



LUND UNIVERSITY

Isolerade metalliska bärverks brandmotstånd

Pettersson, Ove

1967

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Pettersson, O. (1967). *Isolerade metalliska bärverks brandmotstånd*. (Bulletin of Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Bulletin 4; Vol. Bulletin 4). Lund Institute of Technology.

Total number of authors:

1

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

OVE PETTERSSON

ISOLERADE METALLISKA BÄRVERKS BRANDMOTSTÅND

OVE PETTERSSON

ISOLERADE METALLISKA BÄRVERKS BRANDMOTSTÅND

Isolerade metalliska bärverks brandmotstånd

av professor, Tekn. D. Ove Pettersson
Tekniska Högskolan i Lund



Medan byggnadsbärverken normalt underkastas en kvalificerad dimensionering med hänsyn till statisk och dynamisk belastning, genomförs deras brandtekniska dimensionering för närvarande i allmänhet starkt schablonmässigt med ledning av experimentellt underbyggda förteckningar över till ett normerat brandförlopp hörande motståndstider för vanliga bärverkstyper. Tillämpade på brandisolerade stålbärverk ger sådana förteckningar på ett onyanserat sätt för olika isoleringsmaterial och olika brandtekniska klasser gällande minsta isoleringstjocklekar. Dessa tjocklekar är därvid genomgående baserade på ett villkor, som innebär, att

brott anses inträda, då temperaturen i det isolerade stålbärverket uppgår till ett visst värde. Detta kritiska temperaturvärdet varierar icke oväsentligt från land till land men är för varje land en konstant storhet och detta oberoende av brotttyp och arbetsspännings storlek — jfr i detta avseende den i fig. 1 återgivna, av Boué utarbetade, på en kritisk ståltemperatur av 400°C byggda sammanställningen [1].

En brandteknisk dimensionering enligt de skisserade riktlinjerna, vilka alltså är de för närvarande konventionellt tillämpade, innebär en stark förenkling av problemställningen. Någon generellt giltig

kritisk temperatur för ett brandpåverkat metalliskt bärverk existerar ej. Denna beror nämligen på ett icke försumbart sätt av storleken av den under branden verkande arbetsspänningen, vilken under brandförloppet kan förändras genom lastminskning eller, omvänt, genom uppkomst av tvångsspänningar från partiellt eller helt förhindrad deformation av bärverket. Därutöver beror den för ett brandpåverkat metalliskt bärverk kritiska temperaturen av brotttyp. Förutom till dessa faktorer är det vid en brandteknisk dimensionering önskvärt att mera nyanserat än för närvarande kunna taga hänsyn till i varje särskilt fall föreliggande förbränningskaraktistika för brandrummet och konstruktiv detaljutformning av det brandisolerade bärverket.

I många fall är en kvalificerad brandteknisk dimensionering av metalliska bärverk enligt de berörda riktlinjerna i dag möjlig. I stort kan en sådan dimensionering beskrivas genom etapperna [2], [3]

a) Val av för aktuellt fall representativa förbränningskaraktistika för i brandrummet förekommande brännbart material (brandbelastning),

b) Bestämning för dessa förbränningskaraktistika av tidkurvan för brandrumstemperaturen med möjligast noggrant beaktande av brandrumsvolym, storlek av fönster- och dörröppningar samt värmetröghets- och strålningsegenskaper för väggar, golv, tak och i brandrummet inneslutna konstruktioner,

c) Teoretisk beräkning för enligt b) bestämd temperatur-tid-kurva för brandrummet av tillhörande temperatur-tid-kurva för av branden påverkat bärverk samt

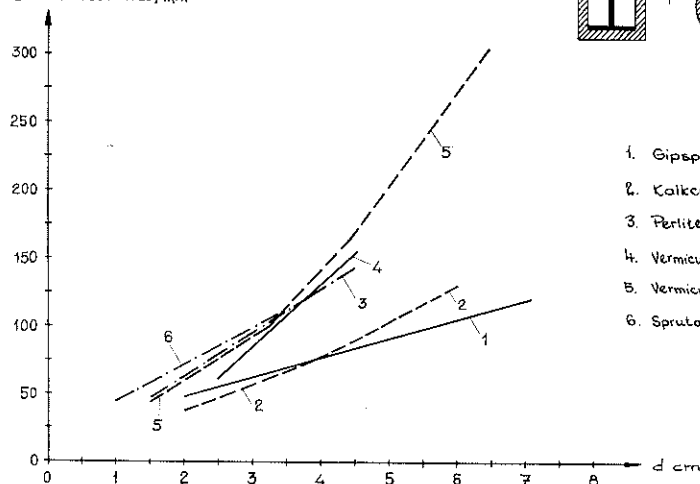
d) Bestämning på grundval av enligt c) beräknad temperatur-tid-kurva och kunskaper om bärverksmaterialets hållfasthets- och deformationsegenskaper inom för brand aktuellt temperaturområde av den tidpunkt, vid vilken för aktuell arbetsspänning brott inträffar, eller alternativt av den till gällande brandförlopp hörande minsta bärförmågan för bärverket.

De olika dimensioneringsetapperna kommenteras summariskt i det följande.

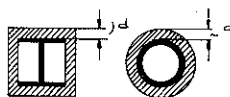
1. Brandbelastning

Brandbelastningen utgör en karakterisering av i en brandcell förekommande brännbart material, inklusive byggnadsstomme, inredning, beklädnad och golvbeklägning. I olika länders bestämmelser och anvisningar begränsas brandbelastningskarakteriseringen för närvarande genomgående till ett angivande av mängden brännbart material i brandcellen med denna mängd redovisad som en med avseende på värmevärdet ekvivalent med $d \cdot \text{mängd trä i kg per m}^2 \text{ golvyta}$.

