



LUND UNIVERSITY

Några system för riskanalys av en byggnads totala brandförsvar

Pettersson, Ove

1990

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Pettersson, O. (1990). *Några system för riskanalys av en byggnads totala brandförsvar*. (LUTVDG/TVBB--3115--SE; Vol. 3115). [Publisher information missing].

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

Några system för riskanalys av en byggnads totala brandförsvar

Ove Pettersson

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 3115, Lund 1990



Några system för riskanalys av en byggnads totala brandförsvar

Ove Pettersson

Report 3115

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--3115--SE

Number of pages: 55

Illustrations: Ove Pettersson

Keywords

Risk analysis, index method, point score, building fire safety

Abstract

A summary of different risk analysis methods for building fire safety is presented. The methods are: the Gretener system, GSA concept tree, NFPA methods and the Danish ARGOS system

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 1990.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

NÅGRA SYSTEM FÖR RISKANALYS AV EN BYGGNADS TOTALA BRANDFÖRSVAR

av Ove Pettersson

1. Mål och strategi för brandförsvarets utformning och dimensionering [1]

En byggnads eller ett samhälles brandförsvaret utgörs av dels förebyggande, dels släckande brandförsvaret. Genom det förebyggande brandförsvaret vill man förhindra att brand uppkommer och sprids, säkerställa att en trygg utrymning kan ske och underlätta brandsläckning. Alternativt benämns det förebyggande brandförsvaret passivt brandförsvaret. Det släckande eller aktiva brandförsvaret omfattar brandkårsinsats, manuella och automatiska släcksystem, anordningar för brands upptäckt och larm.

Det förebyggande brandförsvaret är väl reglerat i föreskrifter och anvisningar — främst byggnadslagen (BL), byggnadsstadgan (BS) och tillhörande tillämpningsföreskrifter — svensk byggnorm (SBN). Därvid utgör brandkraven en kravgrupp, som skall beaktas vid byggnaders utformning parallellt med och integrerat med andra kravgrupper med avseende på hygien och trevnad, handikapptillgänglighet, energihushållning, konstruktiv säkerhet och godtagbar avfallshantering.

För det förebyggande brandförsvaret är samhällets krav i första hand inriktade på omsorgen om människors säkerhet — rädda liv — och i andra hand på egendomsskyddet — rädda egendom. I prioritetsordning har därvid föreskrifterna i Svensk Byggnorm följande fem målsättningar:

- * förhindra brands uppkomst,
- * säkerställa trygg utrymning,
- * förhindra omfattande ras av en brinnande byggnad (bärförmåga),
- * förhindra brandspridning till grannen,
- * underlätta brandsläckning.

Målprioriteringen har en direkt motsvarighet i det kommunala brandförsvarets (brandkårens) uppgifter, som i prioritetsordning omfattar:

- * att förebygga brand,
- * att rädda liv,
- * att förhindra brands spridning,
- * att släcka brand.

Brandsläckning är alltså den uppgift, som kommer sist på brandkårens prioritetslista.

Vid projektering av en byggnad tillkommer ofta — utöver samhällets minimikrav — behov av ytterligare brandförvarstekniska åtgärder. Det kan vara krav på en viss skyddsteknisk nivå, som beställaren själv framför, t ex att byggnaden snabbt skall kunna återanvändas för aktuell verksamhet efter en brand. Vidare kan försäkringsgivarna genom sin premiesättning påverka byggnadens utformning, dess installationer m m. Premien beror bl a på närheten till kommunalt brandförsvaret, verksamheten i byggnaden, byggnadens och byggnadsdelarnas material samt förekomsten av särskilda brandskyddsåtgärder, t ex automatiskt brandlarm eller automatisk vattensprinkleranläggning.

På nationell nivå bör strävan för investeringarna inom förebyggande och släckande brandförsvaret vara — med hänsyn tagen till andra sociala faktorer [2], [3]

- * att inom en given ram för den totala investeringskostnaden ge brand-skyddet en sådan detaljutformning, att effekten blir möjligast optimal samt
- * att välja en sådan nivå för denna, optimalt fördelade, totala investeringskostnad, att summan av brandskadekostnad och investeringskostnad blir minimum.

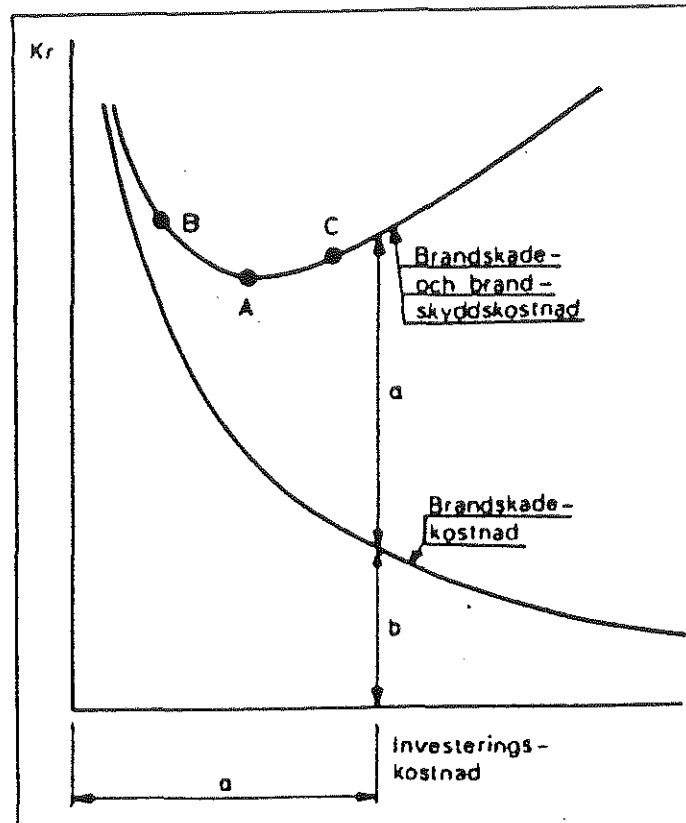


Fig. 1 Samband mellan total investeringskostnad för förebyggande och släckande brandförsvaret a, total brandskadekostnad b samt sammanlagd, total brandförsvars- och brandskadekostnad $a + b$

Principen illustreras av fig 1. I denna betecknar a den optimalt fördelade, totala investeringskostnaden för förebyggande och släckande brandförsvaret och b den totala brandskadekostnaden, inklusive kostnaden för brandförsäkringsväsendets administration. Med ökad investeringskostnad a för det förebyggande och släckande brandförsvaret följer en minskning av de direkta och indirekta brandskadorna och den totala brandskadekostnaden b. För en viss nivå på investeringskostnaden a blir summan av brandskydds- och brandskadekostnaderna $a + b$ minimum, punkt A i figuren. I förhållande till denna nivå på investeringskostnaden leder såväl minskade som ökade investeringar i det förebyggande och släckande brandförsvaret till en ökning av de sammanlagda, totala brandförsvars- och brandskadekostnaderna, punkterna B och C i figuren.

Principen för optimering av brandförsvars- och brandskadekostnaderna på nationell nivå gäller också för t ex en kommun och ett industriområde eller en industri med egna brandkårsresurser, dvs för sådana enheter, som är entydigt avgränsade ur totalkostnadssynpunkt.

Vid tillämpning på enskilda byggnader måste principen däremot modifieras. De investeringar i främst släckande brandförsvär, som därvid görs för det enskilda objektet, utgör nämligen en integrerad del av samhällets mer övergripande brandförsvär med de kommunala och statliga brandsläcknings- och räddningsresurserna som mest väsentlig komponent.

Vid en dimensionering enligt den beskrivna principen för ekonomisk optimering av de sammanlagda, totala brandskydds- och brandskadekostnaderna måste normalt vissa minimivillkor vara uppfyllda. Ett sådant minimivillkor utgör kravet på att en personutrymning skall vara säkerställd vid brand. Detta kan innebära antingen en fullständig personutrymning för en hel byggnad eller – vilket har aktualitet för t ex vårdanläggningar och mycket höga byggnader – en förflyttning till en säker flyktplats inom byggnaden för de personer, som finns inom den av en brand direkt berörda delen. Kravet förutsätter en sådan utformning med hänsyn till brandcellsavgränsning, sektionering och utrymningsvägar, att nödvändig personutrymning eller personförflyttning till säker flyktzon kan ske vid en för människan ofarlig påverkan av värme, rök och toxiska förbränningsprodukter. För byggnader, som innehåller vital och särskilt dyrbar utrustning och inredning, kan det vara motiverat att öka minimivillkoret för det förebyggande och släckande brandförsvaret så att en kombinerad person- och egendomsutrymning kan säkerställas. För fallet personförflyttning från brandpåverkad del av byggnaden till annan del av byggnaden måste krävd personsäkerhet kunna uppfyllas under ett fullständigt brandförlopp eller under den tid, som i ogynnsammaste fall fordras för att en brand vid aktuella förutsättningar skall vara helt bekämpad. Till grund för minimivillkor på denna nivå kan även ligga en med hänsyn till brandbekämpningspersonalen krävd säkerhet.

För att en totalekonomisk optimering skall kunna genomföras för det förebyggande och släckande brandförsvarets dimensionering fordras bl a kunskaper om ett stort antal, ofta starkt komplicerade, statistiska variabler. Exempel på betydelsefulla sådana är [2], [4]

- (1) risken för uppkomst av brand,
- (2) risken för att en brand skall ge övertändning i brandcellen,
- (3) de statistiska variationerna i brandbelastning och olika typer av statisk last,
- (4) den statistiska spridningen i brandcells- och brandförlopps-karakteristika,
- (5) de statistiska variationerna i material- och produktgenskaper vid olika temperaturer,
- (6) praktiskt ofrånkomliga avvikelser i utförandet i förhållande till i olika handlingar givna föreskrifter och anvisningar,
- (7) risken för att inom det förebyggande brandförsvaret utfärdade säkerhetsföreskrifter ej följs i alla avseenden,
- (8) statistiska variationer i insatstid och omfattning för inom viss tid garanterad insats av det aktiva brandförsvaret samt
- (9) osäkerheter i funktionen hos detektorer, larm- och släcksystem, kontrollsystem för rök och andra förbränningsprodukter samt utrymningsvägar.

Ytterligare komplicerande faktorer för en konsekvent tillämpning av dimensioneringsprincipen utgör t ex förkalkyler av de ekonomiska konsekvenserna av olika typer av brandskador.

Tyvärr är de nuvarande kunskaperna om de exemplifierade variablerna och faktorerna alltför ofullständiga för att en dimensionering av brandskyddet i form av en totalekonomisk optimering skall vara möjlig i normala fall. Det är trots detta angeläget att målsättningen att uppnå ett totalekonomiskt optimum väljs som utgångspunkt, då förenklade dimensioneringsförfaranden utvecklas för begränsade

delområden av det totala brandskyddet och då metoder och system för riskanalys och riskvärdering konstrueras för t ex en byggnads totala brandförsvär. Hjälpmedel för att styra i riktning mot denna målsättning utgör t ex totalekonomiska uppföljningar och analyser av efter hand framkommet erfarenhetsunderlag. En nyanserad funktionsanknytning av dimensioneringsmetoder och dimensioneringssystem är ett annat, väsentligt hjälpmedel för styrning mot den definierade målsättningen.

Den snabba utveckling, som nu pågår av krav, föreskrifter och anvisningar i olika länders normer och bestämmelser, är i samklang med den beskrivna övergripande målsättningen. Några karakteristiska tendenser i denna utveckling utgör

- * ett bättre hänsynstagande till verklig brandpåverkan,
- * en ökad omfattning av dimensionering, som bygger på väldefinierade funktionskrav,
- * en utveckling av nya provningsmetoder, som i största möjliga utsträckning är materialneutrala och baserade på väldefinierade egenskaper och fenomen,
- * en ökad tillämpning av analytiska metoder — i sin mest avancerade form anpassade till modern säkerhetsfilosofi,
- * en ökad användning av integrerade bedömningar och
- * ett införande av målorienterad systemanalys inom det totala, aktiva och passiva brandförsvaret för en byggnad.

En sådan utveckling understryker nödvändigheten av att brandförsvarets utformning hanteras som en integrerad komponent i projekterings- och dimensioneringsprocessen. I denna ingår därvid en funktionsbaserad analys eller bedömning av det brandpåverkade systemets reaktion för alternativt möjliga brandscenarier. På sikt kommer utvecklingen att leda till en jämnare säkerhet och bättre ekonomi för t ex en byggnads eller ett samhälles brandförsvär.

I det följande redovisas några exempel på internationellt väl kända riskanalys- eller riskvärderingssystem för det totala brandförsvaret för en byggnad eller en avgränsad del därav. Exempelen omfattar såväl kvalitativa som kvantitativa system. Generellt stimulerar sådana system till en övergripande och integrerad analys vid brandförsvarets projektering och dimensionering och ger därvid en hög grad av flexibilitet i detaljlösning. Systemen ger underlag för s k tekniska byten, varmed förstås utbyte eller kompensation i omfattning mellan två eller flera brandförvarsåtgärder vid bibehållen resulterande skyddsnivå.

De system, som kommer att behandlas är

- * Gretnersystemet,
- * system, utvecklade av General Services Administration (GSA) vid Public Buildings Service och av National Fire Protection Association (NFPA) i USA,
- * system, utvecklat av National Bureau of Standards (NBS) och Department of Health, Education and Welfare (HEW) i USA för tillämpbarhet på sjukhus och vårdhem samt
- * system, utvecklat av Dansk Brandvaernskomite för riskbedömning och kostnadsvärdering för en sektionerad del i en våning av en byggnad.

