikalisk innebörd som för ett brandförlopp karaktäristisk parameter. Redovisningssättet får därför ses som en temporär lösning, som snarast bör överges till förmån för ett förbränningstekniskt bättre underbyggt förfarande.

Ett steg i denna riktning har tagits dels i den nya svenska försöksnormen för bärande aluminiumkonstruktioner [4], dels i Svensk Byggnorm 67 [5] genom övergången till att ange brandbelastningen för en brandcell såsom den sammanlagda värmemängd  $q$  (Mcal/m<sup>2</sup>) som, refererad till en ytenhet (m<sup>2</sup>) av brandcellens totala omslutningsyta  $A_t$  (m<sup>2</sup>), frigörs vid en fullständig förbränning av allt brännbart material i brandcellen — inklusive byggnadsstomme, inredning, beklädnad och golvbelägg.

För att en brands temperatur-tidförlopp med hänsyn till brandbelastningen skall bli entydigt bestämt, fordras utöver uppgift om den sammanlagda värmemängden  $q$  för en brandcell också uppgifter om tidvariationen för förbränningshastighet samt flammors och rökgasers strålningstal.

### Statistisk undersökning

Med av FOA för civilförsvarsändamål räknad statistik som underlag pågår i Sverige för närvarande ett studium av alternativa möjligheter för en nyanserad och kvalificerad brandbelastningskaraktärisering.

Det föreliggande statistiska underlaget omfattar noggranna data rörande inredning och möblering, rumsgeometri, fönsters och dörrars placering och storlek samt material i väggar, golv och tak för 162 sovrum och 133 vardagsrum med som gemensamt karaktäristikum en fönstervägg. Rummen ingår i 120 slumpmässigt utvalda bostadslägenheter, av vilka 50 är belägna i Stockholms innerstad och 70 i Stockholms förorter. Lägenheterna har utvalts i flerlägenhetshus av murad eller gjuten typ.

Som exempel på hittills framtagna resultat återges i bild 2 statistiskt beräknade diagram av i huvudsak civilförsvarstekniskt intresse [6]. Diagrammen visar hur vid värmestrålning vinkelrätt mot fönstervägg den procentuella andelen antända föremål  $a$  i vardagsrum och sovrum för innerstad (bild 2 A) respektive förort (bild 2 B) växer fram med värmebestrålningens mängd  $Q_{20}$  cal/cm<sup>2</sup> från en kärnexplosion med explosionsstyrkan 20 kt. Kurvsambanden ger liten skillnad i karaktäristika mellan innerstad och förort, vad gäller sovrum. För vardagsrummen däremot uppvisar kurvsambanden väsentlig avvikelser i antändningssannolikhet för innerstad och förort. Skillnaden beror i huvudsak på att relativt svårantändliga grova ylletyger dominerar möbel-

<sup>1</sup> Ekonomiska bidrag till forskningsuppgifterna har i första hand givits genom Brandförsäkringsbolagens forskningsnämnd, byggnadsstyrelsen, Försvarets forskningsanstalt (FOA), Statens provningsanstalt, Statens råd för byggnadsforskning och Städernas försäkringsbolag.

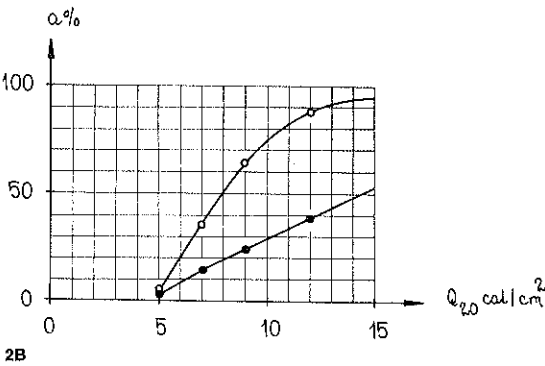
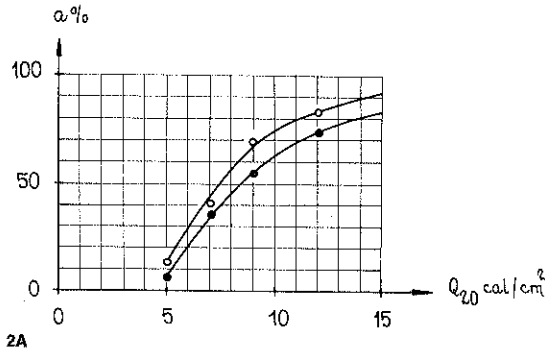
2

Samband mellan procentuell andel antända föremål a i vardagsrum och sovrum för innerstad (A) respektive förort (B) och värmebestrålningens mängd  $Q_{20}$  vid värme-strålning vinkelrätt mot fönstervägg från kärnexplosion med explosionsstyrkan 20 kt [6]

- = vardagsrum
- = sovrum

Relationship between the percentage part of ignited objects a in living rooms and bedrooms for the inner town (A) and for suburbs (B) and the heat radiation quantities  $Q_{20}$  for heat radiation plane to a window wall from a nuclear explosion of strength 20 kt [6]

- = living room
- = bedroom



klädseln i förrtsovardagsrummen, medan i innerstadens vardagsrum tunnare tyger, ofta av bomull, är vanliga.

### Brandförlopp

I det följande redovisas fyra undersökningar rörande brandförlopp. De två första avser slutet rum respektive i för bostadslägenheter representativa rum och rumskombinationer, den tredje brand- och rökspridning längs fasad och längs vertikala ventilationskanaler i flervåningsbyggnad och den fjärde arkivlokalers motståndsförmåga mot brand.

### Studium av brandförlopp i slutet rum

I en för ändamålet vid institutionen för konstruktionslära vid KTH uppförd betongelementtunnel av halv-cylindrisk form med 20 cm tjock betongvägg, 75 m<sup>2</sup> total omslutningsyta och 46 m<sup>3</sup> innesluten volym har sedan 1962 en systematisk bestämning pågått av de till brandförloppets olika faser (antändningsfas, flamfas, glödfas och avsvalningsfas) hörande temperatur-tidkurvorna vid bränder med noggrant kontrollerade förutsättningar. Försöksserien har omfattat dels träbränsle, dels flytande bränsle (fotogen). Utöver bränsletyp har vid försöksserien också bränslemängd, bränslets finfördelning samt per tidsenhet tillförd volym förbränningsluft varierats. Den senare har reglerats och uppmätts genom vid tunnelns båda ändar placerade förkallbrerade fläkt-system.<sup>2</sup>

Fragmentariska resultat från undersökningen har tidigare givits i [1], [2] och [7]. Som ytterligare exemplifiering redovisas här genom bild 3 variationen med per tidsenhet tillförd volym förbränningsluft (bild 3 B) av brandförloppets maximala rökgas-temperatur  $\theta_{max}$  samt av ytterligare två brandförloppskaraktäriserande storheter  $A_{fl}$  och  $A_{gl}$ , definierade som innesluten yta mellan temperatur-tidkurvan  $\theta-t$  och tidsaxeln  $t$  inom området  $t = 0$  till  $t$  svarande mot  $1/2 \theta_{max}$  respektive  $1/4 \theta_{max}$  på temperatur-tidkurvans nedåtgående del (bild 3 A). Approximativt markerar därvid dessa båda sist-nämnda tidpunkter slutet av brandförloppets flamstadium respektive glödstadium.