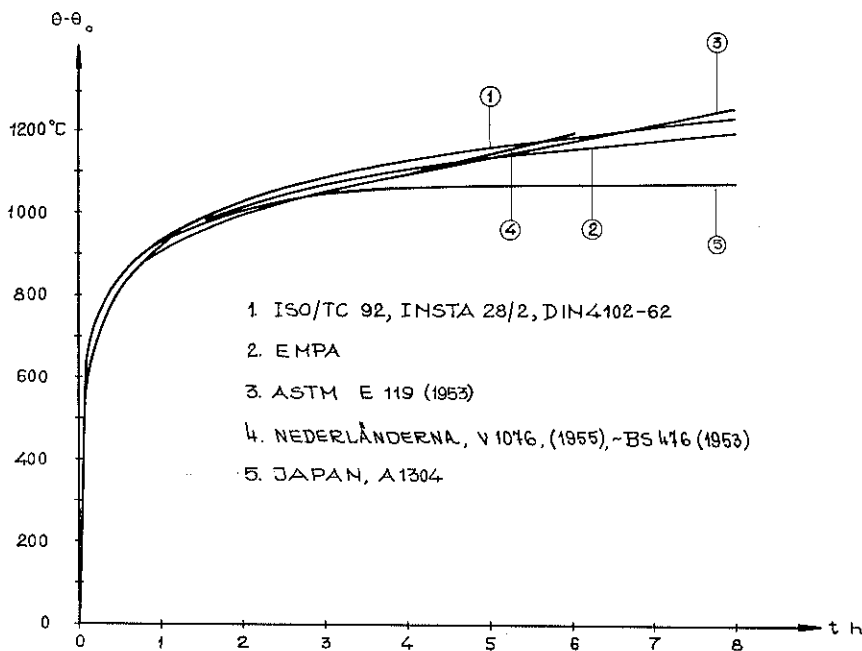
Brandmotstånd, min



Figur 1



1. Gipsplatta
2. Kalkcementputs
3. Perlite-gipsputs
4. Vermiculite-gipsputs
5. Vermiculite-cementputs
6. Sprutasbestputs (Limpet)



Figur 2

En sådan redovisningsteknik är oegentlig därigenom, att storheten bränslemängd per golvytenhet saknar fysikalisk innebörd som en för ett brandförlopp reell parameter. Sådan innebörd har däremot den modifierade storheten bränslemängd/total omslutningsyta för brandcellen. Av denna anledning har i föreliggande arbetsunderlag för pågående revision av Byggnadsstyrelsens anvisningar till byggnadsstadgan liksom i den nyligen utgivna försöksnormen "Aluminiumkonstruktioner" [4] övergått till en brandbelastningskaraktisering, baserad på denna modifierade storhet. Beräkningsmässigt innebär detta en bestämning av brandbelastningen q i $\text{Mcal/m}^2 \text{ ur}$ sambandet

$$q = \frac{1}{A_t} \sum m_v H_v \dots (1)$$

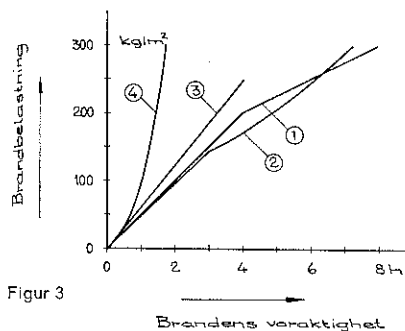
med A_t = brandcellens totala omslutningsyta i m^2 samt m_v = totala vikten i kg och H_v = effektiva värmevärdet i Mcal/kg för varje enskilt brännbart material v i brandcellen.

På längre sikt torde en vidareutveckling mot en förbränningstekniskt mer nyanserad beskrivning av brandbelastningen vara ofrånkomlig. En framkomlig väg syns därvid vara en redovisning av såväl brandbelastningens värmevärde q enligt ekv. (1) som tidsvariationen för förbränningshastighet samt flammors och rök-gasers strålningstal. Utvecklingsarbete, som syftar till en sådan förfinad redovisning, pågår inom landet.

2. Brandförlopp och brandvaraktighet

I olika länders bestämmelser och anvisningar fastläggs för närvarande brandförloppet för en brandcell genom normerade temperatur-tid-kurvor, svarande mot i brandcellen obegränsad tillgång på brännbart material. Exempel på sådana

normerade tidkurvor ger fig. 2. Vid begränsad bränslemängd förutsätts brandbelastningen följa normkurvan till en av brandbelastningen bestämd tidpunkt, brandvaraktigheten. Exempel på i bestämmelser och anvisningar angivna samband mellan brandvaraktighet och brandbelastning visas i fig. 3, i vilken



Figur 3

kurvorna (1), (2) och (3) beskriver i Sverige, USA respektive UK normerade samband och kurvan (4) ett i schweiziskt normförslag angivet samband. Kurvsambanden uppvisar en uppseendeväckande spridning. Uppgifter om temperatur-tidkurvan för den på en brand följande avsvainingsfasen ges som regel ej i gällande bestämmelser och anvisningar.

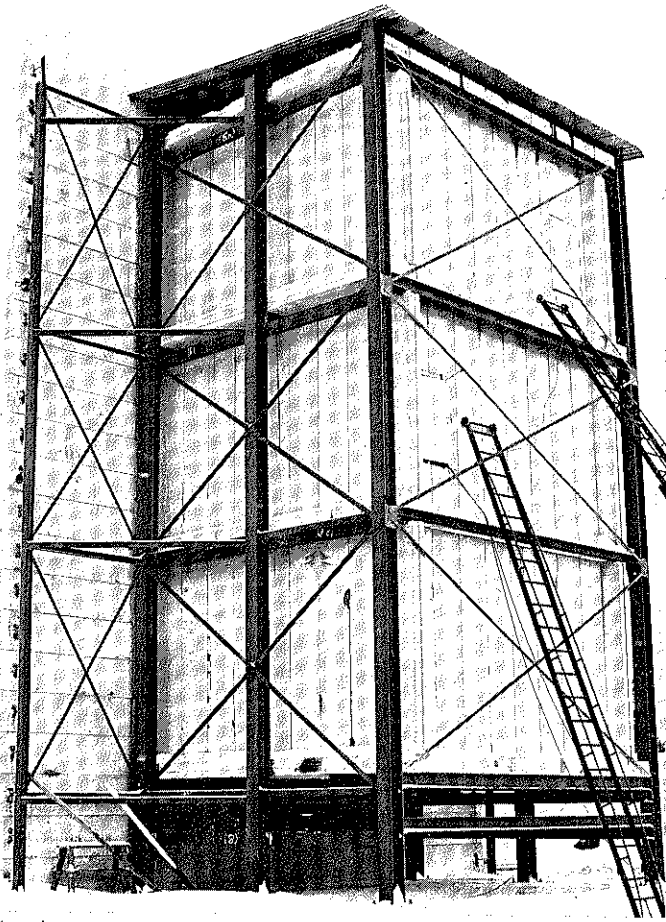
Nu tillämpad brandförloppskaraktisering är alltför onyanserad och ofullständig för att få äga mer än temporär giltighet. Utöver av bränslemängd är temperatur-tid-kurvan för brandcellens brandförlopp på ett väsentligt sätt beroende också av ett flertal andra faktorer, av vilka de mest väsentliga är bränsletyp, bränslets orientering i brandcellen, bränslets finfördelningsfaktor och partikelform, bränslets fukttinhåll, per tidsenhet tillförd luftmängd, bestämd genom fönster- och dörröppningsytor,

tillförd lufts temperatur, tryck och relativa fuktighet samt

värmtröghets- och strålningsegenskaper för brandcellen omslutande och i brandcellen inneslutna konstruktioner.