Framställningen avslutas med några exempel på kostnads/nyttoanalys och ekonomisk optimering av brandförvarsåtgärder.

2. Gretener-systemet

Gretener-systemet är sannolikt det riskvärderingssystem för en byggnads brandförsvar, som fått den vidaste tillämpningen i Europa. Det presenterades första gången 1961 av schweizaren M Gretener, verksam vid Swiss Fire Prevention Service. Systemet har sedan vidareutvecklats i flera etapper, bl a av Brand-Verhütungs-Dienst (BVD) für Industrie und Gewerbe i Schweiz [5], [6] och av E Bamert, D Cluzel och P Sarrazin i Frankrike [7], [8]. En uppdatering av systemets variabler har genomförts inom det europeiska försäkringssamarbetet (Comité Européen des Assurances, CEA). En svensk presentation av systemet ges i [9].

Gretener-systemet är ett kvantitativt riskvärderingssystem, som värderar brandens frekvens, person- och egendomsrisker och den skada, som en brand förväntas förorsaka. Värderingen kan alternativt kopplas till ett rum, en våning eller en hel byggnad. Metoden är främst avsedd att tillämpas för industrianläggningar men är också applicerbar på publika anläggningar av typen utställningshallar, varuhus, hotell och sjukhus. Metoden kan även användas för en brandriskvärdering av större bostadshus.

Vid en brandriskvärdering av ett objekt beräknas dels objektets risknivå R_o , dels den acceptabla risknivån R_{accept} och dimensioneringskravet för vidtagna brandförsvarsåtgärder är

$$R_o \leq R_{accept} \quad (2.1)$$

Objektets risknivå R_o beräknas ur sambandet

$$R_o = \frac{P}{M} A \quad (2.2)$$

Härvid är P en riskfaktor, som tar hänsyn till byggnadens och dess innehålls medverkan till en brands uppkomst och spridning. M är en skyddsfaktor, som beaktar utformningen av det byggnadstekniska brandskyddet samt larm- och släckåtgärder. A är en aktivitetsfaktor, som bestäms av verksamheten i byggnaden.

Det tillstånd, som svarar mot att risk-, skydds- och aktivitetsfaktorerna P , M och A samtidigt har värdet 1, definieras som normal risknivå R_{normal} . Enligt ekv (2.2) blir denna

$$R_{normal} = 1 \quad (2.3)$$

Som acceptabel risknivå anges normal risknivå multiplicerad med en faktor $1,3 - r$, dvs

$$R_{accept} = R_{normal} (1,3 - r) = 1,3 - r \quad (2.4)$$

där r är en korrektionsfaktor, som med hänsyn till personrisk beror av antalet personer i en våning eller brandsektion och dessas räddningsmöjligheter och som med hänsyn till egendomsrisk är avhängig av egendomens värde och dess skadekänslighet.

2.1 Riskfaktorn P

Som nämnts, tar riskfaktorn P hänsyn till byggnadens och dess innehålls medverkan till en brands uppkomst och spridning. Riskfaktorn bestäms därvid av sambandet

$$P = q c f k i e g \quad (2.5)$$

där

q beror av innehållets brandbelastning,
 c beror av innehållets grad av brännbarhet,
 f beror av förutsedd rökutveckling,
 k beror av rökgasernas korroderande egenskaper,
 i beror av byggnadens tillskott till brandbelastningen,
 e beror av byggnadens våningsantal och antalet källarvåningar
 och
 g beror av största storlek av osektionerad golvyta.

Av de inverkanse faktorerna är alltså q , c , f och k relaterade till byggnadens innehåll och i , e och g till själva byggnadens utformning. De olika faktorernas variation med inverkanse parametrar belyses översiktligt i det följande.

Fig. 2.1 visar variationen av faktorn q med brandbelastningen från byggnadens innehåll i MJ per m^2 golvyta.

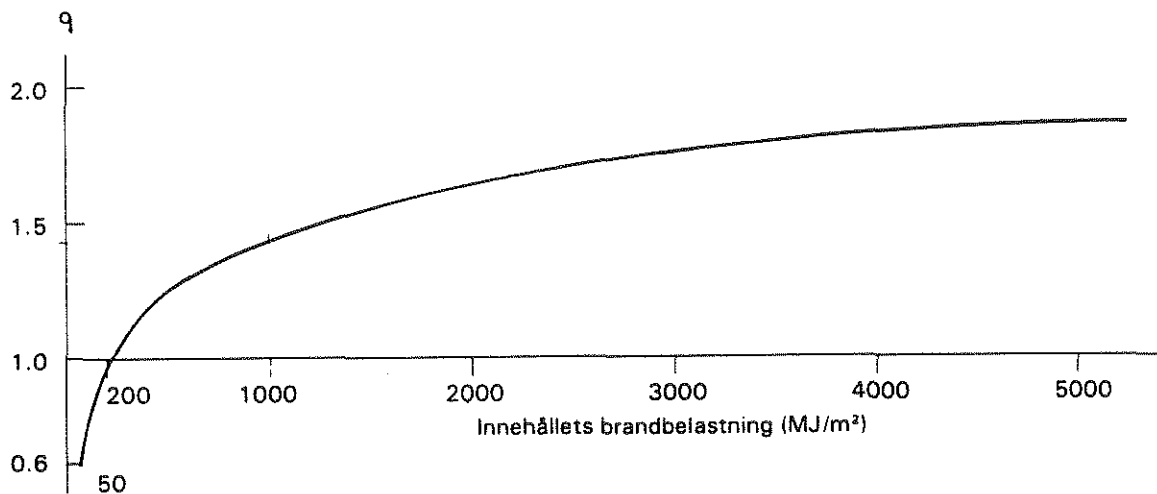


Fig. 2.1 Faktorn q som funktion av innehållets brandbelastning i MJ per m^2 golvyta

För brandbelastning $> 5\,000 \text{ MJ} \cdot m^{-2}$ gäller följande q -värden:

Brandbelastning ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	q
5 001 – 7 000	2,0
7 001 – 10 000	2,1
10 001 – 14 000	2,2
14 001 – 20 000	2,3
20 001 – 28 000	2,4
> 28 000	2,5

Faktorn c beror av förbränningsegenskaperna för byggnadens innehåll och varierar i stort enligt följande tabell med brännbarhetsklasserna definierade enligt [5]. I [9] ges ett omfattande underlag för val av brännbarhetsklass (bilagor A och B) vid olika material och lagrade varor i olika verksamheter.

Typ av innehåll	Brännbarhetsklass	c
Extremt brandfarligt	I	1,6
Mycket brandfarligt	II	1,4
Brandfarligt, lättantändligt	III	1,2
Normal-, svår-, obrännbart	IV – VI	1,0

Fig. 2.2 ger exempel på material inom de olika brännbarhetsklasserna.

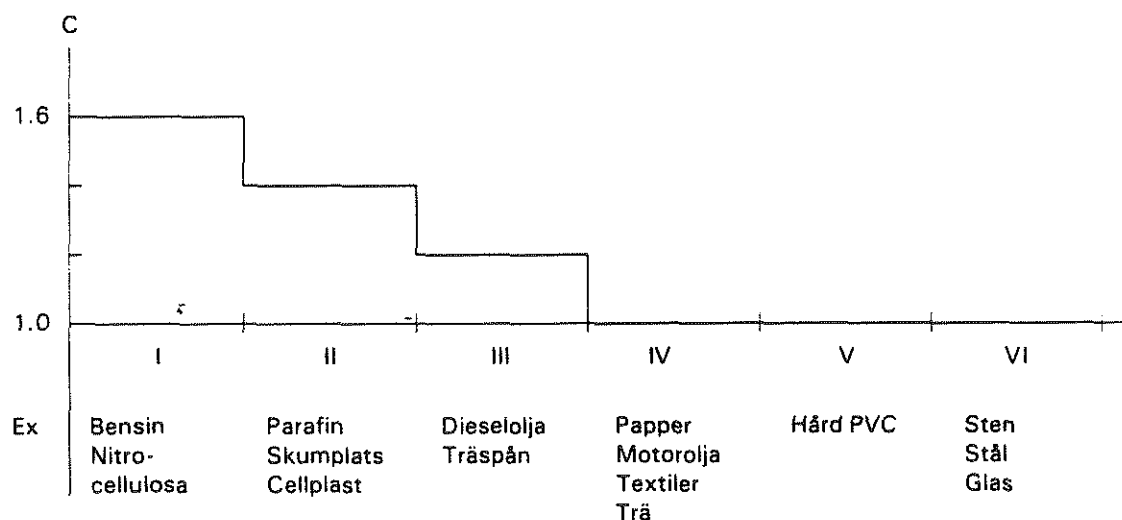


Fig. 2.2 Faktorn c som funktion av innehållets brännbarhetsklass

Faktorn f beskriver inverkan av rökbildningsegenskaperna för byggnadens innehåll med en variation enligt följande tabell.

Rökutveckling	f
Normal	1,0
Ökad	1,1
Hög	1,2

Underlag för val av rökutvecklingsnivå vid olika praktiska tillämpningar ges i [9] (bilagor A och B).

Utvecklingen av korrosiva och toxiska förbränningsprodukter beaktas genom faktorn k enligt följande tabell.

Produktion av korrosiva och toxiska förbränningsgaser	k
Normal	1,0
Ökad	1,1
Hög	1,2

Inverkan av byggnadens tillskott till brandbelastningen bestäms av faktorn i och kan därvid väljas enligt följande tabell.

Sten/mte	Ytterväggar							
	A 90 Sten Betong		A 30/60 Obrännbara ele- ment eller skyd- dad med obränn- bar beklädnad		Obrännbara enkelskikts- väggar		Brännbara ele- ment eller i brännbara skikt utan obrännbar beklädnad	
Pelare/Balkar Sektioneringsväggar som avgränsar en brand- sektion		i		i		i		i
A 90 Armerad betong Skyddat stål	11	1.0	12	1.0	13	1.0	14	1.2
A 30/60 Skyddat stål Skyddat trä	21	1.0 1.1	22	1.0 1.1	23	1.0 1.1	24	1.2 1.2
Oskyddat stål	31	1.0	32	1.0	33	1.0	34	1.2
Trä Plast	41	1.2	42	1.2	43	1.2	44	1.3

Faktorn e anger inverkan av våningsplan eller byggnadens höjd och är därvid differentierad med hänsyn till om våningsplanet ligger över eller under mark-

planet enligt fig. 2.3. För våningsplan ovan markplanet påverkas faktorn e också av brandbelastningen från byggnadens innehåll enligt figurens kurvor 1, 2 och 3 varvid

- 1 refererar till normala flervåningsbyggnader med våningshöjd ca 3 m och envåningsbyggnader med en hög brandbelastning > 800 MJ per m^2 golvyta,
- 2 refererar till övriga envåningsbyggnader och
- 3 refererar till hallbyggnader med en låg brandbelastning ≤ 200 MJ per m^2 golvyta.

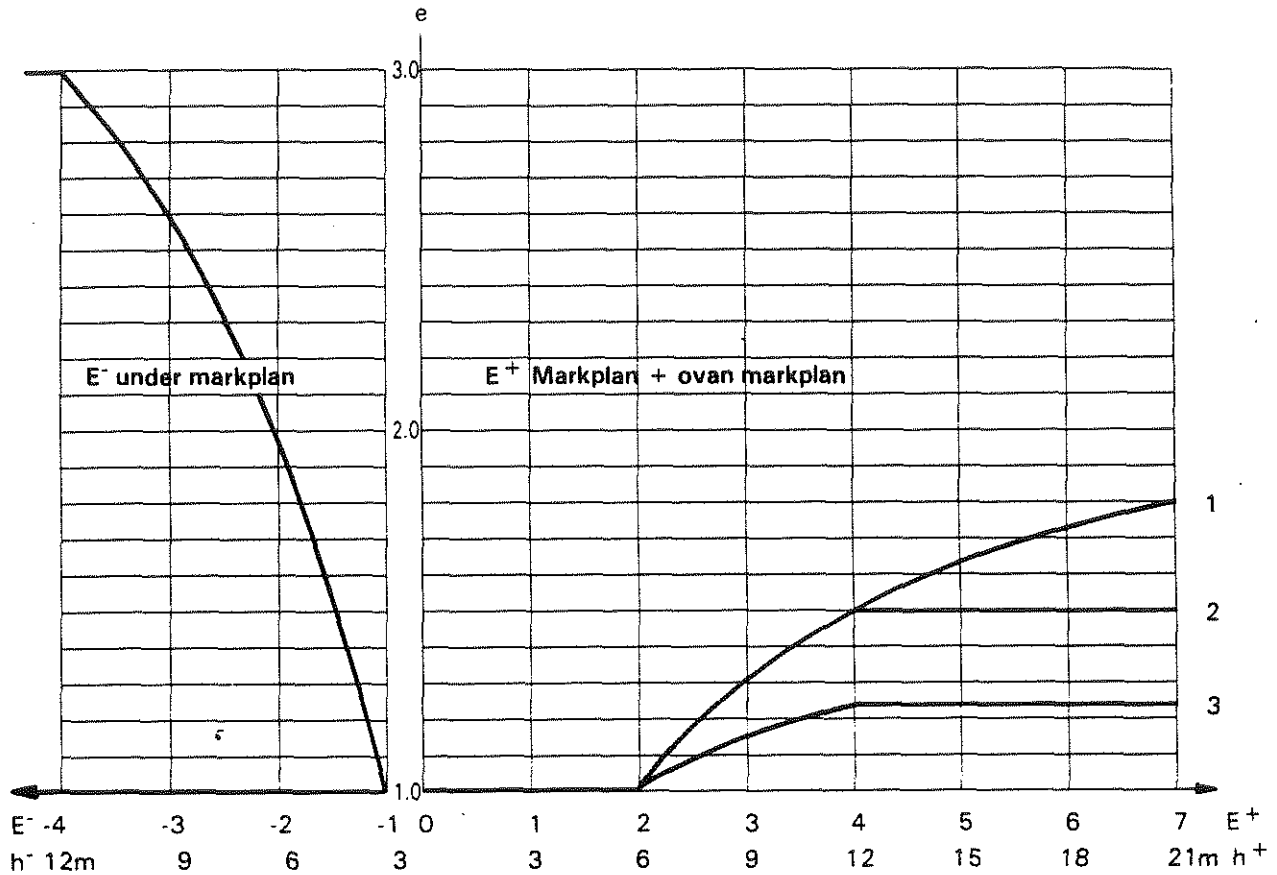


Fig. 2.3 Faktorn e som funktion av våningsplan E och byggnadens höjd h

Vid tillämpning av diagrammet skall för flervåningsbyggnader rumshöjder över 4 m räknas som två våningar och rumshöjder över 8 m som tre våningar.