Av diagrammet framgår att vid i övrigt konstanta förutsättningar en ökning av mängden per tidsenhet tillförd förbränningsluft medför en kontinuerlig minskning av storheterna  $A_{fl}$  och  $A_{gl}$ , vilket är en effekt av ett tidsmässigt successivt reducerat brandförlopp. För  $\theta_{max}$  medför en ökning av mängden tillförd förbränningsluft inom området 0–0,75 m<sup>3</sup>/s en kontinuerlig höjning upp till cirka 900°C. Vid ett förbränningsluftflöde av cirka 0,75 m<sup>3</sup>/s är förbränningen inom flamstadiets mest intensiva skede fullständig, och en ytterligare ökning av för-

3

A. Brandförloppets temperatur-tidkurva, definierande maximal gastemperatur  $\theta_{max}$  samt gastemperaturvärdena  $1/2 \theta_{max}$  och  $1/4 \theta_{max}$  för kurvans nedåtgående del. B. Variationen med per tidsenhet tillförd volym förbränningsluft  $Q$  av

$$\theta_{max} \text{ samt } A_{fl} = \int_0^{\theta_{max}} \theta dt$$

$$\text{och } A_{gl} = \int_0^{1/4 \theta_{max}} \theta dt.$$

$M = 675 \text{ kg}$   
 $r = 0,01 \text{ m}$  (hydraulisk radie för bränslet)

$x = \theta_{max}$   
 $\odot = A_{gl}$   
 $\oplus = A_{fl}$

The temperature time curve from the development of a fire, defined as maximum gas temperature  $\theta_{max}$  and gas temperature values  $1/2 \theta_{max}$  and  $1/4 \theta_{max}$  for the descending part of the curve.

B. The variation per time unit added volume combustion air  $Q$  of

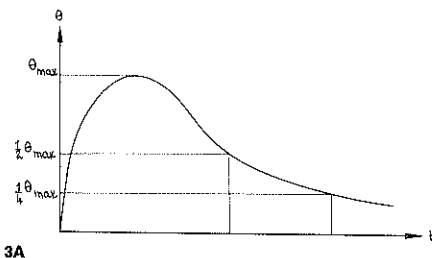
$$\theta_{max} \text{ and } A_{fl} = \int_0^{1/2 \theta_{max}} \theta dt$$

$$\text{and } A_{gl} = \int_0^{1/4 \theta_{max}} \theta dt.$$

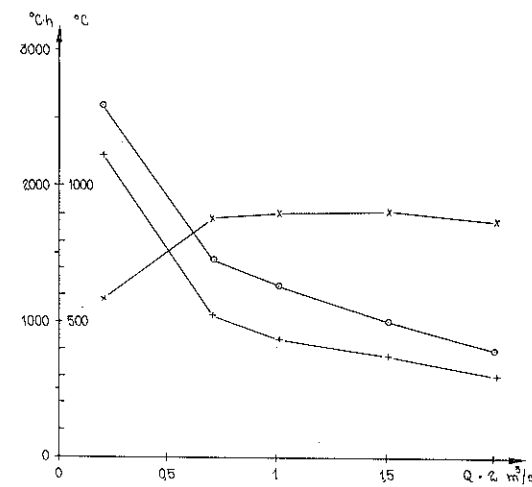
$M = 675 \text{ kg}$   
 $r = 0,01 \text{ m}$  (hydraulic radius of the fuel)

$x = \theta_{max}$   
 $\odot = A_{gl}$   
 $\oplus = A_{fl}$

<sup>2</sup> Undersökningen, som leds av tekn dr Kai Ödeen, kompletteras i sin experimentella del av en parallell teoretisk behandling.

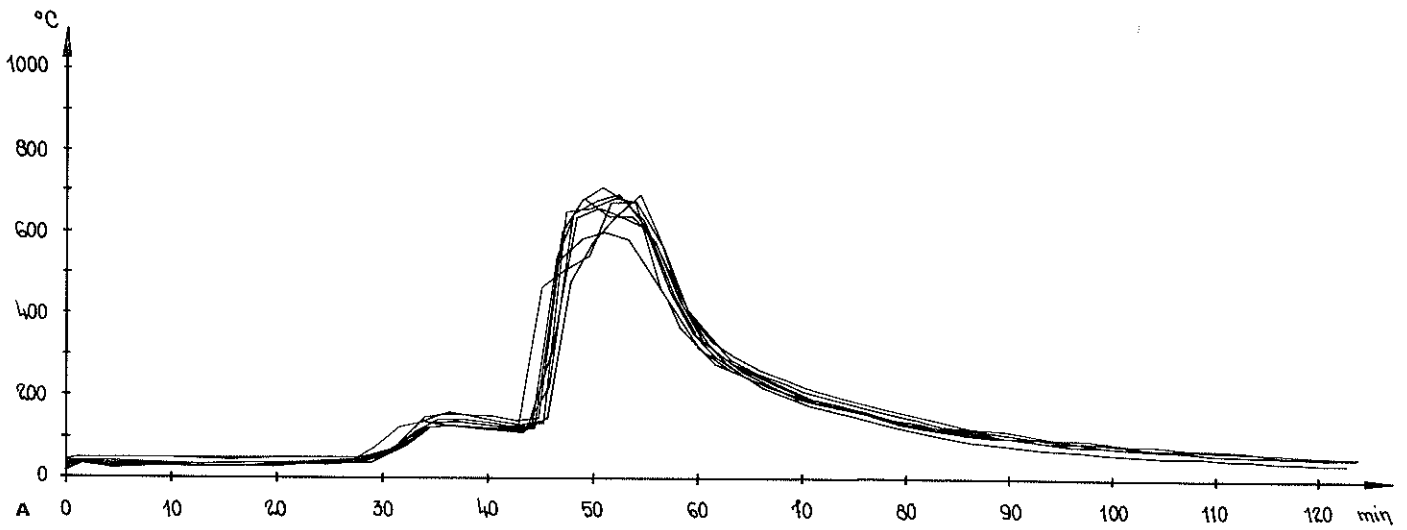


3A

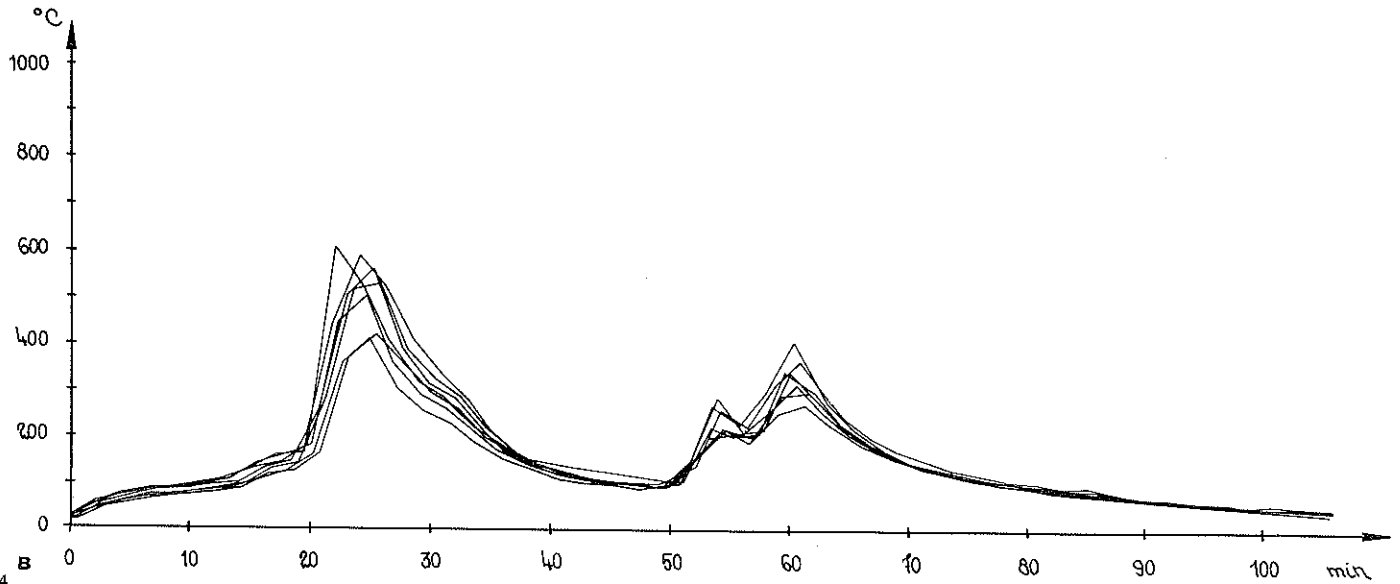


3B

Temperatur



Temperatur



I olika punkter av tvåpersoners- respektive enpersonssovrum med karaktäristiska enligt nedan bestämd tidsvariation av brandgastemperaturen (Sjölin).