Tyvärr föreligger för närvarande ett högst ofullständigt underlag för ett mera kvalificerat beaktande av alla dessa faktorerers inverkan på brandförloppet. Forsknings- och utvecklingsarbete inom detta område har därför hög prioritet. För ett sådant forsknings- och utvecklingsarbete är idag tre huvudvägar framkomliga, nämligen fullskalestudier, modellstudier samt teoretiska beräkningar över värme- och massbalansekvationer.

Inom området brandförloppsstudier i **fullskala** har nyligen inom Norden genomförts ett flertal förhållandevis omfattande försöksserier. Så har i de Nordiska Brandlaboratoriernas Samarbetsskommittés (NBS) regi vid Statsprøveanstalten i Köpenhamn utförts en försöksserie för en mera systematisk kartläggning av de termiska påverkningar, som vid brand i ett enstaka rum uppträder mot ytskikten i en korridor, som genom en dörröppning står i förbindelse med brandrummet. Resultaten från försöksserien är för närvarande under publicering [5], [6]. Vid Tekniska högskolan i Stockholm har i en för ändamålet uppförd betongelementtunnel genomförts en systematisk bestämning av till brandförloppets olika faser — antändningsfas, fiamfas, glödfas och avsvainingsfas — hörande temperatur-tid-kurvor och värmeövergångsförhållanden vid bränder under starkt kontrollerade förutsättningar. Vid försöksserien har varierats bränsletyp, bränslemängd, bränslets finfördelningsgrad samt per tidsenhet tillförd mängd förbränningsluft, reglerad och uppmätt genom ett förkalibrerat fläktsystem. Undersökningen ledes av Tekn. L. Kai Ödeen och dess resultat kommer inom nära framtid att publiceras. För ett studium av brandspridning och brandförlopp i dels enstaka rum och dels lägenhet har i Rosersberg uppförts ett försökshus, som möjliggör en inom vida gränser varierad rumbildning i såväl fullskala som modeliskala. Vid undersökningen, som ledes av Rektorn Vilhelm Sjölin, registreras tidsvariationen av temperaturfält, strålningskaraktistika, hastighetsprofiler för gasströmning, gassammansättning och förbränningshastighet. Vid undersökningen används som brandbelastning för bostadslägenheter statistiskt representativa möbleringar och inredningar. I sammanhanget må slutligen nämnas ett i Studsvik uppfört 3-vånings provhus med bärande stålstomme, med av lättbetongelement uppbyggda rum samt med en fasad av lätt utbyttbar typ (fig. 4). I detta provhus kommer inom



Figur 4

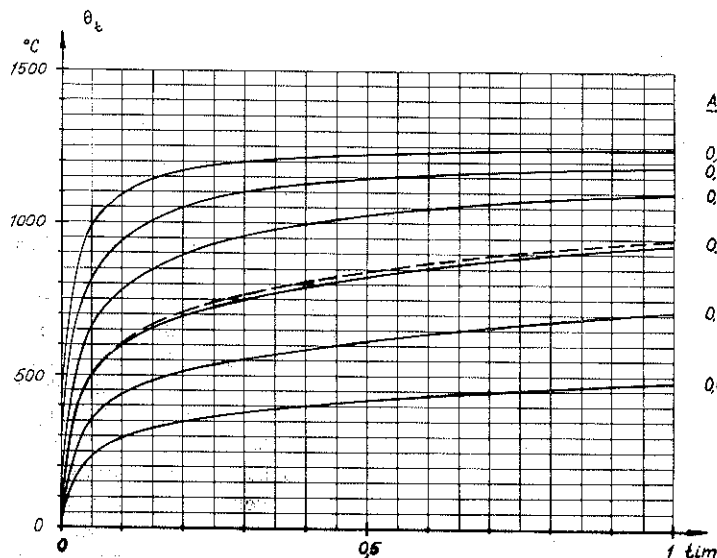
snar framtid att genomföras ett antal försöksserier, som syftar till en systematisk kartläggning av de termiska påverkningar, som en fasad och en vertikal ventilationskanal i ett flervåningshus blir utsatta för vid brand i en distinkt våning. Därvid kommer att möjligast kontinuerligt registreras för brandrummet förbränningshastighet, gassammansättning, gashastighet och omslutande konstruktioners temperaturfält samt för ventilationskanal, fasad och utrymme framför denna temperatur- och strålningsfält och gashastighet.

Genom ett för ändamålet tillverkat fläktsystem kan fasaden beläggas med en till hastighet och riktning kontrollerad vind. För att resultatet från ett **modellförsök** skall kunna översättas till praktisk tillämpning, fordras, att modellagarna uppfylls vid modellförsökets genomförande. Vid modellförsök, som syftar till en i termiskt, dynamiskt och kemiskt avseende fullständig karakterisering av ett brandförlopp, är dessa modellagar utomordentligt komplicerade [7]. Vid brandförlopps-

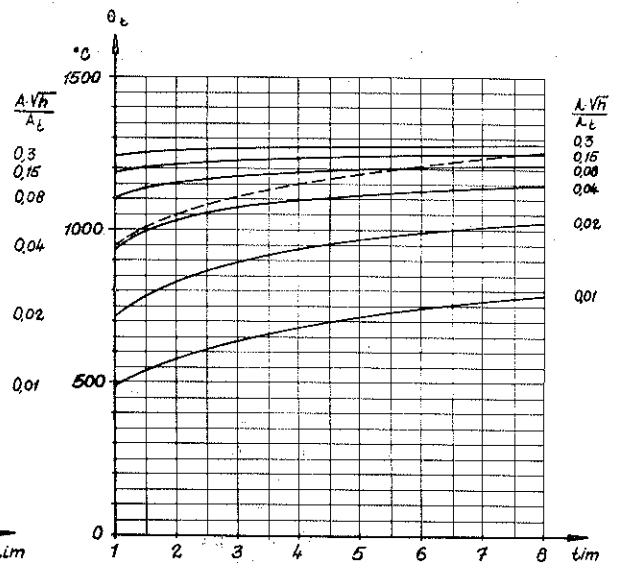
studier med starkt begränsad målsättning kan däremot inte sällan modellagsproblematiken avsevärt förenklas. Så gäller t. ex., att ett modellstudium av ett brandförlopps flämfas under vissa förhållanden kan baseras på som enda modellagsparameter Froudes tal, vilket därvid bestämmer förhållandet mellan konvektionskraft och turbulent friktionskraft för brandens flammor och heta gaser [8].