Faktorn g slutligen ger uttryck för brandens spridningsmöjligheter och varierar med storleken av den största brandsektionen i byggnaden F_B . Vid en brandsektion, vars golvyta är mer än $1\,200\,m^2$, beror faktorn g också av brandsektionens längd/breddförhållande l/b . Variationen framgår av följande tabell.

Golvyta F_B i m^2	200	400	600	800	1.000	1.200
g	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00

Små ytor $g = f(F_B)$

$l/b \backslash F_B$		1.200	2.500	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.500	10.000	14.000	20.000	30.000
g	1.0 1.4	1.0	1.20	1.35	1.55	1.80	2.00	2.20	2.55	2.90	3.60	4.25	5.00
	1.5 2.4	1.0	1.15	1.30	1.45	1.65	1.85	2.05	2.35	2.65	3.40	4.05	4.75
	2.5 3.9	1.0	1.10	1.20	1.35	1.55	1.75	1.90	2.15	2.40	3.10	3.80	4.50
	4.0 6.0	1.0	1.05	1.10	1.25	1.45	1.60	1.70	1.95	2.15	2.75	3.50	4.25
	>6.0	1.0	1.00	1.05	1.15	1.30	1.45	1.55	1.75	1.90	2.40	3.10	4.00

Stora ytor $g = f(l/b, F_B)$

För brandsektioner utan fönster och i våningsplan, som ej är åtkomliga för brandstegar, skall faktorn g väljas enligt tabellraden för $l/b = 1 - 1,4$. Detta gäller också för våningar under markplanet.

2.2 Skyddsfaktorn M

Skyddsfaktorn M sammanfattar inverkan av de aktiva och passiva brandförsvarsåtgärderna i byggnaden. Faktorn bestäms ur sambandet

$$M = N S F \quad (2.6)$$

varvid

N är en faktor, som sammanfattar de för byggnaden gällande åtgärderna inom området normalt, aktivt brandförsvär — handbrandsläckare, förekomst av invändiga brandposter, system för frammatning av släckvatten, släckvattenkapacitet, vattentryck vid brandposter, avstånd från utvändig brandpost till byggnadens entré, brandkårens insatstid,

S en faktor, som sammanfattar eventuellt ytterligare, aktiva brandförsvarsåtgärder inom byggnaden — detektorer, larmordningar, automatiska släcksystem, rök- och brandventilation, industribrandförsvär ingående i den normala arbetsstyrkan, speciell brandkårsutrustning och

F en faktor, som beror av brandmotståndet för byggnadens stomme.

Ett summariskt underlag för en bestämning av faktorerna N , S och F redovisas i bilaga 2.1 [9].

2.3 Aktivitetsfaktorn A

Aktivitetsfaktorn A bestäms av verksamheten i byggnaden och tar därvid hänsyn till dels operationella influenser som olika förekommande tändkällor, dels människ-

liga influenser. De senare påverkas av

- * företagsledningens attityd till brandförsvaret,
- * sammansättning och kvalitet av arbetsstyrkan och dess attityd till arbetet och arbetsplatsen,
- * persontätheten, dvs antalet personer per ytenhet och
- * arbetstiderna (tre, två eller ett skift).

För beskrivning av verksamheten tillämpar systemet fem aktivitetsgrader eller kategorier. Ett detaljerat underlag för val av kategori redovisas i [9] (bilaga A). En summarisk rekommendation ges i följande tabell.

Kategori	Aktivitetsgrad	A	Exempel
1	Låg	0,85	Museum
2	Normal	1,00	Bostäder, hotell, papperslager
3	Ökad	1,20	Lätt mekanisk tillverkning
4	Hög	1,45	Kemiska laboratorier, färgaffär
5	Mycket hög	1,80	Lack- och färgtillverkning

2.4 Acceptabel risknivå R_{accept}

Den acceptabla risknivån R_{accept} bestäms enligt ekv (2.4), i vilken r är en korrektionsfaktor, som tar hänsyn till personrisk och egendomsrisk vid brand.

I byggnader med personer, som förutses kunna orientera sig väl i samband med utrymning – t ex i byggnader, som inte är öppna för allmänheten (industrier, lager) – sätts korrektionsfaktorn $r = r_p = 0$ och följaktligen den acceptabla risknivån $R_{\text{accept}} = 1,3$. I byggnader med stora personrisker vid brand – t ex vid hög persontäthet (kontorshus, hotell), vid panikrisk (varuhus, teatrar), vid försvårad utrymning till följd av sjukdom och ålder (sjukhus, ålderdomshem), där personer hålls inlåsta (fängelser) eller vid speciella byggnader (höghus, underjordiska anläggningar) – väljs korrektionsfaktorn r_p enligt följande tabell, i vilken H är antalet utsatta personer i en våning eller brandsektion. P_v betecknar

H	P_1	P_2	P_3
$H < 10$	0,00	0,05	0,10
$10 \leq H < 30$	0,05	0,10	0,15
$30 \leq H < 100$	0,10	0,15	0,20
$100 \leq H < 300$	0,15	0,20	0,25
$300 \leq H < 1000$	0,20	0,25	0,30
$H \geq 1000$	0,25	0,30	0,35

typ av byggnad eller lokal med

P_1 = skolor, kontorshus, höghus, möteslokaler, teatrar, restauranger
 P_2 = hotell, varuhus, barnhem
 P_3 = sjukhus, ålderdomshem.

Med hänsyn till egendomsrisker vid brand kan korrektionsfaktorn $r = r_e$ beskrivas som en funktion av egendomens värdekonzentration V , uttryckt i kr per våning eller brandsektion, och skadekänslighet D_v . De i följande tabell redovisade r_e -värdena kan därvid tjäna som ledning med

Värdekonzentration V	D_1	D_2	D_3
$V < 300$ basbelopp	0,00	0,05	0,10
$300 \leq V < 1500$ basbelopp	0,05	0,10	0,15
$1500 \leq V < 6000$ basbelopp	0,10	0,15	0,20
$6000 \leq V < 12000$ basbelopp	0,15	0,20	0,25
$V \geq 12000$ basbelopp	0,20	0,25	0,30

skadekänsligheten D_v refererande till

D_1 = maskiner, livsmedel
 D_2 = datorer, spinnmaskiner, vävmaskiner
 D_3 = viktig datorutrustning.

2.5 Avslutande kommentar

Gretener-systemet är ett kvantitativt riskvärderingssystem, som alternativt kan appliceras på en brandsektion, en våning eller en hel byggnad. Systemet värderar brandens frekvens, person- och egendomsrisker och förväntad skada vid brand.

Grundläggande storheter i systemet är

- * riskfaktorn P , som ger uttryck för byggnadens och dess innehålls medverkan till en brands uppkomst och spridning,
- * skyddsfaktorn M , som bestäms av utformningen av det byggnadstekniska brandskyddet samt larm- och släckåtgärder samt
- * aktivitetsfaktorn A , som beaktar inverkan av verksamheten i byggnaden, primärt med hänsyn till förekommande tändkällor och mänskliga influenser.

Risk-, skydds- och aktivitetsfaktorerna P , M och A bestämmer tillsammans det aktuella objektets risknivå R_o . Vid objektets riskvärdering ställs R_o mot den acceptabla risknivån R_{accept} , som varierar med person- och/eller egendomsrisken vid brand. Ett schema för den praktiska riskvärderingen visas i bilaga 2.2.

Gretener-systemet förutsätter, att i byggnadsbestämmelserna angivna krav och föreskrifter är uppfyllda. Avkall härpå får alltså inte göras, t ex vid tekniska byten.

Gretener-systemet är lätt att tillämpa och ger genom sin enkla uppbyggnad en överskådlig bild av ingående faktorerers påverkan på aktuell och acceptabel risknivå. Systemet beaktar väsentliga influenser på en byggnads totala brandförsvar på ett sätt, som genom ett omfattande erfarenhetsunderlag visat sig vara rimligt. En negativ egenskap för systemet är, att dess praktiska tillämpning i dominerande utsträckning består i att ta ut uppgifter ur en detaljerad katalog, vilket i ringa grad stimulerar till en mera ingående analys av det totala brandförsvarets funktion i olika brandsituationer.

Bilaga 2.1

Brandskyddsfaktorerna N, S och F

Brandskyddsfaktorer: Normala åtgärder N

$N = n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \times n_5$			$N_{\min} = 0.5$	$N_{\max} = 1.0$	n
n ₁ Handbrandsläckare eller mindre släckredskap					
11	Tillräckliga				1.00
12	Otilräckliga eller inga				0.90
n ₂ Interna brandposter eller slangrullar					
21	Tillräckliga				1.00
22	Otilräckliga eller inga				0.80
n ₃ Yttre brandposter (godkända av kommunen)					
31	Tillförlitlighetsklass 1 *				1.00
32	Tillförlitlighetsklass 2 *				0.80
33	Inga yttre brandposter eller underdimensionerat rörnät *				0.60
34	Inga möjligheter få vatten för brandsläckning				0.30
n ₄ Släckutbildad personal					
41	Tillräckliga och välutbildade				1.00
42	Ingen				0.90
n ₅ Kommunalt brandförsvar/insatstid					
	Insatstid, min	Avstånd, km			
51	< 10	< 3			1.00
52	10 - 20	3 - 6			0.90
53	20 - 30	6 - 10			0.80
53	30 - 40	10 - 15			0.70
55	> 40	> 15			0.60

* Se fig D1, vad avser n₃₁ (kategori 1), n₃₂ (kategori 2) och n₃₃ (kategori 3). I denna figur ingående begrepp stor risk (SR), medelstor risk (MR) och liten risk (LR) avgörs av antalet brandutsatta personer och/eller värdekoncentrationen i objektet eller brandsektionen samt förväntad skadefrekvens. Som allmän tillämpningsanvisning gäller därvid:

Stor risk (SR)

Bostäder i äldre stadsdelar, varuhus, speciellt brandfarlig industri (färg, träbearbetning, plast), hotell och sjukhus med ofullständig brandsektionering

Medelstor risk (MR)

Kontor, flerfamiljshus utanför de äldre stadsdelarna, affärshus och lantbruksbyggnader

Liten risk (LR)

Mindre bostadshus på landsbygden, enfamiljshus, små verksamheter med liten brandrisk

Kategori Kriterium	Pålitlig Kategori 1	Pålitlig Kategori 2	Inga yttre BP eller ofullständigt rörnät Kategori 3
Vattenmängd	Högreservoir med brandvattenreserv SR* > 480 m ³ MR* > 240 m ³ LR* > 120 m ³ eller Grundvatten med pumpstation	Högreservoir utan brandvattenreserv Minimimängd se kategori 1 eller Grundvatten med pumpstation	Branddamm, rinnande vatten eller dylikt
Vattenflöde	SR* > 3600 l/m MR* > 1800 l/m LR* > 900 l/m	SR* > 1800 l/m MR* > 600 l/m LR* > 600 l/m	Värden från kategori 2 kombinerade med
Vattentryck vid BP-uttag	> 4 bar	> 2 bar	Motorspruta
Rörnät, slang från BP till objektets entré	Längd 100 m	Längd 100 - 300 m	Max-längd 1000 m

*SR = Stor risk

MR = Medelstor risk

LR = Liten risk

Figur D1: Vatten för brandsläckning. Kriterier för kategori 1 - 3.