A. (försök 52)

Tvåpersonssovrum 10,4 m<sup>2</sup>

Brandbelastning: 17,3 kg/m<sup>2</sup> g y  
3,5 kg/m<sup>2</sup> o y

Fönsteryta: 1,16 m<sup>2</sup>

B. (försök 51)

Enpersonssovrum 10,4 m<sup>2</sup>

Brandbelastning: 12,0 kg/m<sup>2</sup> g y  
2,4 kg/m<sup>2</sup> o y

Fönsteryta: 1,16 m<sup>2</sup>

The determined fire gas temperature at different points in two-persons and one-person bedrooms respectively having characteristics as below (Sjölin)

A. (Test 52)

Two person bedroom 10.4 m<sup>2</sup>

Fire load: 17.3 kg/m<sup>2</sup> floor area  
3.5 kg/m<sup>2</sup> total area

Window area: 1.16 m<sup>2</sup>

B. (Test 51)

One-person bedroom 10.4 m<sup>2</sup>

Fire load: 12.0 kg/m<sup>2</sup> floor area  
2.4 kg/m<sup>2</sup> total area

Window area: 1.16 m<sup>2</sup>

bränningsluftflödet ger därför ej någon ytterligare tillväxt i maximal rökgastemperatur  $\theta_{max}$ .

### Brandspredning och brandförlopp i »bostadslägenhet»

På uppdrag av FOA har i ett försökshus i Rosersberg under ledning av rektor Vilhelm Sjölin en försöksserie genomförts som består av ett detaljerat studium av brandspredning och brandförlopp i rum och rumskombinationer med för bostadslägenheter representativ utformning och möblering. Rumsgeometri och möblering har därvid valts på grundval av det tidigare summariskt beskrivna statistiska underlaget för möblering och inredning av förorts- och innerstadslägenheter i Stockholm.

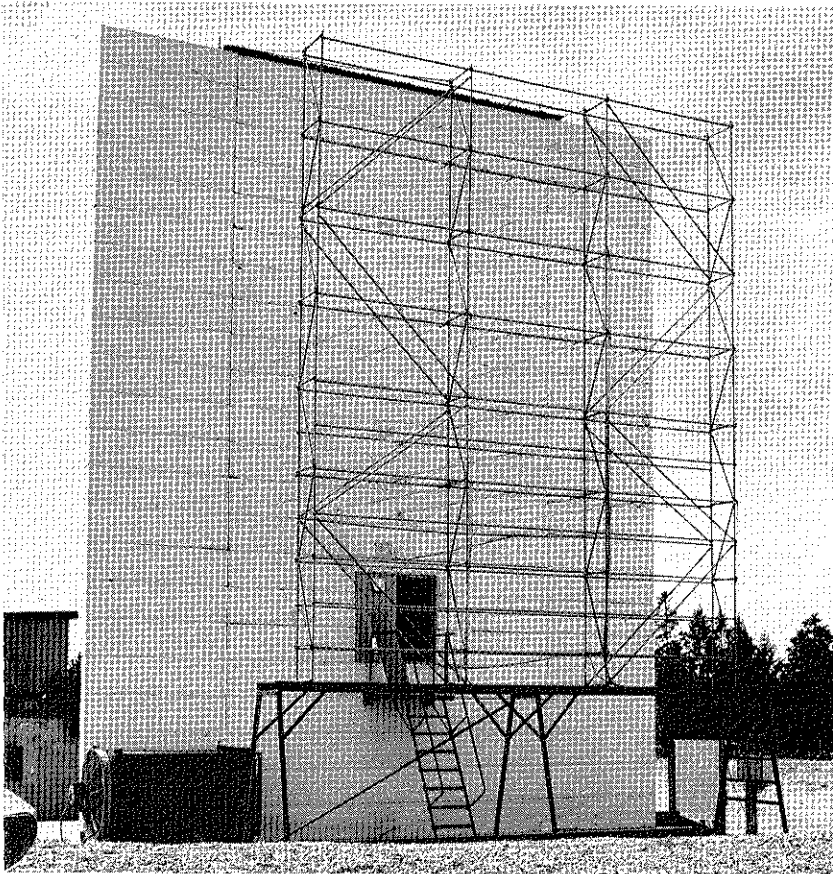
Försökshuset har bjälklag av betong samt väggar av betong och lättbetong och har en mycket flexibel uppbyggnad som möjliggör rums- och lägenhetsbildning med betydande variationer i skalorna 1 : 1, 1 : 2 och 1 : 4.

Vid försöksserien har tidsvariationer av temperatur, strålning, gassammansättning samt förbrännings-

hastighet registrerats. Bild 4 illustrerar de erhållna resultaten. I diagrammen redovisas registrerade temperatur-tidkurvor för brandgaserna i olika punkter av brandrummet för brand i ett enpersoners- respektive tvåpersonerssovrumsrum med karaktäristiska enligt bildtexten. För tvåpersonerssovrumsrummet ger brandbelastningen en övertändning efter cirka 45 min. Maximal brandgastemperatur uppgår därvid till 600–700°C. För enpersonerssovrumsrummet erhållna tvåpuckliga temperatur-tidkurvor med väsentligt lägre maximal brandgastemperatur (400–600°C) än för tvåpersonerssovrumsrummets brandförlopp visar att det föras brandbelastning är alltför gles för att en övertändning av rummet skall kunna möjliggöras.

### Brand- och rökspredning längs fasad och ventilationskanaler

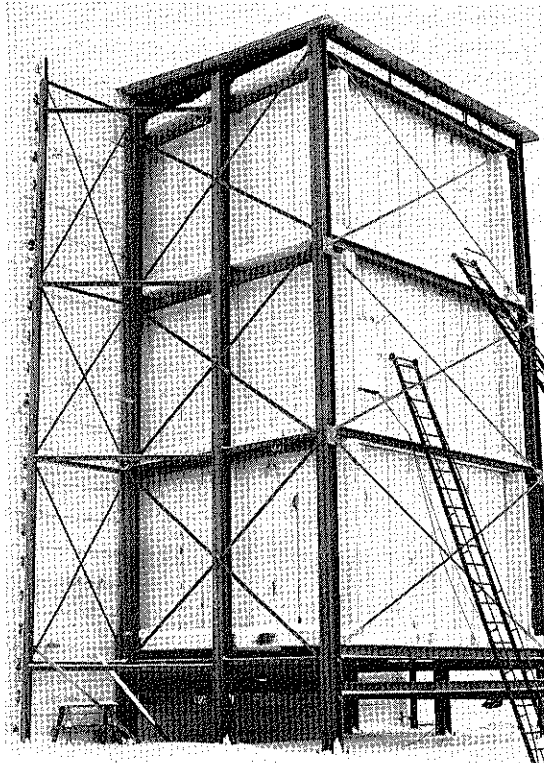
För att i framtiden en bedömning av en fasad eller en vertikal ventilationskanal med avseende på brand- och rökspredningsrisk skall kunna bli möjlig utan den mycket omfattande fullskaleprovning som i dag är nödvändig i varje enskilt fall, fordras en syste-



5

Försökshus för studium av brand- och rökspridning längs fasad och längs vertikal ventilationskanal vid brand i distinkt våning av fler-våningsbyggnad

Test building for the study of fire and smoke spread along the outer walls and along vertical ventilation ducts during a fire in one distinct storey of a multi-storey house



matisk kartläggning av de temperatur- och strålningsfält som en sådan byggnadsdel blir utsatt för vid brand i distinkt våning.