Genom arbeten av Kawagoe-Sekine [9] och Ödeen [10] föreligger nu en teknisk teori, som möjliggör en beräkning över **värme- och massbalansekvationer** av de temperatur-tid-kurvor, som vid givna förbränningsförutsättningar erhålls vid brand i ett brandrum. Teorin beaktar inverkan av brandrumsdimensioner, fönster- och dörröppningsförhållanden samt omslutande och inneslutna konstruktioners termiska egenskaper. I den nytkomna försöksnormen "Aluminiumkonstruktioner" och i föreliggande arbetsunderlag för pågående revision av BABS medges generellt för brandcell med noggrant kända värden för brandbelastningens sammansättning och förbränningshastighet en brandteknisk dimensionering, som baseras på en temperatur-tid-kurva för brandrummet, som bestämts enligt denna tekniska teori.

Som ytterligare nyhet för en brandteknisk dimensionering ges i den nämnda försöksnormen och i det nämnda underlaget för pågående BABS-revision noggrannare karakteristika för brandförlopp och brandvaraktighet, vilka får väljas som utgångspunkt för en bestämning av ett bärverks brandmotstånd vid brandbelastning, vars förbränningshastighets- och strålningskarakteristika approximativt överensstämmer med de för träbränsle gällande. Därvid föreskrivs för brandrummet en temperatur-tid-kurva θ_t , som varierar med öppningsfaktorn $A\sqrt{h}/A_t$ enligt fig. 5 a och b, varvid A betecknar



Figur 5 a



Figur 5 b

sammanlagd öppningsyta för fönster, dörrar, rökluckor, ventilationsöppningar och andra öppningar i m² och h ett med hänsyn till respektive delyta vägt medelvärde av dessa öppningars höjd i m för brandcellen. För bestämning av den tillhörande brandvaraktigheten T anges sambandet

$$T = \frac{qA_t}{25A \sqrt{h}} \text{ min} \quad \dots (2)$$

vilket förutsätter en under branden konstant förbränningshastighet. För brandförloppets avsvalningsfas föreskrivs, om ej annat påvisas vara riktigare, en linjär temperaturminskning av 10°C/min.

Genom dessa nytillskott i bestämmelser och anvisningar öppnas nu vägen för en mera kvalificerad brandteknisk dimensionering av bärande och avskiljande konstruktioner.

3. Bestämning av temperatur-tid-fält för brandpåverkat bärverk

En noggrann beräkning av de temperatur-tid-fält, som uppkommer i ett brandpåverkat bärverk vid given temperatur-tidkurva för brandrummet, innebär en lösning av Fouriers värmeledningsekvation för det icke-stationära fallet med beaktande av föreliggande randvillkor. Icke oväsentligt kompliceras därvid en sådan lösning av förhållandet, att de i värmeledningsekvationen ingående termiska materialegenskaperna, värmeledningstal λ och specifikt värme c_p , inom för brand aktuellt temperaturområde är temperaturberoende på ett för praktisk tillämpning ej försumbart sätt.

Förhållandet belyses fragmentariskt av fig. 6 [11], vilken för gips med volymvikten 1250 kg/m³ och initialfuktkvoten 5 viktsprocent beskriver temperaturberoendet för entalpin per volymsenhet I (fig. 6 a), specifika värmnet per volymsenhet \bar{c}_p (fig. 6 b), bestämt ur uttrycket

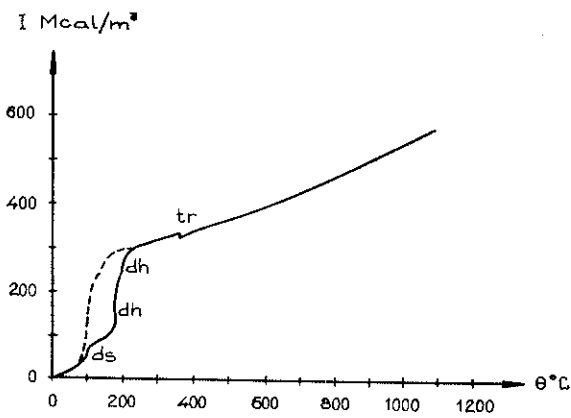
$$\bar{c}_p = \frac{\delta I}{\delta \theta} \quad \dots (3)$$

samt värmeledningstalet λ (fig. 6 c). De fysikalisk-kemiska förändringar, som inom redovisat temperaturområde därvid har aktualitet, är

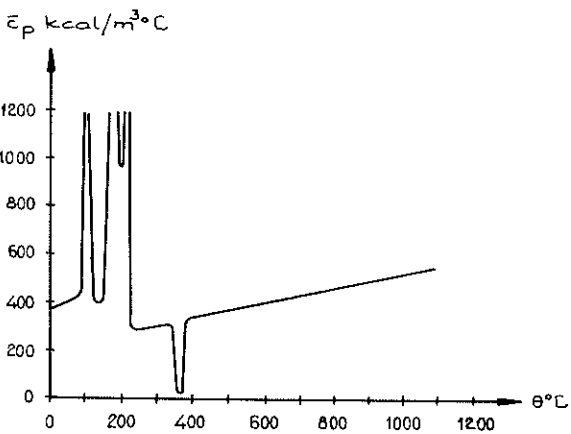
- a) vid 100°C adsorberat vattens bortgång (ds),
- b) vid 150—220°C kristallvattnets bortgång, vilket sker i två steg (dh),
- c) vid 360°C omvandling av lösligt CaSO₄ till en olöslig modifikation (tr).

Kurvorna förutsätter en förhållandevis snabb uppvärmning. Vid mindre uppvärmningshastighet inträder kristallvattnets bortgång vid lägre temperaturer och entalpikurvan kan då i stället få ett utseende enligt den streckmarkerade grenen i fig. 6 a.