Brandskyddsfaktorer: Speciella åtgärder S

$S = S_1 \times S_2 \times S_3 \times S_4 \times S_5 \times S_6$	S
--	----------

S₁	Brands upptäckt			
11	Brandvakt:	2 ronder/natt		1.05
		Ronder varannan timma		1.10
12	Brandlarm:	Automatiskt (enligt regler)		1.45
13	Sprinkler:	Automatisk (enligt regler)		1.20

S₂	Larmöverföring till brandförsvär			
21	Från permanent bemannad plats (vaktlokal) med telefon			1.05
22	Från permanent larmcentral (minst 2 personer nattetid) med telefon			1.10
23	Automatisk larmöverföring från centralapparat med uppringd linje			1.10
24	Automatisk larmöverföring från centralapparat via permanent linje			1.20

S₃	Släcksystem	Insatstid (se n5)				
		< 10	10-20	20-30	30-40	> 40
31	Sprinkler, klass 1.	2.00	2.20	2.40	2.70	3.00
32	Sprinkler och Delugesystem klass 2	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10
33	Automatisk fast halon/Co ₂ -anläggning	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55

S ₄	Brandförsvär (Lokal styrka = normal)					
41	Brandstyrka med piket	1.15	1.10	1.10	1.05	1.05
42	Brandstyrka med piket och tankvagn	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10
43	Polispiket	1.35	1.30	1.25	1.20	1.10
44	Extra brandstyrka (Deltidsbrandkår)	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20
45	Professionell brandstyrka (Heltidsbrandkår)	1.60	1.55	1.45	1.35	1.25

S5	Industribrandförsvär					
51	Brandgrupp	1.05	1.05	1.10	1.10	1.15
52	Industribrandstyrka, under arbetstid	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40
53	Industribrandstyrka, premanent larmberedskap	1.45	1.60	1.75	1.95	2.25
54	Industribrandkår	1.45	1.60	1.75	1.95	2.25

S₆	Rök- och brandventilation			
61	Rök- och brandventilation med automatisk och manuell öppning	1.15	1.10	1.05
62	Rök- och brandventilation och/eller speciell mekanisk rökventilation	1.20	1.15	1.10

Brandskyddsfaktorer: Byggnadstekniska åtgärder F.

$F_1 = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5 \times f_6$	f
--	---

f ₁	Bärande element (Stomme, balkar, väggar)	
11	A 90 och mer (Om $Q_m > 800 \text{ MJ/m}^2$)*	1.30
12	A 30 / A 60	1.20
13	A 0 (Obrännbar)	1.00
14	A 0 (Brännbar)	1.00

f ₂	Ytterväggar	
21	A 90	1.15
22	A 30 / A 60	1.10
23	A 0 (Obrännbar)	1.00
24	A 0 (Brännbar)	1.00

f ₃	Bjälklag (Bjälklag i flervåningsbyggnader. Undre takkomponenter i envåningsbyggnad.)	Antal våningar	Vertikal anslutning		
			Inga eller separerade	Skyddade	Ej skydd- ade
31	A 90	1 (Tak)	1.10	-	-
		2	1.20	1.10	1.00
		3 och fler	1.30	1.15	1.00
32	A 30 (Brännbart eller obrännbart ytskikt)	1 (Tak)	1.05	-	-
		2	1.15	1.10	1.00
		3 och fler	1.20	1.15	1.00
33	A 0 (Obrännbar)	1 (Tak)	1.00	-	-
		2	1.05	1.05	1.00
		3 och fler	1.15	1.10	1.00
34	A 0 (Brännbar)	1 (Tak)	1.00	-	-
		2	1.05	1.05	1.00
		3 och fler	1.15	1.10	1.00

f ₄	Yttertak	
41	Hård yta, brännbar eller obrännbar isolering på A 30-underlag	1.00
42	Hård yta, brännbar isolering på obrännbart underlag	0.90
43	Mjuk yta, brännbar isolering på brännbart underlag	0.80

f ₅	Brandsektionens yta (A 30 och A 90 sektioneringar, A 30 dörrar)	
51	A 90, $F_B < 50 \text{ m}^2$	1.20
52	A 90, $F_B < 100 \text{ m}^2$	1.10
53	A 30, $F_B < 50 \text{ m}^2$	1.10
54	A 30, $F_B < 100 \text{ m}^2$	1.05

f ₆	Fönsterytor		
61	FF/FB < 5 %	Gäller för FB < 1200 m ² . För FB ≥ 1200 m ² , f ₆₃ = 1.00	0.90
62	FF/FB < 10 %		1.00
63	FF/FB ≥ 10 %		

* För mindre brandbelastningar och för A 90-konstruktion, välj f 12.

Brandriskvärdering - Beräkning

Nr

Byggnad		Försäkring nr	
Belägenhet		Datum	
Verksamhet		Namn	

Byggnad Fig 3.7 Fig B7.1 	Utvärderad våning EG ☐ .OG .UG Antal vån E = GZ = Rumshöjd h = m E' =	Brandsektion l = m b = m Area FB = m ² Längd/Bredd l/b =
---	---	---

Innehållets brandkaraktär	Q_m (MJ/m ²)	Fe	Fu	Co			Fönsteryta FF = m ² FF/FB = %
---------------------------	----------------------------	----	----	----	--	--	--

Riskfaktor	P	=	q	x	c	x	f	x	k	x	i	x	e	x	g	P ₁	P ₂
1																	
2																	

Aktivitetsfaktor	A	a	1	2	3	4	5	A ₁	A ₂
1									
2									

Normala åtgärder	N	=	n ₁	x	n ₂	x	n ₃	x	n ₄	x	n ₅	N ₁	N ₂

Speciella åtgärder	S	=	s ₁	x	s ₂	x	s ₃	x	s ₄	x	s ₅	x	s ₆	S ₁	S ₂

Byggnadstekniska åtgärder	F	=	f ₁	x	f ₂	x	f ₃	x	f ₄	x	f ₅	x	f ₆	F ₁	F ₂

Acceptabel risknivå		Risknivå	R ₁	R ₂
Personrisk	P	0	1	2
H =		Personer		
Egendomsrisk	d	0	1	2
V =		Basbelopp		

Anmärkningar	$r_p =$ $r_e =$ $R = \frac{P \times A}{N \times S \times F}$ $RACC = 1.3 \cdot r_p =$ $RACC = 1.3 \cdot r_e =$
--------------	--

3. System, utvecklade av GSA och NFPA

På initiativ av General Services Administration (GSA), Public Buildings Service (PBS) hölls en internationell konferens 12–16 april 1971 vid Airlie House, Warrenton, Virginia, USA för diskussion och utveckling av ett logiskt dimensioneringssystem för höga byggnaders brandförsvar [10]. Konferensens grundläggande idéer vidareutvecklades senare inom GSA och resultatet härav blev ett kvantitativt riskvärderingssystem för tillämpning på federala byggnader i USA med en våningsyta av mer än 9 000 m² och med en höjd av mer än fyra våningar [11]. Systemet har provats av GSA i praktisk dimensionering på ett flertal federala byggnader.

Utvecklingen av GSA-systemet initierade tillkomsten av en kommitté inom National Fire Protection Association (NFPA) med ansvar för utveckling av systemkoncept och kriterier för byggnaders brandförsvar. Ett viktigt resultat från denna kommittés verksamhet är ett logiskt konceptträd för en byggnads totala brandförsvar med tillämpbarhet för olika typer av byggnader [12], [13]. Konceptträdet utgör ett kvalitativt riskanalyssystem, som principiellt skulle kunna kvantifieras. NFPA har dock bedömt, att det föreliggande statistiska underlaget är otillräckligt för att ett sådant steg skulle kunna tas inom den närmaste framtiden.

3.1 GSA-systemet

GSA-systemet för en brandteknisk dimensionering av en byggnads totala brandskydd utgår från ställda funktionskrav, kopplade till det primära målet att ge en betryggande personsäkerhet. Godtagbart personskydd anges därvid för

- (1) området för brandens uppkomst – kravspecifikation med hänsyn till erforderlig flykttid efter larm,
- (2) utrymningsvägar till säker flyktzon – kravspecifikationer med hänsyn till tolerabla nivåer för temperatur, rök och toxiska gaser samt med hänsyn till erforderlig tid för att nå säker flyktzon,
- (3) flyktzon – kravspecifikationer med hänsyn till tolerabla nivåer för temperatur, rök och toxiska gaser.

Vid en dimensionering skall påvisas, att utformningen av byggnadens totala brandskydd uppfyller ställda krav på sannolikhet för framgång, vad gäller att uppnå en sådan kontroll av branden, vid olika utbredning av denna, att personsäkerheten tryggas. Krävda sannolikhetsnivåer återges i fig. 3.1 [11], av vilken framgår, att dessa varierar med hur stor del av byggnaden, som omfattas av branden – del av rum eller brandcell ($ws_1, ws_2, \dots$), flera rum eller brandceller inom en våning ($r_2, r_3, \dots$), flera våningar ($f_2, f_3, \dots$), hel byggnad. Kraven är differentierade med hänsyn till angelägenheten av att pågående verksamhet ej avbryts vid brand.

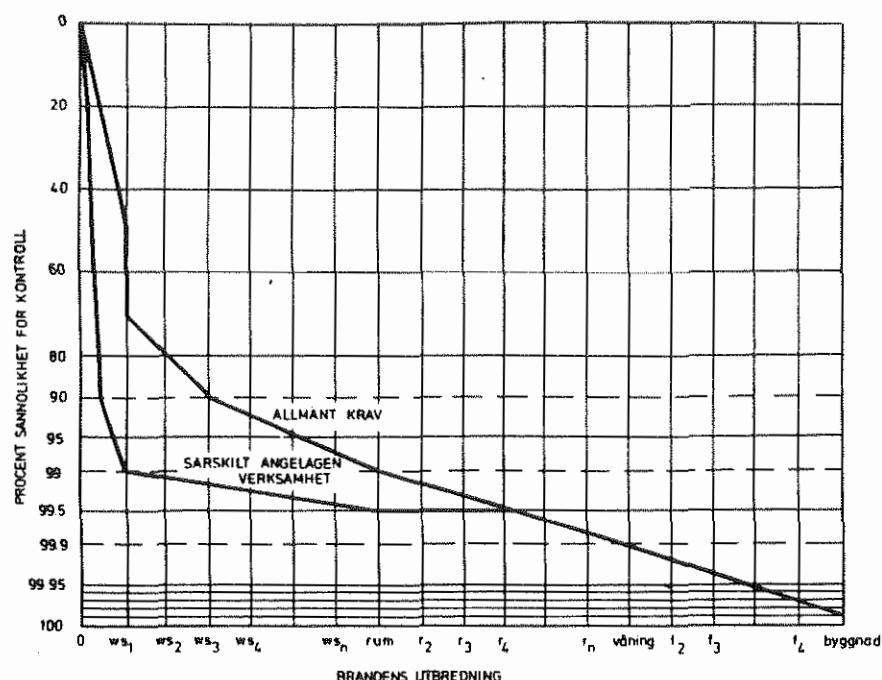


Fig. 3.1 Krav enligt GSA-systemet på sannolik kontroll av en brands verkningar vid varierande brandutbredning [11]

GSA-systemets dimensioneringsförfarande följer ett beslutsträd, som i sin fullständiga form omfattar alla de element, som ingår i en byggnads totala brandskydd. Det fullständiga beslutsträdet återges i bilaga 3.1. Delar av beslutsträdets struktur illustreras i fig 3.2 och 3.3 genom komponenten "förebyggande" med uppdelning på underkomponenterna "brandstiftare" och "antändliga material" respektive genom komponenten "byggnadens inre miljö" med underkomponenter.

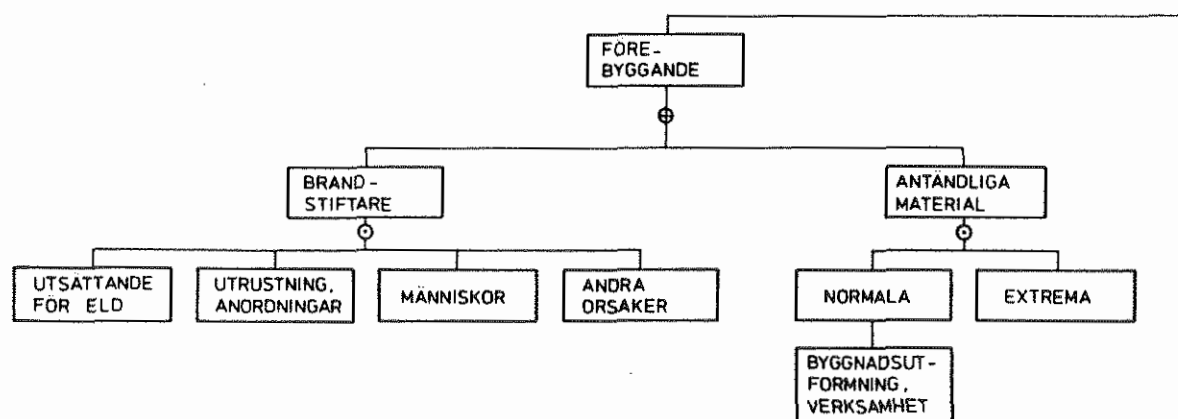


Fig. 3.2 GSA-systemets beslutsträd – komponenten "förebyggande" med underkomponenter [11]

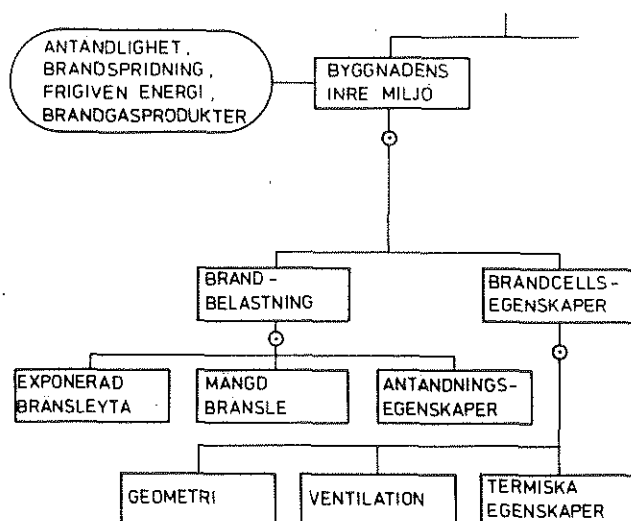


Fig. 3.3 GSA-systemets beslutsträd – komponenten "byggnadens inre miljö" med underkomponenter [11]

Beslutsträdets element är sammanbundna med s k "grindar", vilka kan vara av två typer – "och" grind, betecknad $\circ$ respektive "eller" grind, betecknad $\oplus$ i fig 3.2 och 3.3. Vid en "och" grind är samtliga element på nivån närmast under grinden nödvändiga för funktionen av elementet ovan grinden. Systemets flexibilitet ligger därvid i att elementen på den underordnade nivån kan ges olika vikt, med vissa minimivillkor uppfyllda. Vid en "eller" grind är elementen på den närmast underordnade nivån utbytbara – renodlade tekniska byten.