För att vidga kunskapsunderlaget inom detta område har Statens provningsanstalt inlett en förhållandevis omfattande försöksserie under ledning av författarna i ett för ändamålet uppfört försökshus inom AB Atomenergis område i Studsvik. Försökshuset, vars utformning illustreras av bild 5, har en totalhöjd av cirka 10,5 m och är utfört med en bärande stomme i stål, vilken uppbär tre på varandra ställda rum med väggar och bjälklag av lättbetong. Huset har en i sidled kraftigt utkragande fasad med en konstruktiv utformning som lätt kan förändras från försök till försök. Genom de båda övre rummen går i ett särskilt lättbetongschakt vertikala ventilationskanaler, vilka står i direkt förbindelse med försökshusets nedre rum. Även dessa ventilationskanaler kan lätt bytas från försök till försök.

Den flexibla utformningen av försökshuset möjliggör förhållandevis lätt en förändring av till exempel rumsgeometrin och rummens skala. I den planerade försöksserien ingår i ett tidigt skede en undersökning av möjligheterna för ett studium i modellskala av aktuell termisk påverkan mot fasad och ventilationskanal med jämförande försök i modellskalorna 1 : 1, 1 : 2 och 1 : 4.

Vid försöken arrangeras noggrant karakteriserade bränder i försökshusets nedre fönsterförsedda rum. Härvid alstrade lågor och varma rökgaser ger mot fasadens utsida och mot ventilationskanalernas innerytor en termisk påverkan som omsorgsfullt kartläggs genom temperatur- och strålningsmätningar.

Problemet innehåller ett stort antal variabler. För brandrummet karakteristiska variabler utgör bränslemängd, bränslets lagringstäthet, bränslets fördelning, rummets geometri och skala, fönsterstorlek och fönsterform samt byggnadsteknisk detaljutformning i anslutning till fönster. För fasadutformningen väsentliga variabler utgör fasadmaterialets brännbarhets-egenskaper, fasadytans emissionsegenskaper och värmetröghet för fasadens ytskikt. Väsentlig ytterligare variabel utgör vindhastigheten. För ventilationskanalerna avgörande variabler är brännbarhets-egenskaper, diameter, vägg tjocklek, kanalväggens termiska egenskaper, intagsöppningens placering, kanallängd och storlek av sekundärlufttillförsel.

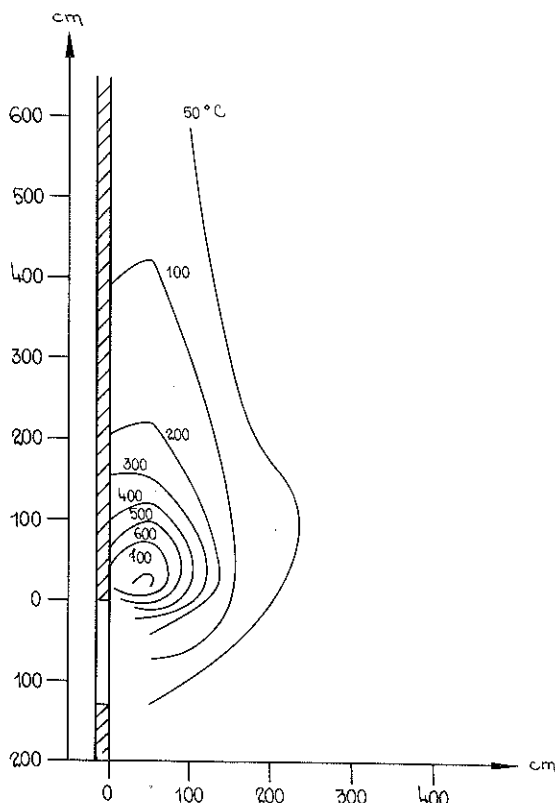
En första delrapport från undersökningen behandlande försöksseriens mätutrustning har nyligen publicerats [8]. En fragmentarisk exemplifiering av erhållna resultat ges i bild 6, som för ett brandförsök med karakteristiska enligt bildtexten visar det till tidpunkten för maximal temperatur i brandrummet hörande temperaturfältet framför fasaden i vertikalt symmetrisnitt vinkelrätt mot denna.



6

Vid brandförsök i försöksshus enligt bild 5 bestämt temperaturfält utanför fasad i vertikalt symmetriskt vinkelrätt mot fasaden. Temperaturfältet svarar mot tidpunkten för maximal temperatur i brandrummet. Brandbelastning = 350 kg trä, motsvarande 19,6 Mcal/m<sup>2</sup> omslutningsyta. Öppningsfaktor 0,026 m<sup>1/2</sup>.

Temperature field outside of the outer wall of the test building in fig 5, determined in a vertical symmetrical section at right angles to the wall and corresponding to the moment in time for the maximum temperature in the fire room. Fire load = 350 kg timber representing 19.6 Mcals/m<sup>2</sup> surrounding surface. Opening factor 0.026 m<sup>1/2</sup>.



7

För rumsluften i arkivlokal med väggar av 1/2-stens tegel och angränsande bjälklag av 20 cm betong beräknat temperatur-tidförlopp vid 8 h brandpåverkan enligt standardkurvan mot en väggyta och vid varierande luftomsättning  $Q_{vent}$

The calculated temperature-time development for room air within a records room with half-brick walls and floor slabs of 20 cm concrete at 8 hrs fire exposure according to the standard curve against one wall surface and with varying air replacement  $Q_{vent}$

### Arkivlokalers brandmotstånd

För att ge underlag för normer rörande arkivlokalers brandmotstånd har teoretiska beräkningar genomförts av de temperatur-tidförhållanden som uppkommer inuti en arkivlokal då denna utvändigt påverkas av brand mot en eller flera omslutande ytor. Beräkningarna bygger på den tekniska teori över problemets värme- och massbalansekvationer som

framlagts av Ödeen [9]. Parametrar som varierar i undersökningen är:

- arkivlokalens volym
- golvytans sidoförhållande
- omgivande väggars termiska karaktäristika
- antal brandpåverkade ytor
- brandens varaktighet
- värmetröghet för i arkivlokalen inneslutna arkivalier samt
- till ventilation hörande per tidsenhet omsatt luftvolym.

Bland exempel på framräknade resultat visas i bild 7 mot 8 h brandvaraktighet svarande temperatur-tidförlopp för arkivlokalens rumsluft vid utvändigt brandpåverkan mot en väggyta och vid varierande luftomsättning  $Q_{vent}$ . Resultaten förutsätter brandpåverkan enligt standardkurvan. För arkivlokalen har antagits angränsande bjälklag av 20 cm betong och i övrigt karaktäristika enligt diagrammet.