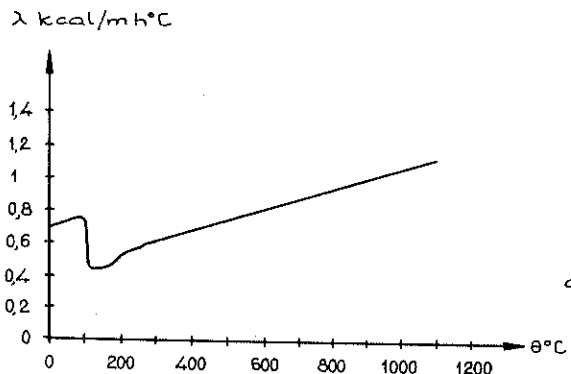
En med rimlig arbetsinsats framkomlig



a) Figur 6 a



b) Figur 6 b



c) Figur 6 c

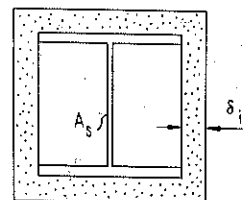
väg för till brandpåverkan hörande temperaturfältberäkningar med beaktande av temperaturberoende termiska materialdata erbjuder i dag numeriska behandlingar över räkneautomat; jfr t. ex. [12]. Vanligen baseras sådana numeriska behandlingar på de för elementindelad konstruktion uppställda, linjära differensekvationerna.

För isolerade metalliska bärverk anger litteraturen för ordinära praktiska förhållanden tillfredsställande närmemetoder för bestämning av den temperatur θ_s , som vid brandpåverkan uppkommer i det inneslutna metalliska bärverket, fig. 7 [2], [3], [13]—[15]. Närmemetoderna förutsätter som regel

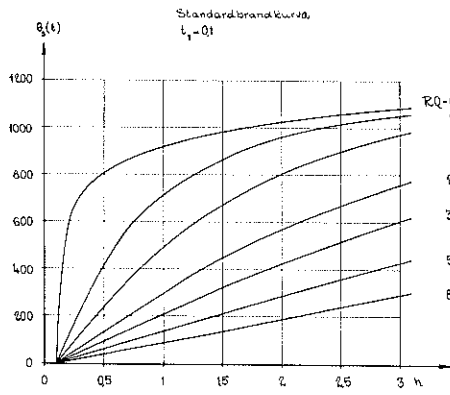
a) linjär temperaturgradient i isoleringen,

vilket gäller bättre ju mindre isoleringstjockleken δ_i är,

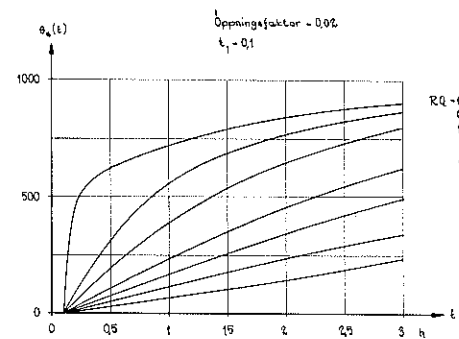
b) för såväl metallbärverk som isolering temperaturoberoende värmeledningstal och specifikt värme — en approximation, för vilken i viss utsträckning kan kompenseras genom val av för aktuellt temperaturområde representativa medelvärden,



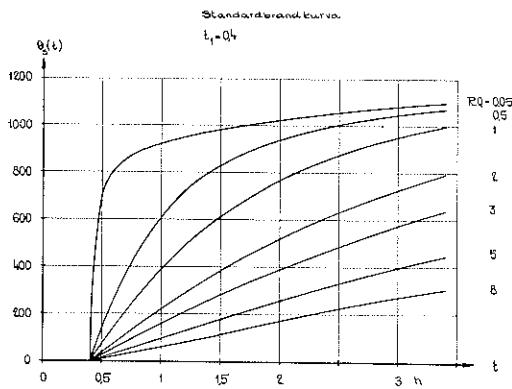
Figur 7



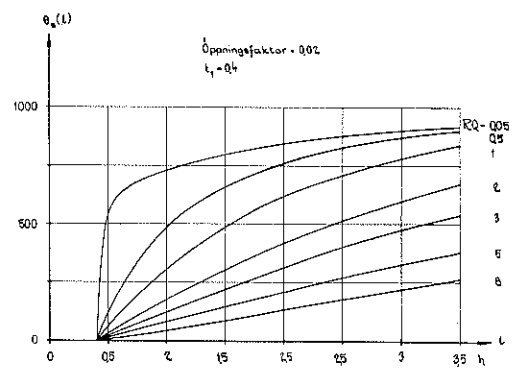
Figur 8 a



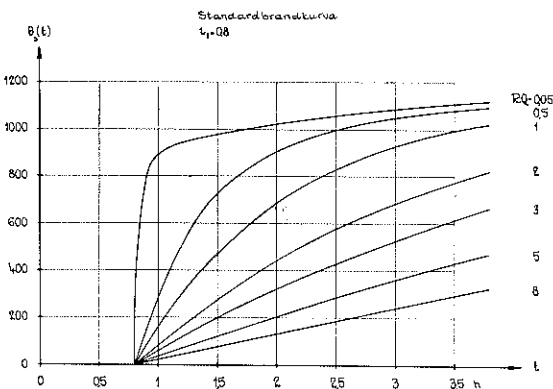
Figur 9 a



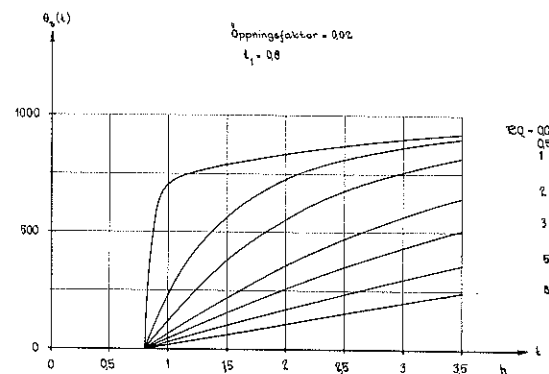
Figur 8 b



Figur 9 b



Figur 8 c



Figur 9 c

c) för isoleringen endimensionell värmeledning, vilket gäller bättre ju mindre hörneffekterna är.