Om sannolikheten för framgång för elementen på nivån närmast under en grind är $p_{B1}, p_{B2} \dots p_{B\nu} \dots p_{Bn}$, gäller för sannolikheten för framgång för elementet ovan grinden p_A sambandet

$$p_A = \prod_{\nu=1}^n p_{B\nu} \text{ vid en "och" grind} \quad (3.1)$$

och sambandet

$$p_A = 1 - \prod_{\nu=1}^n (1 - p_{B\nu}) \text{ vid en "eller" grind} \quad (3.2)$$

Sambanden förutsätter, att sannolikheterna $p_{B1}, p_{B2} \dots p_{B\nu} \dots p_{Bn}$ är oberoende av varandra.

För att dimensioneringsförfarandet skall vara praktiskt tillämplbart fordras ett siffermässigt underlag för systemets olika ingångselement. Tyvärr saknas i stor utsträckning den statistiska information, som krävs för att ett väl underbyggt, sådant underlag skall kunna ges. Det dimensioneringsunderlag, som nu finns sammanställt i GSA-anvisningen [11] som en temporär lösning, bygger i stället på kvalificerade bedömningar och gissningar med utgångspunkt från förhållandevis fragmentarisk statistik. Dimensioneringsunderlaget exemplifieras i fig 3.4 och 3.5. Fig 3.4 visar därvid sannolikheten för en kontroll av en brands verkningar som funktion av brandens utbredning i en byggnad för fyra olika typer av brandbelastning och för ett specificerat sprinklersystem som ingångselement. Fig 3.5 ger sannolikheten för framgång p_{B1} för det element, som tar hänsyn till inverkan av ofullständigheter för en brandavskiljande konstruktion i form av öppningar, springor och otätheter. En multiplikation av detta elements framgångssannolikhet med motsvarande sannolikheter p_{B2} och p_{B3} för elementens brandmotstånd med avseende på isolerande förmåga respektive integritet – bestämda genom en serie standardbrandtester för ett "felfritt" provobjekt – ger sannolikheten för framgång p_A för konstruktionen att uppfylla sin brandavskiljande funktion.

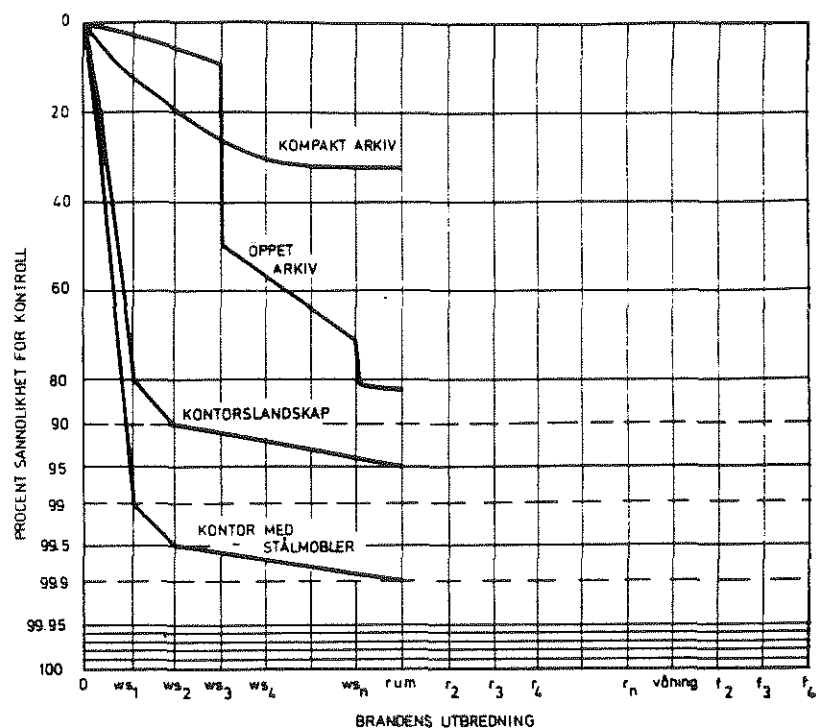


Fig. 3.4

Sannolikhet för kontroll av en brands verkningar som funktion av brandens utbredning i en byggnad vid olika typer av brandbelastning och vid ett specificerat sprinklersystem [11]

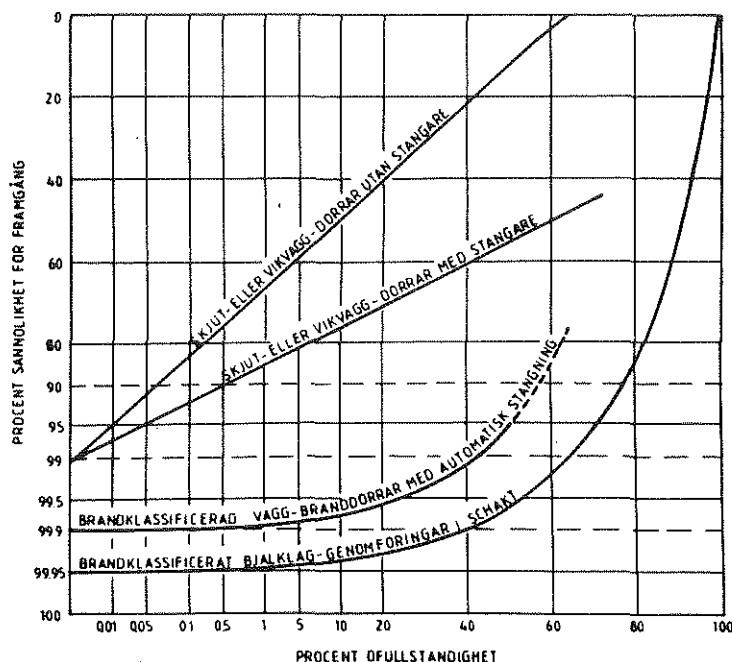


Fig. 3.5 Inverkan av ofullständigheter för en brandavskiljande konstruktion på dess sannolikhet för framgång att uppfylla krävd funktion [11]

Vid en praktisk dimensionering enligt GSA-systemet skall dels redovisas valda karakteristika för varje enskild komponent av beslutsträdet, dels påvisas att utformningen av byggnadens totala brandförsvar uppfyller ställda krav enligt fig. 3.1 på sannolikhet för framgång, vad gäller att uppnå en sådan kontroll av branden vid olika utbredning av denna, att personsäkerheten tryggas. Fig. 3.6 ger ett exempel på en sådan kravuppfyllelse.

I avsaknad av tillfredsställande statistisk information är GSA-systemet i sin praktiska användning idag normalt begränsat till att genom sitt beslutsträd vara ett bra instrument för en kvalitativ kontroll av det totala, aktiva och passiva brandförsvarets funktion och struktur för en byggnad.

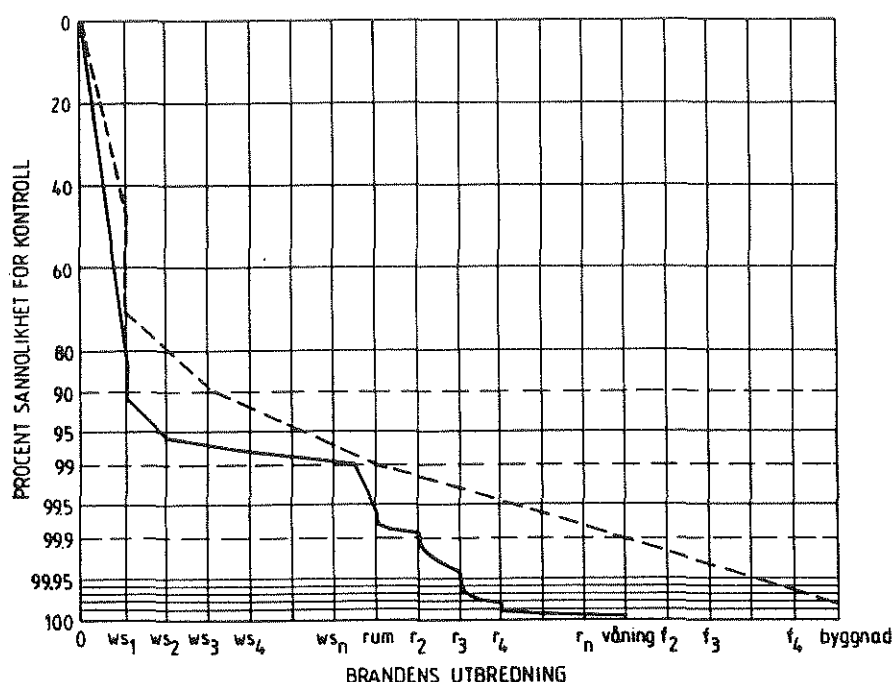


Fig. 3.6 Krav enligt GSA-systemet på sannolik kontroll av en brands verkningar vid varierande brandutbredning (streckad kurva) och ett exempel på uppfyllelse i ett praktiskt tillämpningsfall av detta krav (heldragen kurva) [11]

3.2 NFPA-systemets konceptträd för en byggnads totala brandförsvär

I motsats till GSA-systemet är NFPA-systemets konceptträd ambitionsmässigt begränsat till att vara endast ett kvalitativt instrument för en riskanalys av en byggnads totala brandförsvär. Konceptträdet är tillämbart för olika typer av byggnader och är därigenom mer generellt än GSA-systemet. Som dimensioneringsverktyg stimulerar NFPA:s konceptträd till en samtidigt detaljerad och övergripande funktionsanalys av det totala brandförsvaret för en byggnad. Det förutsätts, att användaren av konceptträdet är förtrogen med gällande lagstiftning och bestämmelser och har en solid brandteknisk kunskapsgrund.

Det fullständiga konceptträdet återges i bilaga 3.2. Överst definieras målet för byggnadens brandsäkerhet, vilket kan vara relaterat till t ex personsäkerhet, egendomsskydd eller krav på upprätthållen verksamhet vid brand. Ju mer distinkt målet kan formuleras, desto större blir därvid normalt sannolikheten för att det kan uppnås.

Strategiskt kan målet nås genom åtgärder, som antingen förebygger att brand uppkommer eller medverkar till att en uppkommen brand kan hållas under kontroll. Detta uttrycks i konceptträdet genom att de båda tillhörande komponenterna på nivån närmast under målnivån är sammanbundna med en "eller" grind.

Den vidare nedbrytningen av komponenten "förebygga brands uppkomst" omfattar underkomponenterna "begränsa tändkällor", "begränsa bränslemängd" och "kontrollera interaktionen tändkällor-bränsle", sammanbunda med en "eller" grind. Analogt ger komponenten "kontrollera effekten av uppkommen brand" på den närmast underordnade nivån underkomponenterna "kontrollera brandens utveckling" och "skydda exponerade personer och objekt" med en "eller" grindkoppling. För konceptträdet fortsatta nedbrytning i detaljkomponenter och dessas kopplingar hänvisas till bilaga 3.2. En komprimerad bild av beslutsträdet ges i fig. 3.7 [9].