### Beräkningar av konstruktioners bärförmåga

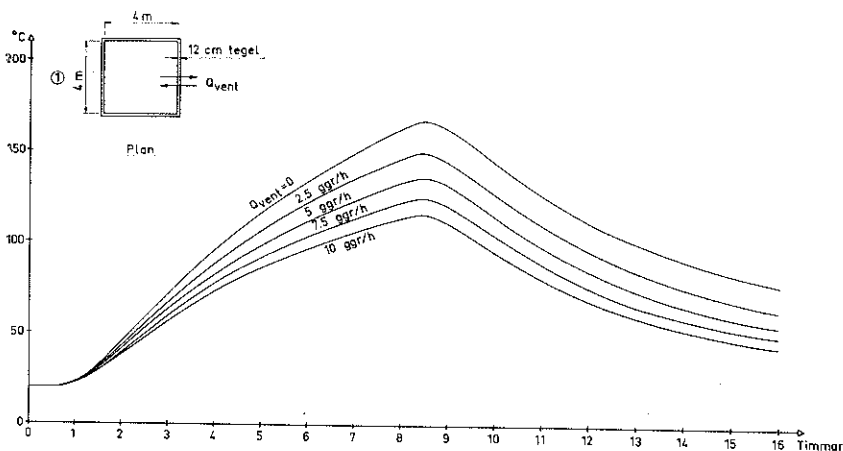
Teoretiska beräkningar av till brandpåverkan hörande temperatur-tidfält för bärande och avskiljande konstruktioner har intagit en förhållandevis framskjuten plats i de senaste årens brandtekniska forsknings- och utvecklingsarbete i Sverige. Resultatexemplifieringar ges i [1], [2], [7] och [10]–[15].

### TT-platta av spännbetong

På uppdrag av AB Strängbetong och A-Betong AB har utvecklats en beräkningsmetod för bestämning av bärförmåga för brandpåverkad TT-platta av spännbetong [15]. I denna metod ingår som huvuddel en beräkning över elektronisk räknautomat av de temperaturfält som vid olika tidpunkter under en brand uppkommer i konstruktionen.

Värmeövergångstalet för brandsatt yta, vilket är starkt temperaturberoende, har tidigare studerats ytterst ofullständigt. Av denna anledning har vissa bestämningar av värmeövergångstalet  $\alpha$  utförts på ett element av aktuell typ under provning vid Statens provningsanstalts brandtekniska laboratorium. Resultat från dessa bestämningar – vilka utfördes genom noggrann kartering av temperaturförloppet i konstruktionens yt- och gränsskikt – visas i bild 8 B, ur vilken kan utläsas en markant skillnad mellan värmeövergångsförhållandena vid konstruktionens vertikala och horisontella ytor. I diagrammet har även approximativt beräknade värden för värmeövergångstalet lagts in.

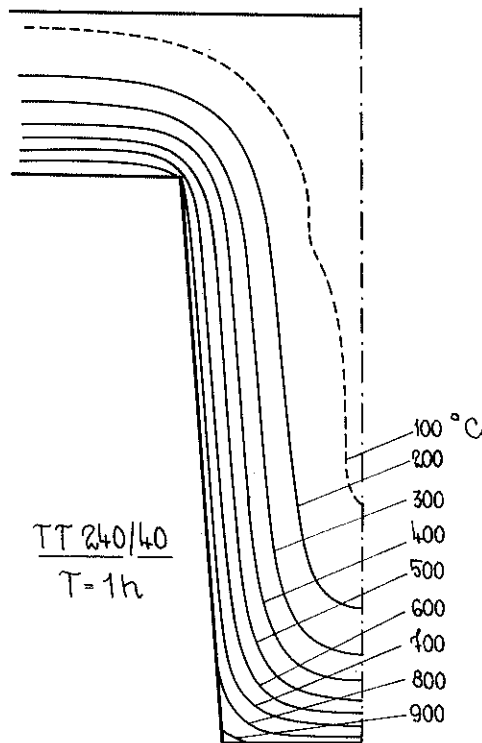
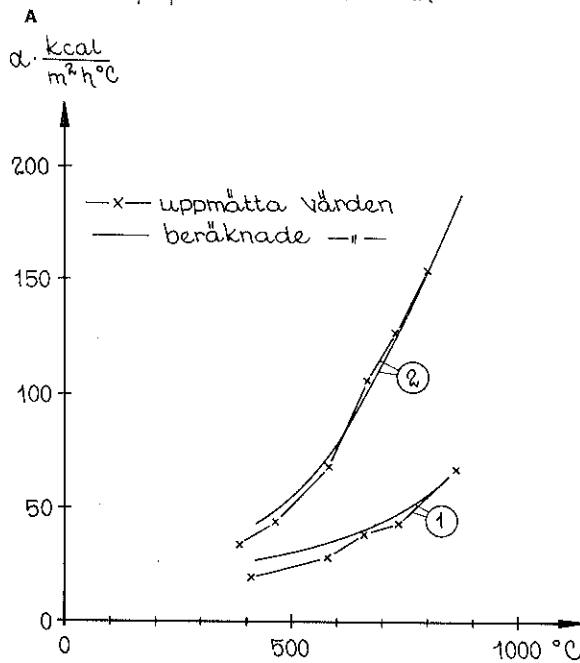
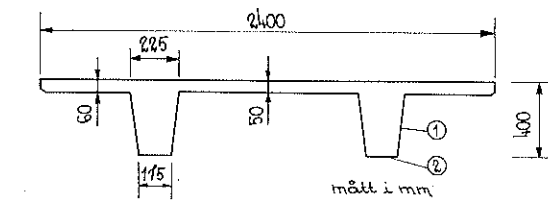
Med nämnd metodik har temperaturfälten beräknats för ett stort antal tvärsnitt under förutsättning av brandpåverkan enligt standardkurvan. Som lössryckt



8

A. Exempel på tvärsnittsförning av TT-platta av betong.  
 B. Uppmätta respektive beräknade värmeövergångstal  $\alpha$  vid sido- (1) respektive underyta (2) av ett liv i betongelement enligt bild A.  
 C. Beräknat temperaturfält i underifrån brandutsatt TT-platta enligt bild A vid 1 h standardiserat brandprov.

A. Example of the cross-section of a concrete TT unit  
 B. Recorded and calculated values coefficient of heat transmissions  $\alpha$  respectively at the side (1) and lower (2) surfaces of one rib of the unit in fig A.  
 C. Calculated temperature field in the TT unit which is exposed to fire underneath at one hour's exposure in a standardised fire test.



exempel på framtagna resultat visas i bild 8 C beräknat temperaturfält för ett element enligt bild 8 A vid 1 h brandpåverkan underifrån.

### Bärverk i armerad betong

Delvis i anslutning till pågående revision av gällande brandteknisk klassificering samt inom ISO pågående arbete rörande brandteknisk provning av byggnader och byggnadsdelar genomförs för närvarande ett systematiskt upplagt beräkningsarbete för en nyanserad bestämning av temperatur-tidfält och bärförmåga vid brandpåverkan för armerade betongbärverk av typen balkar, pelare, väggar och plattor.

För beräkningsarbetet har valts en förhållandevis bred uppläggning för att genom erhållna resultat möjliggöra bland annat en kritisk värdering av nuvarande brandtekniska provningsförfarande för byggnader och byggnadsdelar. Av denna anledning varieras i beräkningarna utöver upphettningens periodens gastemperatur-tidkurva och varaktighet också avsvältningsfasens karaktäristika, flammors och gasers emissionstal samt bärverkets initiala fukttinnehåll.

Belysning av några av de nämnda influenserna ger bild 9 A och 9 B, vilka redovisar för ensidigt brandpåverkad, 18 cm tjock, armerad betongplatta framtagna resultat [16]. Upphettningens periodens brandpåverkan är därvid förutsatt följa standardkurvan.