Närmemetoderna har en parameterkaraktärisering, som underlättar en systematiserad resultatframställning i diagramform. Exempel på sådan resultatframställning ger fig. 8 och 9, som för ett enligt fig. 7 isolerat, metalliskt bärverk anger den till brandpåverkan hörande temperatur-tid-kurvan θ_s för det inneslutna bärverket vid varierande värden för de genom den konstruktiva detaljutformningen bestämda storheterna RQ och t_1 [2]. Kurvorna i fig. 8 gäller därvid för en temperatur-tid-kurva i brandrummet enligt ISO/TC 92, dvs kurva (1) enligt fig. 2 eller streckad kurva enligt fig. 5,

medan kurvorna i fig. 9 förutsätter en temperatur-tid-kurva i brandrummet enligt den för öppningsfaktorn $\sqrt{Ah}/A_t = 0,02$ i fig. 5 angivna. För storheterna RQ och t_1 gäller sambanden

$$Q = Q_s + Q_i + Q_l \quad \dots (4)$$

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i o_i} \quad \dots (5)$$

$$t_1 = \frac{1}{2} RQ_i \quad \dots (6)$$

med

$$Q_s = \text{metallbärverkets värmekapacitet per längdenhet} = \gamma_s A_s c_{ps} \quad \dots (7)$$

γ_s = bärverksmetallens densitet

A_s = metallbärverkets tvärsnittsyt

c_{ps} = bärverksmetallens specifika värme

$$Q_i = \frac{1}{3} \gamma_i \delta_i o_i c_{pi} \quad \dots (8)$$

γ_i = isoleringsmaterialets densitet

δ_i = isoleringens tjocklek

o_i = omkretsen av isoleringens medellinje

c_{pi} = isoleringsmaterialets specifika värme

λ_i = isoleringsmaterialets värmeledningstal

$$Q_l = c_{pl} V_l \quad \dots (9)$$

V_l = mellan isolering och metallbärverk per längdenhet inneslutet luftvolym

c_{pl} = till volymenhet hörande specifikt värme för luften.

4. Metalliskt bärverks brandmotstånd

Den ovan redovisade metodiken möjliggör för ett isolerat metalliskt bärverk en nyanserad beräkning för varje särskilt fall av den till brandpåverkan hörande temperatur-tid-kurvan θ_s . En översättning av denna temperatur för varje tidpunkt av brandpåverkan till en bärförmåga för bärverket förutsätter kunskaper om temperaturberoendet för aktuellt bärverks-materials hållfasthets- och deformationsegenskaper.

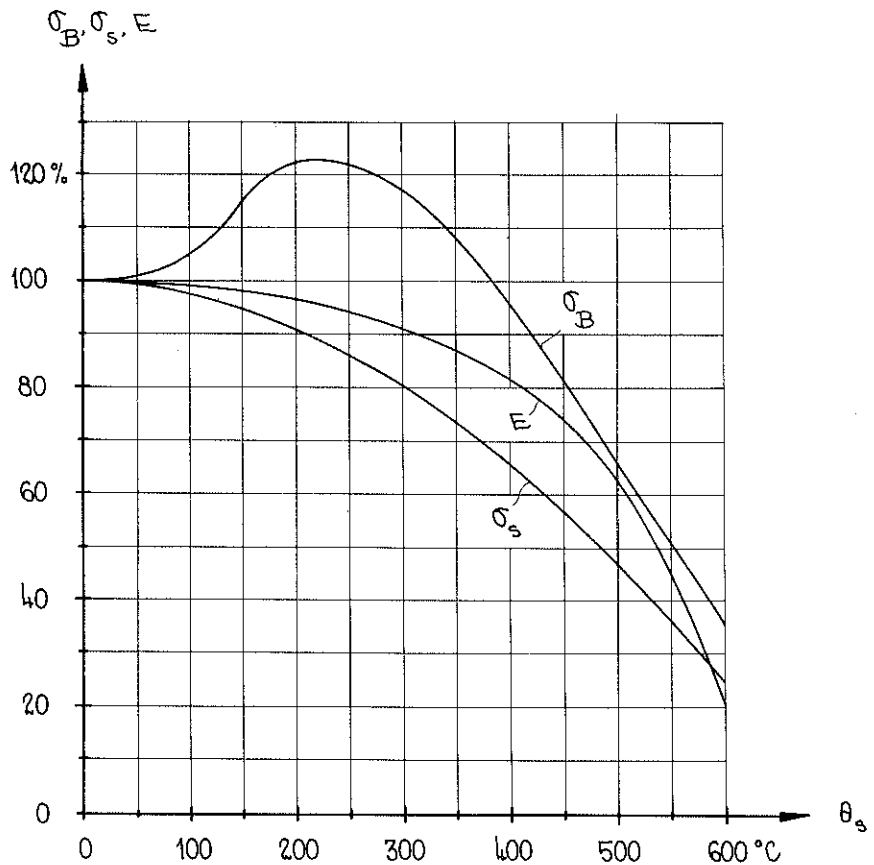
För mjukt konstruktionsstål illustreras detta temperaturberoende av fig. 10, vilken för temperaturområdet $\theta_s = 0-600^\circ\text{C}$ visar variationen av brotthållfastheten σ_B , sträckgränsen σ_s och elasticitetsmodulen E [15].

Motsvarande temperaturberoende för aluminiumlegeringar belyses av fig. 11, vad gäller brotthållfastheten σ_B och 0,2-gränsen $\sigma_{0,2}$ för de härdbara legeringarna AlCuSiMg-6 och AlSiMg-6 och den icke härdbara legeringen AlMg2-2, samt av fig. 12, vad gäller elasticitetsmodulen E och brottöjning δ för aluminiumlegeringarna AlCuSiMg-6, AlSiMg-6 och AlMg2-2 samt för sinteraluminiumpulver SAP [4]. Av de redovisade hållfasthets- och deformationsegenskaperna är sträckgränsen σ_s eller 0,2-gränsen $\sigma_{0,2}$ ensam avgörande för det brandpåverkade metalliska bärverkets bärförmåga vid renodlat drag-, tryck- eller böjbrott. Är aktuellt brott av typen elastiskt instabilitetsbrott, avgör i stället elasticitetsmodulen bärförmågan. För tryckt slank metallsträva, som knäckningsdimensionernas under förutsättning av initialkrokighet och initiell lastexcentricitet, gäller för den kritiska tryckspänningen $\sigma_k = P_k/A$ med $A =$ tvärsnittsytan vid initialkrokighet enligt Dutheil sambandet