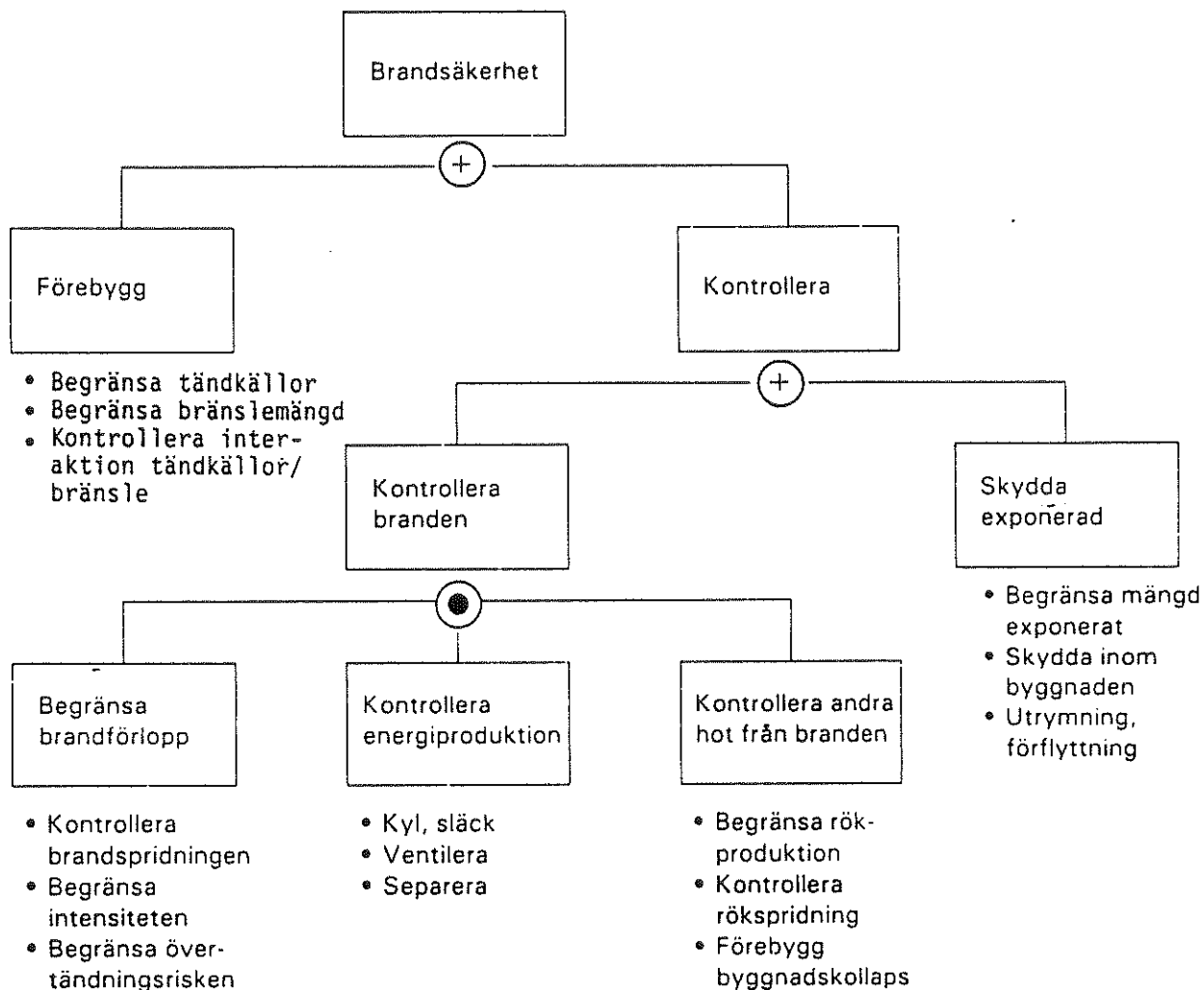


Fig. 3.7 Komprimerad beskrivning av NFPA:s konceptträd för en byggnads totala brandförsvar [9]

NFPA-systemets konceptträd utgör ett flexibelt hjälpmedel med ett stort antal tillämpningsmöjligheter. Exempel härpå är:

- * Planering, projektering, dimensionering och utformning av en byggnads totala brandförsvar,
- * analys och värdering av brandsäkerheten för existerande byggnader,

- * kommunikation mellan brand- och räddningstjänstteknisk expertis, arkitekter, konsulter, entreprenörer och myndigheter,
- * bas för utveckling av datorstödd, brandteknisk projektering och dimensionering (CAD) och tillhörande expertsystem, som möjliggör tekniska byten och ekonomisk optimering,
- * supplement till den riskvärdering, som företas av t ex försäkringsbolag,
- * pedagogiskt hjälpmedel i utbildningen och
- * matris i forskningssammanhang för t ex behovsanalyser och strategisk styrning.

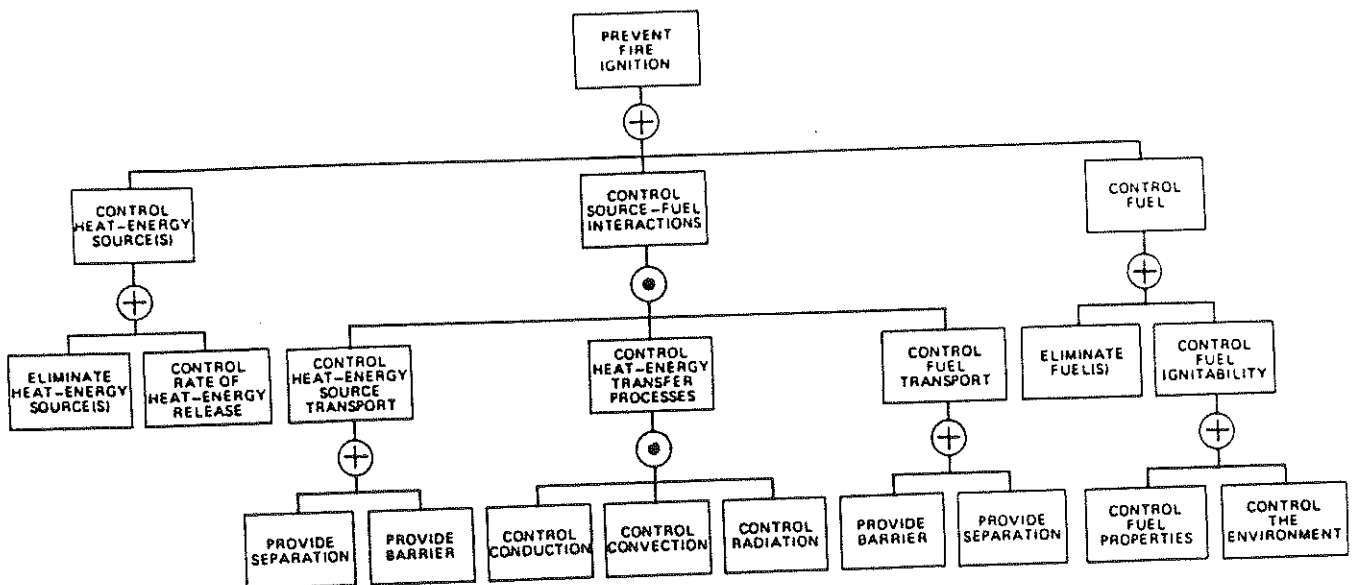
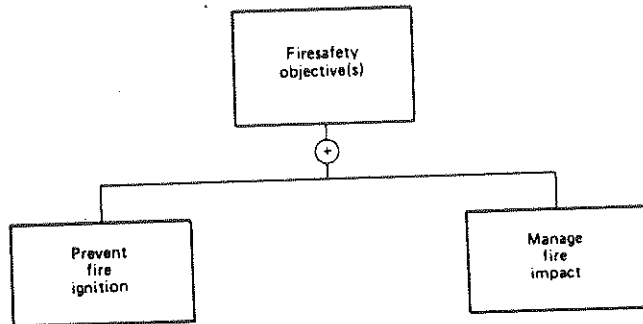
GSA- och NFPA-systemens struktur möjliggör, att nya resultat från forskning och utveckling snabbt kan föras in i praktisk tillämpning och därigenom successivt förbättra systemen. I förhållande till Gretener-systemet är GSA- och NFPA-systemen mer tidskrävande som dimensioneringsinstrument.

Bilaga 3.2

NFPA_Konceptträd (Edition 1986)

⊕ markerar "eller" grind

○ markerar "och" grind



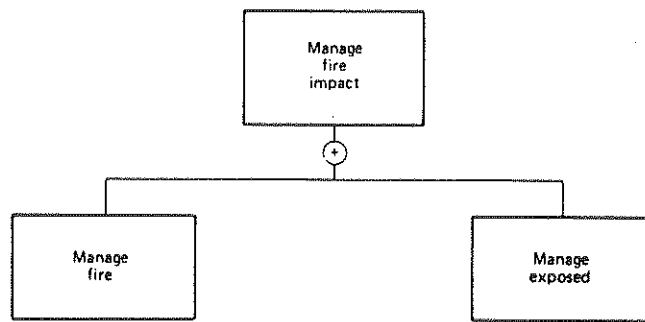
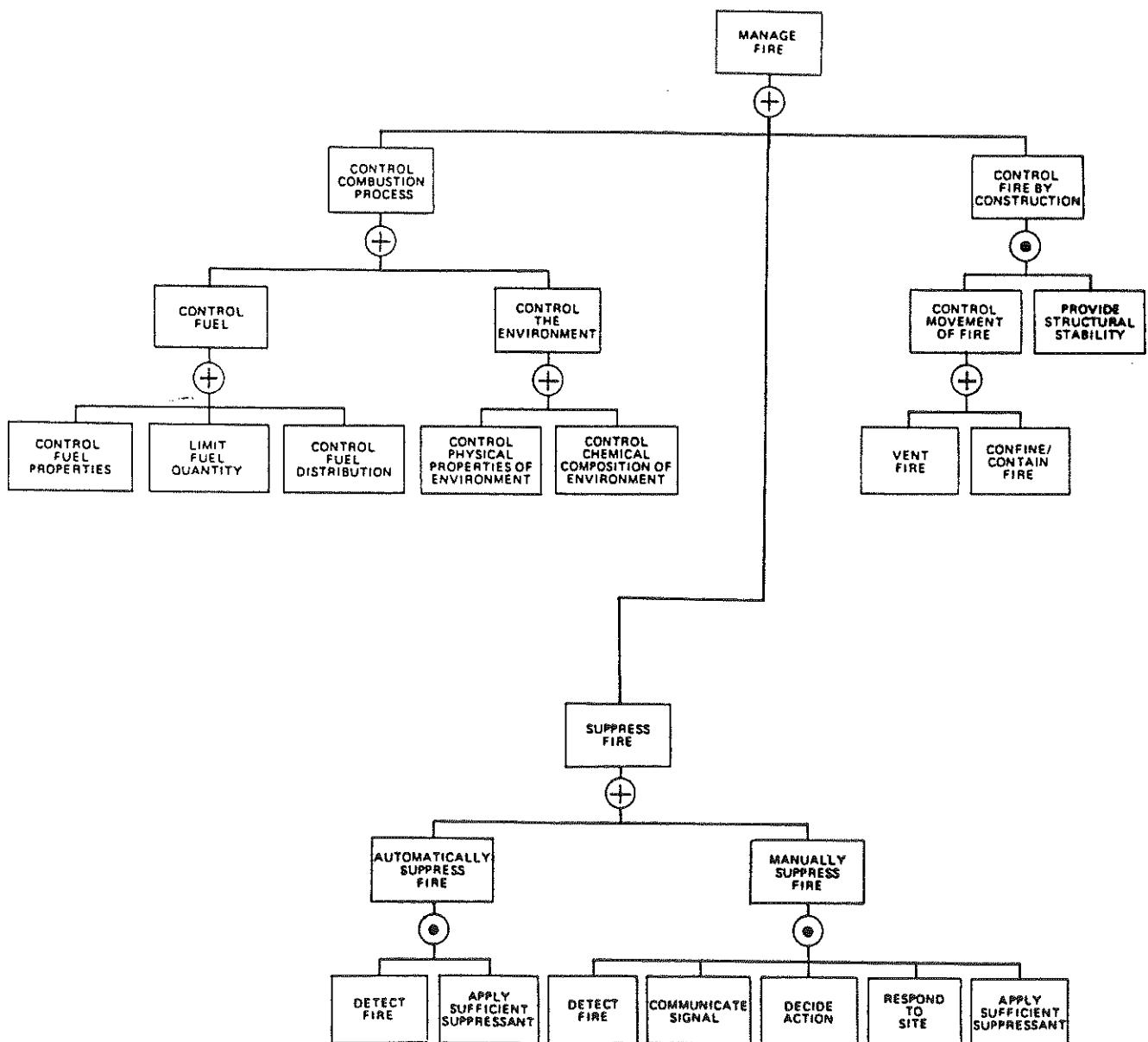
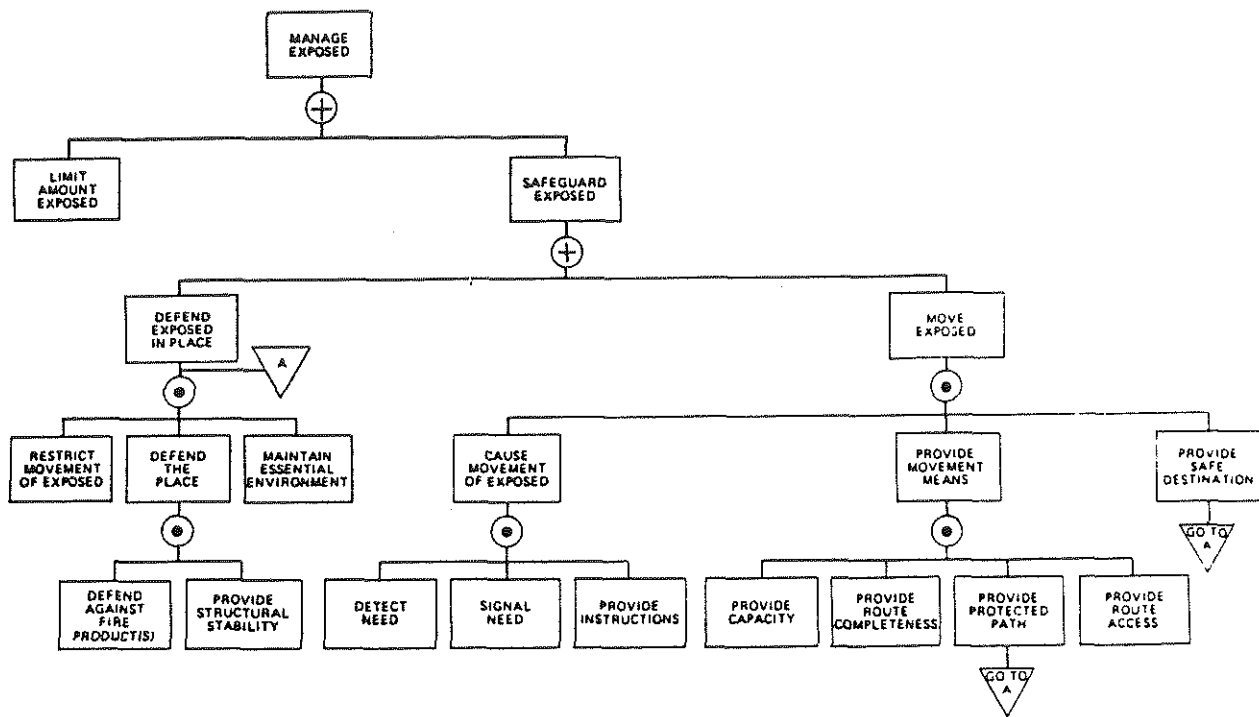


Figure 3-3





4. NBS' system för brandteknisk riskvärdering av vårdanläggningar

Med utgångspunkt från NFPA:s konceptträd har inom Center for Fire Research vid National Bureau of Standards (NBS) under de senaste 10 åren bedrivits ett utvecklingsarbete för att underlätta en praktisk tillämpning av konceptet. Utvecklingsarbetet har omfattat byggnader och anläggningar av typ flerfamiljshus, vårdanläggningar, ålderdomshem, kriminalvårdsanstalter, hotell och kolgruvor. I det följande redovisas ett riskvärderingssystem för vårdanläggningar, som tagits fram inom ramen för detta arbete [9], [14]–[17].