Bild 9 A illustrerar inverkan av variationer i karaktäristika för brandförloppets avsvältningsperiod, vad avser till olika brandvaraktighet  $T$  (upphettningens periodens längd) hörande armeringstemperatur  $\theta_s$  vid ett täcksjikt av 2 cm. Helt dragna kurvor inkluderar effekten av den omfördelning i temperatur som sker inom plattan efter upphettningens periodens slut. Streckad kurva anger värdet för  $\theta_s$  vid upphettningens periodens slut. De olika helt dragna kurvorna svarar mot en linjär avsvältningsperiod med avsvältnings-hastigheten 300, 600, 1200 och  $\infty^\circ\text{C}/\text{h}$  respektive. Vid en förutsatt flyttemperatur för armeringen  $\theta_{s,cr}$  av  $450^\circ\text{C}$  ger kurvorna ett variationsområde för plattans brandmotstånd av 0,52–0,82 h. Vid flytt-temperaturen  $500^\circ\text{C}$  blir motsvarande variationsområde 0,72–1,01 h.

En kompletterande belysning av de beskrivna förhållandena ger bild 9 B, i vilken för samma konstruktionsförutsättningar redovisas  $\theta_s$ - $t$ -kurvorna för de båda alternativen

- flammornas emissionstal  $\epsilon_{fl} = 0,7$ ; linjär avsvältning av  $600^\circ\text{C}/\text{h}$ ; inget initialt fukttinnehåll (helt dragen kurva)

- flammornas emissionstal  $\epsilon_{fl} = 0,3$ ; avsvältningsperioden ej beaktad: initialt fukttinnehåll av 3 viktprocent.

9

Teoretiskt beräknade samband mellan armeringstemperatur  $\theta_s$  och uppvärmningsperiodens längd  $T$  för ensidigt brandpåverkad 18 cm tjock, armerad betongplatta. Uppvärmningsperioden är förutsatt följa standardkurvan. Kurvorna belyser inverkan av variationer i avsvältningsperiod, emissionsfaktorer för flammor  $\epsilon_{fl}$  och initialt fuktinnehåll.

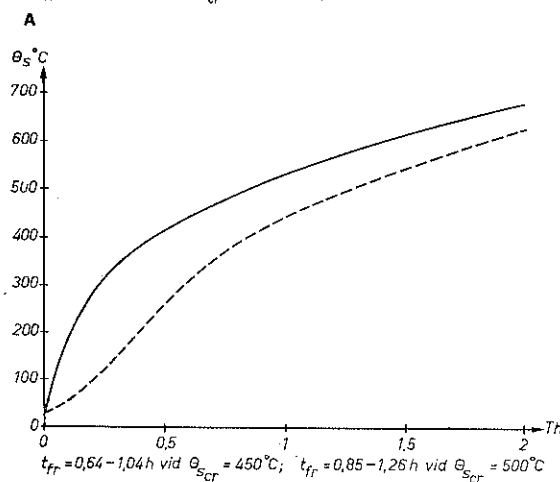
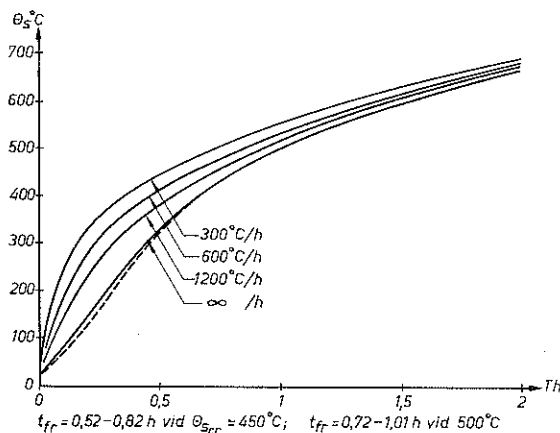
A  
— Avsvälning beaktad  
-- Avsvälning ej beaktad  
 $\epsilon_{fl} = 0,7$   
Täckskikt: 2 cm

B  
—  $\epsilon_{fl} = 0,7$ ; linjär avsvälning 600 °C/h, inget initialt fuktinnehåll  
--  $\epsilon_{fl} = 0,3$ ; avsvälning ej beaktad, inverkan av initialt fuktinnehåll = 3 viktprocent  
Täckskikt: 2 cm

The theoretically calculated relationship between reinforcement temperature  $\theta_s$  and the duration  $T$  of the heating period for an 18 cm thick, re-inforced concrete slab which is fire-exposed on one side. It is assumed that the heating period follows the standard curve. The curves illustrate the effects of variations in the cooling period, the emission factor for flames  $\epsilon_{fl}$  and the initial humidity content.

A  
— Cooling off accounted for  
-- Cooling off not accounted for  
 $\epsilon_{fl} = 0,7$   
Cover 2 cm

B  
—  $\epsilon_{fl} = 0,7$ ; linear cooling 600 °C/h, no initial humid content  
--  $\epsilon_{fl} = 0,3$ ; cooling not accounted for, the effect of the initial humid content = 3 per cent by weight.  
Cover 2 cm



B Kurvorna ger för plattans brandmotstånd variationsområdet 0,64–1,04 h vid flytttemperaturen 450 °C och 0,85–1,26 h vid flytttemperaturen 500 °C.

Det pågående beräkningsarbetet för bestämning av brandpåverkad, armerade betongkonstruktioners temperatur–tidfält och bärförmåga syftar till en resultatredovisning som ger konstruktören underlag för en så nyanserad brandteknisk dimensionering som möjligt. Ett exempel på en sådan resultatredovisning ges i bild 10.

### Isolerat metalliskt bärverk

I [11] framläggs en närmemetod för bestämning av temperaturen  $\theta_s$  i brandutsatt isolerad metallkonstruktion.

Närmemetodens tillämpning har nu utvidgats till att beakta ett mera nyanserat brandförlopp enligt SBN 67.

En illustration av framtagna resultat ges i bild 11, vilken för brandpåverkan enligt dels standardbrandkurvan, dels två gastemperatur–tidkurvor, bestämda genom öppningsfaktörvärdena 0,02 respektive 0,08 ger sambandet mellan den isolerade metallkonstruktionens temperatur  $\theta_s$  och brandtiden

t vid varierande parametervärde RQ för fördröjningsfaktorn  $t_1 = 0,1$ . Parametern RQ uttrycker därvid den sammansatta konstruktionens värme- och temperaturlledningsegenskaper. För beräkning av RQ och  $t_1$  hänvisas till [4] eller [11].

Via kunskaper för aktuellt bärverksmaterial om sträckgränsens (0,2-gränsens) och elasticitetsmodulens temperaturberoende möjliggör kurvsamband av den refererade typen en snabb beräkning av till godtyckligt vald brandvaraktighet hörande bärförmåga för ett isolerat, metalliskt bärverk.

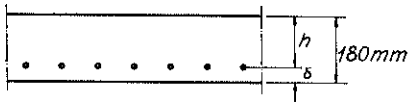
### Slutord

Ovan har summariskt och med fragmentariska exemplifieringar redogjorts för pågående och planerad byggnadsteknisk brandforskning i Sverige. Till behandling upptagna uppgifter faller inom områdena brandbelastning, brandförlopp samt temperatur–tidfält och bärförmåga för brandpåverkade konstruktioner.