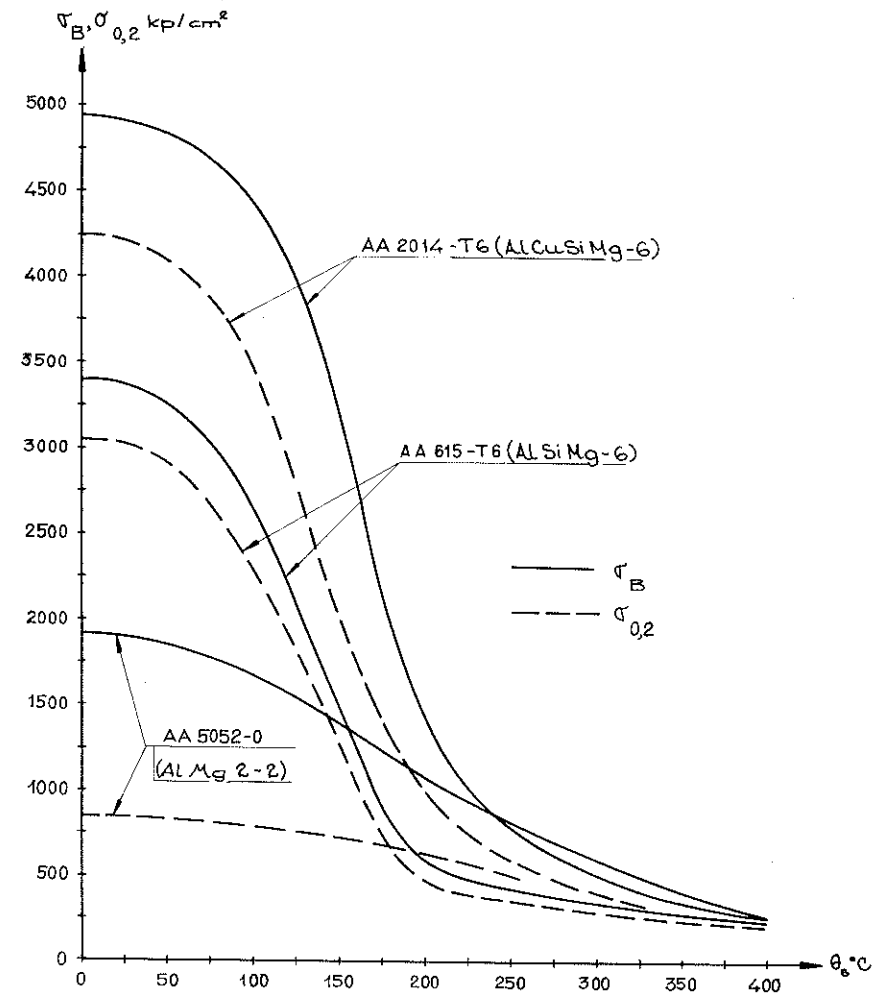
$$\sigma_k^2 - \sigma_k \left[\sigma_s + \pi^2 E \left(4,8 \cdot 10^{-5} + \frac{1}{\lambda^2} \right) \right] = -\sigma_s \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad \dots (10)$$

varvid λ betecknar strävans fiktiva slankhetstal. Vid en sådan dimensionering är följaktligen ett brandpåverkat metalliskt bärverks bärförmåga avhängigt av temperaturberoendet för såväl sträckgräns σ_s eller 0,2-gräns $\sigma_{0,2}$ som elasticitetsmodulen E .

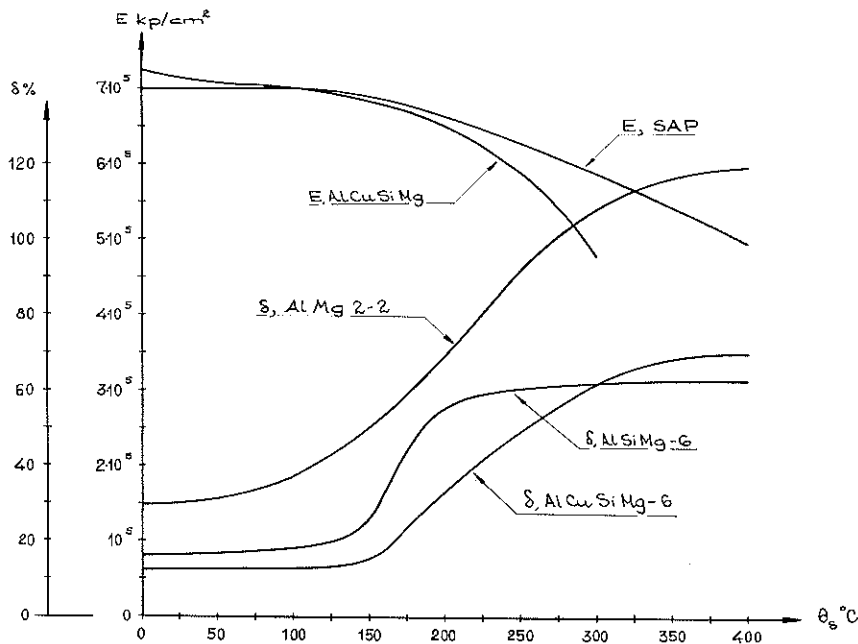
Avslutningsvis ställs för några summariska synpunkter frågan, under vilka förutsättningar, ett stålbärverk kan utföras helt utan brandisolering. Frågan har flitigt internationellt diskuterats under de senaste åren, varvid framför allt det inom European Convention of Constructional Steelwork Associations utförda forsknings- och utvecklingsarbetet varit pådrivande. På bestämmelsesidan är för