Som huvudkrav för systemet gäller, att vårdanläggningens brandförsvarsåtgärder skall ge ett tillstånd med hänsyn till personsäkerhet, som är ekvivalent med vad som föreskrivs i gällande bestämmelser – i detta fall NFPA Life Safety Code. Med ekvivalens menas därvid, att vald kombination av brandförsvarsåtgärder skall ge en personsäkerhetsnivå, som är lika med eller högre än den, som uppnås genom en strikt tillämpning av bestämmelsernas specifikationer. Metoden möjliggör alltså i ett konkret tillämpningsfall en utvärdering av olika kombinationer av brandförsvarsåtgärder.

Riskvärderingssystemet innehåller tre separata värderingar, nämligen av:

- (1) Verksamhetens brandrisk, som beror av patienternas antal, ålder och rörlighet, antalet vårdare i förhållande till antalet patienter och brand/röksektionens lokalisering,
- (2) byggnadens eller brand/röksektionens allmänna skyddsnivå, beskriven genom 13 brandskyddsparametrar (åtgärder), som omfattar byggnadens utformning, konstruktions- och ytmaterial samt åtgärder med avseende på detektion, larm, automatiska släcksystem och rökkontroll, och
- (3) skyddsnivåerna för tre vitala delsystem – systemen med avseende på brandbegränsning, släckning och personförflyttning – bestämda genom relevanta brandskyddsparametrar bland de till (2) hörande. Värderingen tjänar syftet att förhindra, att fel i ett enstaka delsystem leder till hela systemets kollaps.

Riskvärderingssystemets dimensioneringskrav är, att den allmänna skyddsnivån för byggnaden eller brand/röksektionen och de tre nämnda delsystemens skyddsnivåer minst uppgår till de i Life Safety Code angivna, acceptabla skyddsnivåerna. Det acceptabla värdet för den allmänna skyddsnivån för byggnaden eller brand/röksektionen är direkt relaterat till verksamhetens brandrisk enligt (1). De tre delsystemens acceptabla skyddsnivåer är däremot entydigt fixerade i Life Safety Code och varierar därvid med den aktuella sektionens våningsnivå och om riskvärderingen utförs vid projektering av en ny byggnad eller för en existerande byggnad.

Riskvärderingssystemets dimensioneringsgång följer naturligen följande steg:

- (1) Bestäm verksamhetens brandrisk,
- (2) Bestäm den allmänna skyddsnivån för byggnadens brand/röksektioner,
- (3) Bestäm skyddsnivåerna för delsystemen med avseende på
 - brand/rökavskiljning (brandbegränsning),
 - släckning och
 - personers utrymningsmöjligheter (personförflyttning),

- (4) Jämför de enligt (2) och (3) bestämda skyddsnivåerna med de acceptabla enligt Life Safety Code. Godtagbar utformning av byggnadens brandförsvar föreligger därvid, om de tillhörande skyddsnivåerna är större än eller lika med de acceptabla.

Ett för praktiskt bruk tillrättat värderingsunderlag redovisas i bilaga 4.1, hämtat från [9] och [14]. Den följande detaljbeskrivningen av riskvärderingssystemet anknyter till sin disposition till detta underlag.

4.1 Verksamhetens brandrisk

Verksamhetens brandrisk inom en brand/röksektion bestäms av följande fem riskfaktorer — bilaga 4.1, tabell 1:

- * Patienternas rörlighet M,
- * antalet patienter inom brandsektionen D,
- * brandsektionens lokalisering L,
- * antalet patienter per vårdare T och
- * patienternas medelålder A.

Produkten av de fem riskfaktorerna ger verksamhetens brandrisk F enligt sambandet — bilaga 4.1, tabell 2

$$F = M D L T A \quad (4.1)$$

Vid projektering och dimensionering av nya byggnader är verksamhetens brandrisk F lika med brand/röksektionens (objektets) brandrisk R, d v s — bilaga 4.1, tabell 3 A

$$R = F \quad \text{för nya byggnader} \quad (4.2a)$$

Vid tillämpning på befintliga byggnader väljs brand/röksektionens (objektets) brandrisk till — bilaga 4.1, tabell 3 B

$$R = 0,5 F \quad \text{för befintliga byggnader} \quad (4.2b)$$

Motivet för en lägre brandrisknivå för befintliga byggnader är de svårlösta problemen och höga kostnader, som därvid normalt är förenade med åtgärder för att förbättra brandskyddsnivån.

Vid värderingen av patienternas rörelseförmåga i en brand/röksektion avgörs parametervärdet av den minst rörliga patienten inom sektionen.

Patienttätheten bestäms av det största antalet patienter, som kan hysas inom brandsektionen — normalt lika med antalet bäddar.

Riskfaktorn med hänsyn till brandsektionens lokalisering återspeglar brandförsvarets åtkomstmöjligheter vid brandsläckning och räddning samt de särskilt stora svårigheterna att evakuera patienterna i flervåningsbyggnader. Brandsektionens läge väljs som första våningen, om sektionen har direkt anslutning till markplanet eller om den ligger högst en halv våning över eller under markplanet.

Vid bestämning av antalet patienter per vårdare inom brand/röksektionen skall utgå från det minsta antalet tillgängliga vårdare under dygnet.

Risikofaktorvärdena med hänsyn till patienternas medelålder beaktar åldringars och spädbarns större känslighet för rökgas och värme.

Parametervärdena i tabell 1 av bilagan 4.1 ger ett möjligt variationsområde för verksamhetens brandrisk F mellan 1 och 69.

4.2 Brand/röksektionens allmänna skyddsnivå

Brand/röksektionens allmänna skyddsnivå påverkas vid riskvärderingen enligt bilaga 4.1, tabell 4 och 5 av följande 13 skyddsåtgärder:

- * byggnadskonstruktionens material (brännbart, obrännbart), exponering (skyddad, oskyddad) och lokalisering med hänsyn till våning,
- * brandspridningsegenskaperna för ytskikt i korridor, bestämda enligt den amerikanska provningsmetoden ASTM E-84,
- * brandspridningsegenskaperna för ytskikt i rum,
- * brandmotståndet för sektioneringsväggar mellan korridor och rum,
- * brandmotståndet för dörrar mot korridor,
- * brandsektionens längd och största gångavstånd,
- * vertikala öppningar (öppningar mellan våningsplan) som trapphus, hisschakt, installationsschakt och ventilationskanaler,
- * brandfarlig verksamhet ("dubbelt hot" gäller för mycket riskabel hantering och om området är osprinklat; "enkelt hot" gäller för mycket riskabel hantering inom område, som är avskilt genom minst A 120 eller sprinklat, eller för måttligt brandfarlig verksamhet; måttligt brandfarlig verksamhet inom område, som är avskilt genom minst A 120 eller sprinklat, hänförs till kolumnen "inga"),
- * förekomst av röksektionering eller rökventilation,
- * antal och kapacitet av utrymningsvägar,
- * förekomst av manuellt brandlarm,
- * förekomst av automatiskt brandlarm och
- * förekomst av automatisk vattensprinkler.

Av tabell 4 i bilaga 4.1 framgår, att en skyddsåtgärd kan värderas genom såväl positiva som negativa siffervärden. Negativa värden har aktualitet, då en krävd åtgärd saknas, och positiva värden, då en åtgärd har högre skyddsnivå än vad bestämmelserna fordrar.

För ett aktuellt objekt väljs för varje skyddsåtgärd det skyddsvärde, som enligt bilaga 4.1, tabell 4 bäst beskriver förhållandena i brand/röksektionen. Värdena införs i kolumnen "allmän skyddsnivå" i tabell 5. En direkt summering av de tretton värdena – med hänsyn tagen till tecken – ger därpå brand/röksektionens allmänna skyddsnivå S_G .

4.3 Delsystemens skyddsnivåer

Utöver att påvisa, att brand/röksektionen har en allmän skyddsnivå som är större än eller lika med enligt bestämmelserna acceptabel skyddsnivå, skall också motsvarande verifiering göras för de tre delsystemen för

- brand/rökbegränsning
- släckning och
- personers utrymning (personförflyttning).

De skyddsåtgärder, som därvid har relevans av de i 4.2 förtecknade, framgår av bilaga 4, tabell 5. För delsystemet 1 (brand/rökbegränsning) är åtgärderna 1–5, 7, 8 och 13 relevanta, för delsystemet 2 (släckning) åtgärderna 1, 8 och 11–13 och för delsystemet 3 (personförflyttning) åtgärderna 2, 5–7, 9, 10, 12 och 13. En direkt summering av relevanta åtgärders skyddsvärden ger de tre delsystemens respektive skyddsnivåer S_1 , S_2 och S_3 .

4.4. Acceptabla skyddsnivåer. Dimensioneringskriterier

Brand/röksektionens brandrisk R , bestämd enligt ekv (4.1) och (4.2) och tabellerna 1–3 i bilaga 4.1, definierar acceptabelt värde för sektionens allmänna skyddsnivå med dimensioneringskravet

$$S_G - R \geq 0 \quad (4.3)$$

Enligt Life Safety Code acceptabla skyddsnivåer för delsystemen brand/rökbegränsning (S_a), släckning (S_b) och personförflyttning (S_c) framgår av bilaga 4.1, tabell 6. Den acceptabla skyddsnivån är därvid differentierad med hänsyn till sektionens läge och om riskvärderingen gäller för ny eller befintlig byggnad. Det tillhörande dimensioneringskravet för sektionens tre delsystem lyder

$$S_1 - S_a \geq 0 \quad (4.4a)$$

$$S_2 - S_b \geq 0 \quad (4.4b)$$

$$S_3 - S_c \geq 0 \quad (4.4c)$$

Varje utformning av en brand/röksektions brandförsvar, som satisfierar ekv (4.3) och (4.4), uppfyller kravet på ett personsäkerhetstillstånd, som är ekvivalent med det i Life Safety Code föreskrivna. Genom att variera de tretton skyddsåtgärder, som tillsammans bestämmer brand/röksektionens allmänna skyddsnivå S_G och de tre specifika delsystemens skyddsnivåer S_1 , S_2 och S_3 , kan som regel i ett individuellt tillämpningsfall ett mycket stort antal alternativ konstrueras – kanske i storleksordningen millioner – som alla uppfyller kravet på ekvivalens med Life Safety Code. Ett naturligt mål bör därvid vara att finna en sådan kombination av skyddsåtgärder, som ger ekonomiskt optimum eller ligger i närheten härav. För den, som är praktiskt väl förtrogen med kvalificerad, brandteknisk projektering och dimensionering, är det sannolikt normalt möjligt att genom jämförande värderingar av några få alternativa kombinationer av skyddsåtgärder få fram en ekonomiskt god lösning. En mer rationell väg erbjuder en tillämpning av det datorprogram [16], som utvecklats för ändamålet.

4.5 Avslutande kommentar

Det beskrivna systemet för en brandteknisk riskvärdering av vårdanläggningar utgör ett exempel på en utveckling av ett kvalitativt riskvärderingssystem till ett kvantitativt. I stort har utvecklingsarbetet därvid genomförts inom fyra arbetsgrupper.

En projektledningsgrupp med I A Benjamin, H E Nelson och A J Shibe vid NBS utarbetade ett förslag till systemstruktur, omfattande åtgärder, som påverkar skyddsnivån för en brandsektionerad del av en vårdanläggning. Detta ledde bl a till en åtgärdsöversikt, som i stort överensstämmer med tabell 4 i bilagan 4.1 men utan numeriska parametervärden. Förslaget innehöll också ett val av verksamhetens brandriskfaktorer och de delsystem, som bedömdes relevanta och utslagsgivande för en vårdanläggning, nämligen delsystemen för brand/rökbegränsning, släckning och personförflyttning. Som utgångspunkt för utvecklingsarbetet utnyttjades bl a NFPA:s konceptträd.