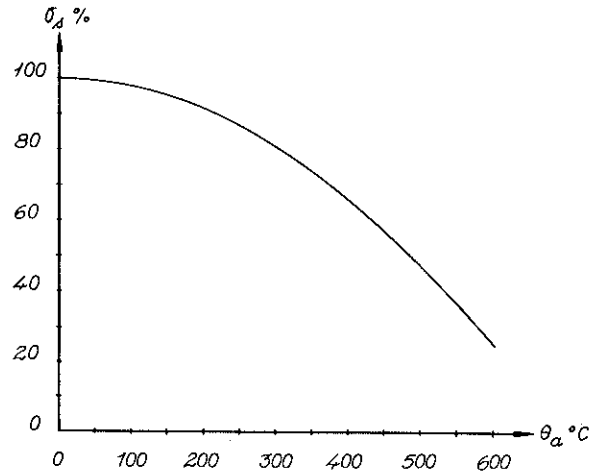
Uppgifterna har valts inom ramen för ett på nordiskt initiativ inom Statens provningsanstalts brandtekniska laboratorium utarbetat långsiktigt program för nordisk brandteknisk forskning. Detta program tjänar primärt två syften, nämligen dels att stimulera till nordisk forskningssamverkan inom området, dels att styra ett val av forskningsuppgifter i sådan riktning att framkomna resultat i direkt praktisk tillämpning blir väsentliga steg på vägen mot det framtida kvalificerade brandtekniska dimensioneringsförfarande som utgör en nödvändig förutsättning för ekonomiskt optimala lösningar inom ett område av utomordentligt stor samhällsekonomisk betydelse.

För svenskt vidkommande försvåras i hög grad ett aktivt deltagande i en brandteknisk forsknings- och utvecklingsverksamhet med denna målsättning genom landets synnerligen undermåliga laboratorieresurser för brandteknisk provning och forskning. Statens provningsanstalts brandtekniska laboratorium, vilket är icentiskt med landets samlade, fasta resurser inom området, är i dag vad avser lokaler, utrustning och personalomfattning på ett uppseendeväckande sätt underlägset de brandtekniska laboratorier i praktiskt taget alla övriga länder i världen. Inte minst i internationella samarbetsomgång har detta förhållande under de senaste åren vid ett flertal tillfällen väckt berättigad förvåning.

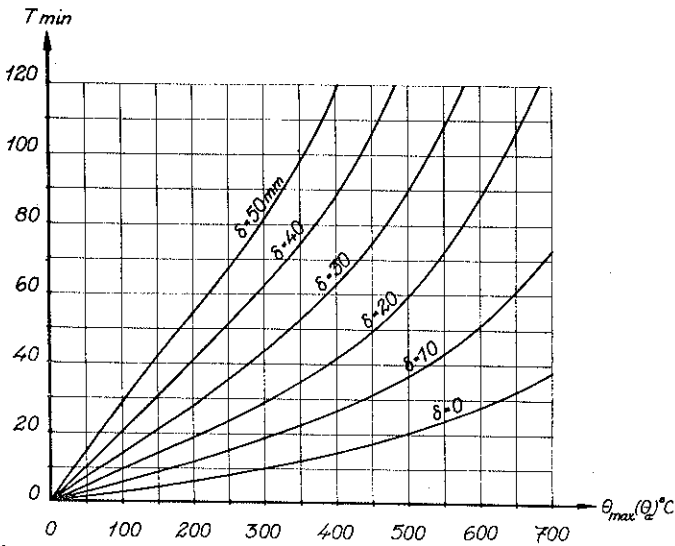
Vi vill därför avsluta med en innerlig vädjan till statsmakterna att snarast bevilja tidigare äskade medel för det nya brandtekniska laboratorium för vilket viss detaljplanering föreligger. Utan ett för ändamålet väl utrustat laboratorium är det inte möjligt att inom landet genomföra det stora antal brandtekniska provningar av byggnadsdelar som inom mycket snar framtid blir nödvändiga på grund



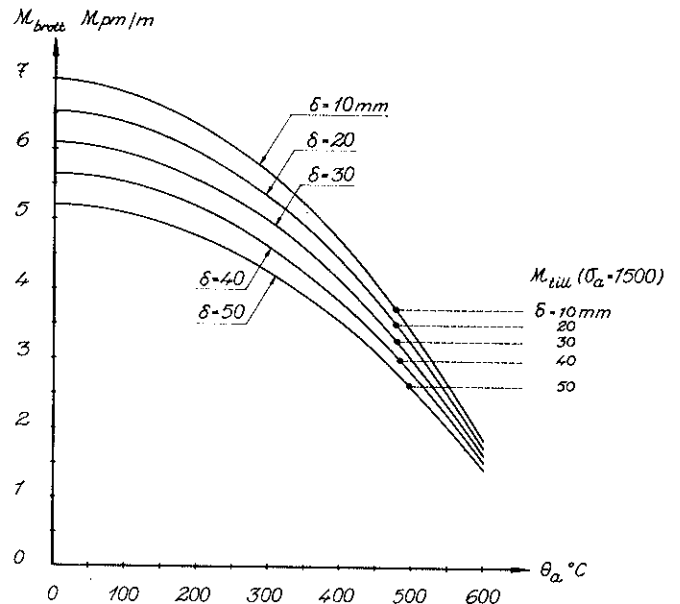
Armering: St 44,  $\sigma_s = 2600 \text{ kp/cm}^2$  vid  $\theta_a = 0^\circ \text{C}$ ,  $\sigma_{a\text{till}} = 1500 \text{ kp/cm}^2$  vid  $\theta_a = 0^\circ \text{C}$ ,  $A_a = 17 \text{ cm}^2/\text{m}$  ( $\mu = 1\%$  vid  $h = 17 \text{ cm}$ )  
 Betong: K 250,  $\sigma_{b\text{till}} = 80 \text{ kp/cm}^2$  vid  $\theta_b = 0^\circ \text{C}$