Figur 10



Figur 11

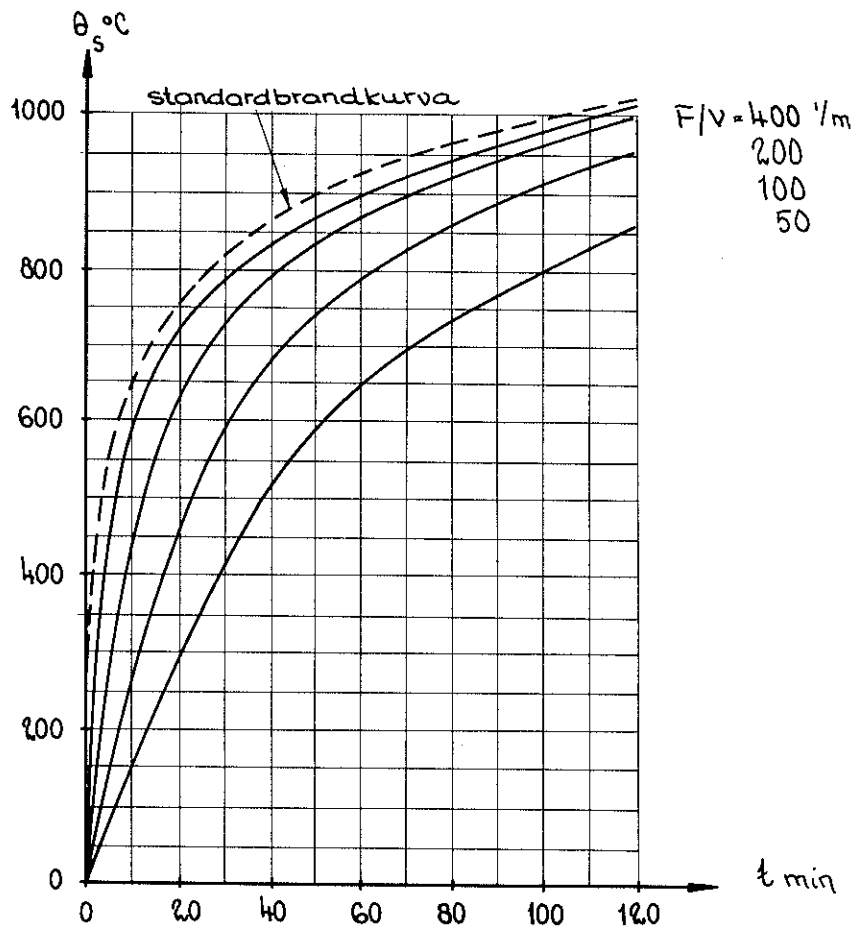


Figur 12

närvarande en liberalisering i inställning i frågan på väg att utbreda sig. Utan begränsningar tillåter i dag de italienska bestämmelserna oisolerat stålbärverk upp till en brandbelastning av 15 kg trä/m² golvyta. I de spanska bestämmelserna är motsvarande värde 20 kg/m². I Västtyskland tillåts — utan att det i bestämmelser skriftligt utsägs — oisolerat stålbärverk vid brandbelastning ≤ 25 kg/m². I föreliggande schweiziskt normförslag

medges generellt oisolerat stålbärverk vid brandbelastning upp till 20 kg trä/m² golvyta. På utsidan av fasad placerat stålbärverk får utföras utan brandisolering vid brandbelastning upp till 30 kg/m². I Schweiz tillåts som följd härav i dag generellt oisolerat stålbärverk i t. ex. garagebyggnader.

I stort torde en utveckling i den redovisade riktningen vara rimlig. Principiellt kan dock ifrågasättas lämpligheten av



Figur 13

onyanserade bestämmelseföreskrifter av angiven art. Mot bakgrunden av ovan genomförd analys bör den ställda frågan ur funktionell synpunkt naturligen besvaras för varje särskilt fall genom en teoretisk beräkning enligt redovisade riktlinjer för en kvalificerad brandteknisk dimensionering. Underlätta för en sådan beräkning är därvid fig. 13 [15], vilken för oisolerat stålbärverk ger till standardbrandkurvan hörande temperatur-tidkurvor vid varierande förhållande mellan mot branden exponerad bärverksyta F i m² och bärverksvoym V i m³ per längdenhet av bärverket.

LITTERATUR

- [1] BOUÉ, P., Der Feuerschutz im Stahlhochbau. Berichte des Deutschen Ausschusses für Stahlbau, Heft 21, Köln 1959.
- [2] PETERSSON, O., Utvecklingstendenser rörande brandteknisk dimensionering av stålkonstruktioner. Väg- och vattenbyggaren, nr 6—7, 1964.
- [3] PETERSSON, O., Structural Fire Engineering Research Today and Tomorrow. Acta Polytechnica Scandinavica Ci 33, Stockholm 1965. Jfr också PETERSSON, O., Den byggnadstekniska brandforskningen i dag och i framtiden. Gullkornet nr 2 och 5, 1964.
- [4] Aluminiumkonstruktioner. Försöksnormer och kommentarer, utarbetade av SVR:s Aluminiumnormkommitté. Stockholm 1966.
- [5] MALMSTEDT, K. — CHRISTENSEN, G. — LOHSE, V., NBS Full Scale Tests Concerning the Spread of Fire from a Chamber to a Corridor. National Danish Institute for Building Research, Copenhagen 1967.
- [6] GUNNERS, N.-E., Methods of Measurement and Measuring Equipment for Fire Tests. Joint Inter-Scandinavian Fire Tests on Lining Materials for Buildings at Copenhagen Fire Test House. Acta Polytechnica Scandinavica, Stockholm 1967.
- [7] FAURE, J., Study of Convection Currents Created by Fires of Large Area. International Symposium on the Use of Models in Fire Research, Washington 1961.
- [8] THOMAS, P. H., Some Studies of Models in Fire Research. VFDB-Zeitschrift, Heft Nr 3, Stuttgart 1960.
- [9] KAWAGOE, K. — SEKINE, T., Estimation of Fire Temperature — Time Curve in Rooms. Building Research Institute, Occasional Report No. 11, Tokyo 1963.
- [10] ODEEN, K., Theoretical Study of Fire Characteristics in Enclosed Spaces. Division of Building Construction, KTH, Bulletin No. 10, Stockholm 1963.
- [11] HARMATHY, T. Z., A Treatise on Theoretical Fire Endurance Rating. National Research Council, Canada, Division of Building Research, Research Paper No. 153, Ottawa 1962.
- [12] ODEEN, K., Beräkning av icke-stationär, tvådimensionell värmeledning i brandutsatta betongkonstruktioner. Väg- och vattenbyggaren, nr 12, 1964.
- [13] GEILINGER, W. — BRYL, S., Feuersicherheit der Stahlkonstruktionen, IV. Teil. Schweizer Stahlbauverband, Mitteilungen der Technischen Kommission, Heft 22, Zürich 1962.
- [14] FUJII, S., The Theoretical Calculation of Temperature-Rise of Thermally Protected Steel Column Exposed to the Fire. Building Research Institute, Occasional Report No. 10, Tokyo 1963.
- [15] WITTEVEEN, J., Brandveiligheid Staalconstructies. Centrum Bouwen in Staal, Rotterdam 1966.