B



A



C

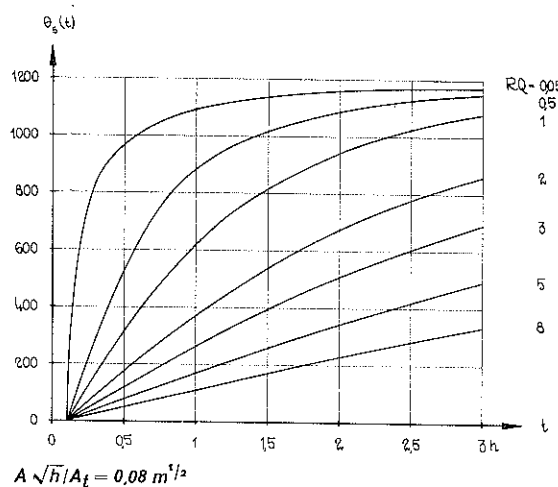
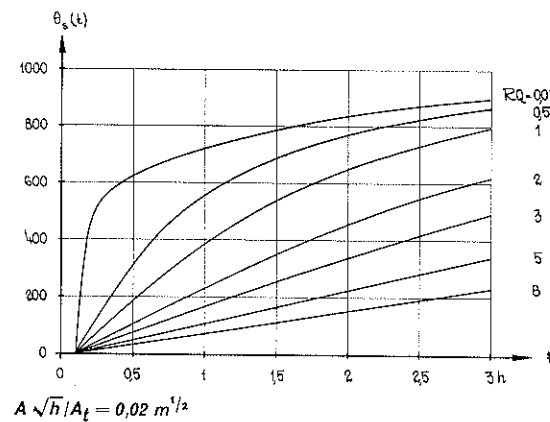
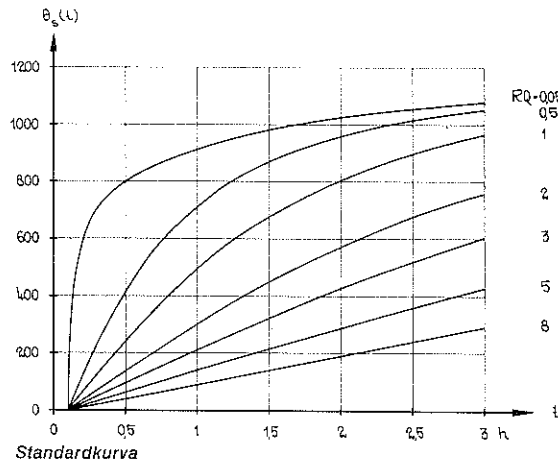
10  
 A. Beräknat samband mellan armeringsstångtemperatur  $\theta_{\text{max}}$  ( $\theta_a$ ) och brandvaraktighet T vid varierande avstånd  $\delta$  mellan armeringsstångscentrum och brandutsatt yta för 18 cm tjock betongplatta, ensidigt brandpåverkad vid karaktäristika som approximativt överensstämmer med de för konventionell, normenlig brandteknisk provning gällande.  
 B. För mjukt armeringsstål gällande, experimentellt bestämt samband mellan varmsträckgräns  $\sigma_s$  och temperatur  $\theta_a$ .  
 C. För enkelspänd, enkelarmerad betongplatta med tjocklek 18 cm beräknat samband mellan brottböjmoment  $M_{\text{brott}}$  och armeringsstångtemperatur  $\theta_a$  vid varierande armeringsstångnivå  $\delta$ . Sambandet förutsätter betong av kvaliteten K 250 och armering av St 44 med sträckgräns  $\sigma_s = 2600 \text{ kp/cm}^2$  vid  $\theta_a = 0^\circ \text{C}$  och armeringsmängd 1% vid den effektiva höjden  $h = 17 \text{ cm}$ . I figuren markeras också för temperaturen  $0^\circ \text{C}$  tillåtet böjmoment  $M_{\text{till}}$  vid tillåten betongtryckspänning  $\sigma_b = 80 \text{ kp/cm}^2$  och tillåten armeringsdragspänning  $\sigma_a = 1500 \text{ kp/cm}^2$ .

A. The calculated relationship between the re-inforcement rod temperature  $\theta_{\text{max}}$  ( $\theta_a$ ) and the fire duration T for varying distances  $\delta$  between the centre of the re-inforcement and the fire-exposed surface for an 18 cm thick concrete slab, exposed on one side by fire characteristics which are approximately as for the regulation fire tests.  
 B. The valid relationship, which has been determined by experiment, between the heat-yield-limit  $\sigma_s$  and the temperature  $\theta_a$  for normal grade re-inforcement steel.  
 C. The calculated relationship between the bending moment for failure  $M_{\text{brott}}$  and the re-inforcement temperature  $\theta_a$  for varying re-inforcement levels for single-spanning simply re-inforced concrete slabs. The relationship assumes concrete of quality K 250 and re-inforcement grade St 44 having a yield limit  $\sigma_s = 2600 \text{ kp/cm}^2$  at  $\theta_a = 0^\circ \text{C}$  and re-inforcement area = 1% at the effective height of 17 cm. Shown also in the figure are the following valid for  $0^\circ \text{C}$ : allowed bending moment  $M_{\text{till}}$  at allowed concrete compression stress  $\sigma_b = 80 \text{ kp/cm}^2$  and allowed re-inforcement tension stress  $\sigma_a = 1500 \text{ kp/cm}^2$ .

11

Teoretiskt beräknat samband mellan metalltemperatur  $\theta_s$  och brandtid  $t$  för isolerat, metalliskt bärverk, utsatt för brandpåverkan med gas-temperatur-tidkurva enligt standardkurvan eller enligt BABS 1967 för öppningsfaktorer  $A\sqrt{h}/A_t = 0,02$  och  $0,08 \text{ m}^{1/2}$  angivna kurvor

The theoretically calculated relationship between metal temperature  $\theta$  and fire duration  $t$  for insulated metal structures, exposed to fire with gas temperature-time curves according to the standard curves or to BABS 1967 for opening factors  $A\sqrt{h}/A_t = 0.02$  and  $0.08 \text{ m}^{1/2}$  given curves



av bestämmelserna i Svensk Byggnorm 67; lika lite är det möjligt för Sverige att på ett fruktbart sätt delta i nordiskt och internationellt brandtekniskt forsknings-samarbete. Därutöver förlorar Sverige mycket snart det synnerligen gynnsamma utgångsläge för påverkan av den internationella brandtekniska forskningen som landet nu tillskapat sig genom angivande av nya principer för en mer funktionellt betingad brandteknisk dimensionering.

## Litteratur

- [1] Pettersson, O: *Den byggnadstekniska brandforskningen i dag och i framtiden*. Gullkornet nr 2 och 5, Stockholm 1964.
- [2] Pettersson, O: *Structural fire engineering research today and tomorrow*. Acta Polytechnica Scandinavica, Civil Engineering and Building Construction Series No. 33, Stockholm 1965.
- [3] Pettersson, O: *General programme for Scandinavian long-term fire engineering research*. National Swedish Institute for materials testing, Proceeding No. 129, Stockholm 1964.
- [4] *Aluminiumkonstruktioner* – försöksnorm och kommentarer, utarbetade av SVR:s Aluminiumnormkommitté. Stockholm 1966.
- [5] *Svensk Byggnorm 67*. Föreskrifter, råd och anvisningar till byggnadsstadgan, BABS 1967. Statens planverk, publikation nr 1.
- [6] Onnermark, B – Altvall, L E – Bergström, G – Götherskjöld, L: *Brandrisken i bostadsrum efter värmebestrålning från kärnladdningsexplosioner*. FOA 4, Rapport A 4404-4612, Stockholm, december 1964.
- [7] Ödeen, K: *Teoretisk bestämning av temperaturförloppet i några av brand påverkade konstruktioner*. Byggmästaren nr 4/1963.
- [8] Ödeen, K – Nordström, Å: *Brand- och rökspridning längs fasader och i ventilationskanaler*. Delrapport I, Instrumentering. Statens provningsanstalt, brandtekniska laboratoriet 1967: 2, Stockholm 1967.
- [9] Ödeen, K: *Theoretical study of fire characteristics in enclosed spaces*. Division of building construction, Royal Institute of Technology. Bulletin No. 10, Stockholm 1963.
- [10] Ödeen, K: *Betongfasaders motståndsförmåga mot brand*. Nordisk Betong nr 2, Stockholm 1964.
- [11] Pettersson, O: *Utvecklingstendenser rörande brandteknisk dimensionering av stålkonstruktioner*. Väg- och vattenbyggaren nr 6, Stockholm 1964.
- [12] Ödeen, K: *Beräkning av icke-stationär, tvådimensionell värmeledning i brandutsatta konstruktioner*. Väg- och vattenbyggaren nr 11, Stockholm 1964.
- [13] Lindblad, Å – Pettersson, O – Schmidt, B – Ödeen, K: *Brand i magasin 6 i Stockholms frihamn*. Väg- och vattenbyggaren nr 12, Stockholm 1966.
- [14] Pettersson, O: *Isolerade metalliska bärverks brandmotstånd*. Gyproc-Nytt nr 2, 1967.
- [15] Ödeen, K: *Brandmotstånd hos TT-plattor*. Rapport U63-3856 C, Statens provningsanstalt, brandtekniska laboratoriet, Stockholm 1967.
- [16] Magnusson, S E – Pettersson, O: *Preliminary report of some theoretical studies for structural elements of the effect on their fire resistance of variations of time-temperature curve for the cooling-down period*. Lund 1967.