Parametervärdena för verksamhetens brandriskfaktorer och brand/röksektionens skyddsåtgärder — tabell 1 respektive 4 i bilagan 4.1 — togs sedan fram inom en NBS-grupp av forskare och brandingenjörer genom s k Delphiteknik. Varje gruppmedlem gjorde först en egen bedömning utan influens från övriga gruppmedlemmar. Därefter följde en serie gruppmöten med diskussion av skiljaktigheter i bedömningar och denna process fortgick till dess att en allmän konsensus förelåg beträffande lämpliga parametervärden.

Delphigruppens arbetsresultat bedömdes sedan av en expertgrupp, bestående av 21 kvalificerade företrädare för områdena brandsäkerhet, sjukvård och bygglagstiftning. Bedömningen ledde till att vissa parametervärden ändrades i samförstånd med Delphigruppen.

Det färdigutvecklade riskvärderingssystemet tillställdes slutligen NFPA:s "Committee on Safety to Life" för beaktande och sanktionering i Life Safety Code.

Riskvärderingssystemet har framgångsrikt utnyttjats i ett stort antal praktiska tillämpningar. Systemet är genom sin stora flexibilitet ekonomiskt konkurrenskraftigt och har i flera fall lett till en mycket lägre kostnad för anläggningens brandförsvar än vad en strikt tillämpning av bestämmelsernas specifikationer skulle ha gett.

Värderingsunderlag för en brand/röksektion i en vårdanläggning

Objekt	Byggnad
Värderade sektioner	
Värderare	Datum

Fyll i dessa formulär för varje brand/röksektion. Om förhållandena är identiska för flera sektioner kan samma formulär användas för dessa.

Steg 1: Värdera verksamhetens brandrisk. Använd tabell 1.
För varje riskfaktor i tabell 1, välj och ringa in aktuellt värde. Välj endast ett värde per faktor.

Tabell 1. Verksamhetens brandrisk					
Riskfaktor					
1. Patienternas rörlighet	Rörlighets-status	Rörliga	Begränsad rörlighet	Ej rörliga	Ej flyttbara
	M	1.0	1.6	3.2	4.5
2. Antal patienter	Patienter	1 - 5	6 - 10	11 - 30	>30
	D	1.0	1.2	1.5	2.0
3. Brandsektionens lokalisering	Våning	1:a	2:a - 3:e	4:e - 6:e	7:e - Källare
	L	1.1	1.2	1.4	1.6
4. Förhållande antal patienter till vårdare	Patienter vårdare	1 - 2 1	3 - 5 1	6 - 10 1	>11 1
	T	1.0	1.1	1.2	1.5
5. Patienternas medelålder	Alder	Under 65 år och över 1 år	Över 65 år eller under 1 år		
	A	1.0	1.2		
* Riskfaktorn T = 4.0 väljs för varje brandsektion som hyser patienter utan vårdare i omedelbar närhet.					

Steg 2: Beräkna verksamhetens brandrisk (F). Använd tabell 2.

Tabell 2. Beräkning av brandrisk (F)						
Brandrisk	F	M	D	L	T	A

Steg 3: Justera F beroende på byggnadens status. Använd tabell 3A och 3B. Överför R till tabell 7 på sidan 4 i underlaget.

Tabell 3A (Nya byggnader)	Tabell 3B (Befintliga byggnader)
$1.0 \times \frac{F}{\text{input}} = \frac{R}{\text{input}}$	$0.5 \times \frac{F}{\text{input}} = \frac{R}{\text{input}}$

Steg 4: Värdera skyddsåtgärderna. Använd tabell 4.

Välj ut och ringa in det skyddsvärde, för varje åtgärd, som bäst beskriver förhållande i brandsektionen. Välj endast ett värde för varje åtgärd. Om två eller fler värden kan väljas, välj det lägsta.

Tabell 4: Skyddsvärden									
Åtgärd	Värden								
1. Byggnadskonstruktion	Brännbar				Obrännbar				
	Våning	Trä		Normal		Oskyddad	Skyddad	Brandsäker	
		Oskyddad	Skyddad	Oskyddad	Skyddad				
		1:a	-2	0	-2				0
		2:a	-7	-2	-4				-2
		3:e	-9	-7	-9				-7
4:e	-13	-7	-13	-7	-9	-7	4		
2. Ytskikt (Korridor, utgång)	Klass C	Klass B	Klass A						
	-5	0	3						
3. Ytskikt (Rum)	Klass C	Klass B	Klass A						
	-3	1	3						
4. Korridor (Sektioneringsväggar mot rum)	Inga el ofullst	< 20 min	< 60 min	> 60 min					
	-10(0)*	0	1(0)*	2(0)*					
5. Dörrar mot korridor	Inga dörrar	< 20 min	≥20 min –	≥20 min – automatisk stängning					
	-10	0	1(0)°°°	2(0)°°°					
6. Brandsektion Dimentioner Gångavstånd	“Dead end” > 30 m	“Dead end” 10 - 30 m	> 10 m Sektionslängden är > 50 m	30 - 50 m	< 30 m				
	-6(0)**	-4(0)**	-2	0	1				
7. Vertikala öppningar	Öppna 4 eller fler våningar	Öppna 2 eller 3 våningar	Slutna med följande brandmotstånd						
			60 min	60 - 120 min	≥ 120 min				
	-14	-10	0	2(0)°	3(0)°				
8. Brandfarlig verksamhet	Dubbelt hot		Enkelt hot		Inga				
	I sektionen	Utanför sekt	I sektionen	I närmaste sekt					
	-11	-5	-6	-2	0				
9. Rökventilation	Ingen	Röksektionering	Mekanisk ventilation						
			Hela sektionen	Korridor					
	-5(0)***	0	3	4					
10. Utrymningsvägar	En väg	Flera vägar							
		Begränsad kapacitet	Utan horisontella vägar	Väg(ar) till samma plan	Till markplan				
	-8	-2	0	3	5				
11. Manuellt brandlarm	Inget		Manuellt brandlarm						
			Lokalt	Till brandförsv					
	-4		1	2					
12. Automatiskt brandlarm Rökdetektorer	Inget	Endast i korridorer	Endast i rummen	Korridorer och rum	Hela sektionen				
	0	2	3	4	5				
13. Automatisk vattensprinkler	Ingen	Endast i korridorer	Korridorer och rum	Hela sektionen					
	0	2(0)°°	8	10					

Anm: *Anv (0) när punkt 5 är -10
 **Anv (0) när punkt 10 är -8
 ***Anv (0) i sektion med -31 patienter i befintliga byggnader

°Anv (0) när punkt 1 baseras på 1:a våningen eller på en oskyddad konstruktion.
 °°Anv (0) när punkt 1 baseras på en oskyddad konstruktion
 °°°Anv (0) när punkt 4 är -10

Steg 5: Beräkna individuella skyddsnivåer. Använd tabell 5.

Överför inringade värden i tabell 4 till **varje** oskuggad ruta i motsvarande rad i tabell 5. För faktor 13 (sprinkler) skall värdet i utrymningskolumnen divideras med 2.

Addera de fyra kolumnerna. Observera att negativa värden dras ifrån.

Överför värdena S_1 , S_2 , S_3 och S_G till motsvarande rutor i tabell 7 på sidan 4 i underlaget.

Tabell 5: Individuella skyddsnivåer				
Åtgärd	Brand/Rökbe- gränsning Skyddsnivå	Släckning Skyddsnivå	Personför- flyttning Skyddsnivå	Allmän Skyddsnivå
1. Konstruktion				
2. Ytskikt (Korridor, utgång)				
3. Ytskikt (Rum)				
4. Korridorer Sektionerings- väggar mot rum				
5. Dörrar mot korridorer				
6. Brandsektion Dimensioner Gångavstånd				
7. Vertikala öppningar				
8. Riskabla områden				
9. Rökventilation				
10. Utrymnings- vägar				
11. Manuellt brandlarm				
12. Automatiskt brandlarm Rökdetektorer				
13. Automatisk vatten- sprinkler			÷ 2 =	
Totalt	$S_1 =$	$S_2 =$	$S_3 =$	$S_G =$

STEG 6: Acceptabel skyddsnivå. Använd tabell 6.

Med byggnadens status (ny, befintlig) och brandsektionens läge, ringa in skyddsvärdena i alla tre kolumnerna i tabell 6.

Överför de inringade värdena S_a , S_b och S_c till motsvarande rutor i tabell 7.

Tabell 6: Acceptabel skyddsnivå						
Sektionens läge	Begränsning		Släckning		Personförflyttning	
	S_a		S_b		S_c	
	Ny	Befintlig	Ny	Befintlig	Ny	Befintlig
1:a våningen	9.0	4.0	6.0	3.0	6.0	1.0
Ovan 1:a våningen	14.0	8.0	8.0	8.0	9.0	3.0

Steg 7: Beräkna skyddsnivå. Använd tabell 7.

Utför beräkningarna i tabell 7. Om värdena C, E, P och G större eller lika med noll, sätt kryss i "Ja"-kolumnen, i annat fall sätt kryss i "Nej"-kolumnen.

Tabell 7: Brandsektionens skyddsnivå					Ja	Nej
Brandbegränsning. Acceptabel skyddsnivå (S_1) - skyddsnivå (S_a) ≥ 0	S_1	-	S_a	=	C	
Släckning. Acceptabel skyddsnivå (S_2) - skyddsnivå (S_b) ≥ 0	S_2	-	S_b	=	E	
Personförflyttning. Acceptabel Personförflyttning skyddsnivå (S_3) - Skyddsnivå (S_c) ≥ 0	S_3	-	S_c	=	P	
Allmän skyddsnivå (S_G) - Objektets brandrisk (R) ≥ 0	S_G	-	R	=	G	

Slutsatser

- ☐ 1. Alla svar i tabell 7 står i "Ja"-kolumnen. Skyddsnivån är därmed minst den som föreskrivits.*
- ☐ 2. Ett eller flera svar står i "Nej"-kolumnen. Skyddsnivån är därmed inte den som föreskrivits.*

*Denna metod täcker det mesta av det som föreskrivits i NFPA:s "LIFE SAFETY CODE". Vissa reskrifter är dock inte medtagna. Dessa måste därför utvärderas separat.

5. System, utvecklat av Dansk Brandvaerns-Komité

Av de tidigare beskrivna riskanalys- och riskv rderingssystemen  r Gretener-, GSA- och NFPA-systemen tillämpbara f r en hel byggnad. NBS-systemet f r en riskvärdering av vårdanläggningar  r däremot i sin tillämpning begränsat till en brand/röksektion.

Det av Dansk Brandvaerns-Komité utvecklade riskvärderingssystemet var i sin första version också begränsat till en brand/röksektion /18a/. Systemet och tillhörande beräkningsprogram, ARGOS, har senare vidare utvecklats till att kunna behandla brandförlopp och rökspridning mellan upp till fem rum /18b/.

Systemet är ett kvantitativt system, baserat på fysikaliska förlopp. Det innehåller en beräkningsmetod eller beräkningsmodell med submodeller, som bestämmer sannolikheten för en brands uppkomst och för att olika faser i brandens utveckling skall inträffa (medelstor brand, övertändning, fullt utvecklad brand, brandens spridning till angränsande rum) samt konsekvenserna härav med hänsyn till personsäkerhet och skadekostnad. Modellen inkluderar effekten av automatisk brandventilation, brandlarm och sprinklersystem. 1)

Modellen är avsedd att användas av dem, som sysslar med projektering, rådgivning, inspektion och godkännande. Den kan därvid utgöra ett supplement till den riskvärdering, som företas av myndigheter, försäkringsbolag m m. Det förutsätts, att användaren av modellen är förtrogen med gällande lagstiftning och bestämmelser och har så goda brandtekniska kunskaper, att han/hon kan kritiskt bedöma kvaliteten i indata, delmodellens uppbyggnad och resultat. Den totala beräkningsmodellen innehåller

- * brandfrekvensmodell, som bestämmer sannolikheten för en brands uppkomst f r olika brandorsaksgrupper och för att olika karaktäristiska faser i brandens utveckling skall inträffa,
- * brandutvecklingsmodell, som beräknar brandutvecklingens tidsförlopp med avseende på termisk påverkan och rök,
- * skadev rderingsmodell, som bestämmer skadekostnad i olika faser av brandförloppet från påverkan av värme, r k och släckmedel,
- * beräkningsmodeller och beräkningsprogram f r en värdering av effekten av olika aktiva och passiva brandförsvarsåtgärder.

Brandfrekvensmodellen är strukturerad med avseende på olika brandorsaksgrupper: personers oförsiktighet, fasta installationer, produktionstekniska faktorer och yttre orsaker.

Brandutvecklingsmodellen innehåller en serie d lprogram med koppling till initialbrandens storlek, utveckling och spridning; flamhöjd och värmestrålning; r klagrets tjocklek, temperatur och strålning samt den fullt utvecklade rumsbrandens temperaturförlopp och varaktighet.

Metoden möjliggör en beräkning eller uppskattning av effekten av följande aktiva brandförsvarsåtgärder:

- * Brandventilation, baserad på takljus med kort kollapstid vid brand,

1) Den modell av riskvärderingssystemet som idag finns tillgänglig, Argos v2.0, saknar den inledande submodellen som beräknar sannolikheten för uppkomst av brand.

- * brandventilation, baserad på automatisk aktivering genom rök- eller värmedetektorer,
- * automatiskt brandlarm, anslutet till brandförsvarets larmcentral,
- * stationära, automatiska släcksystem och
- * automatisk sprinkleranläggning i kombination med släckinsats av kommunalt brandförsvär.

Beräkningsmetodens flödesschema återges i fig 5.1.

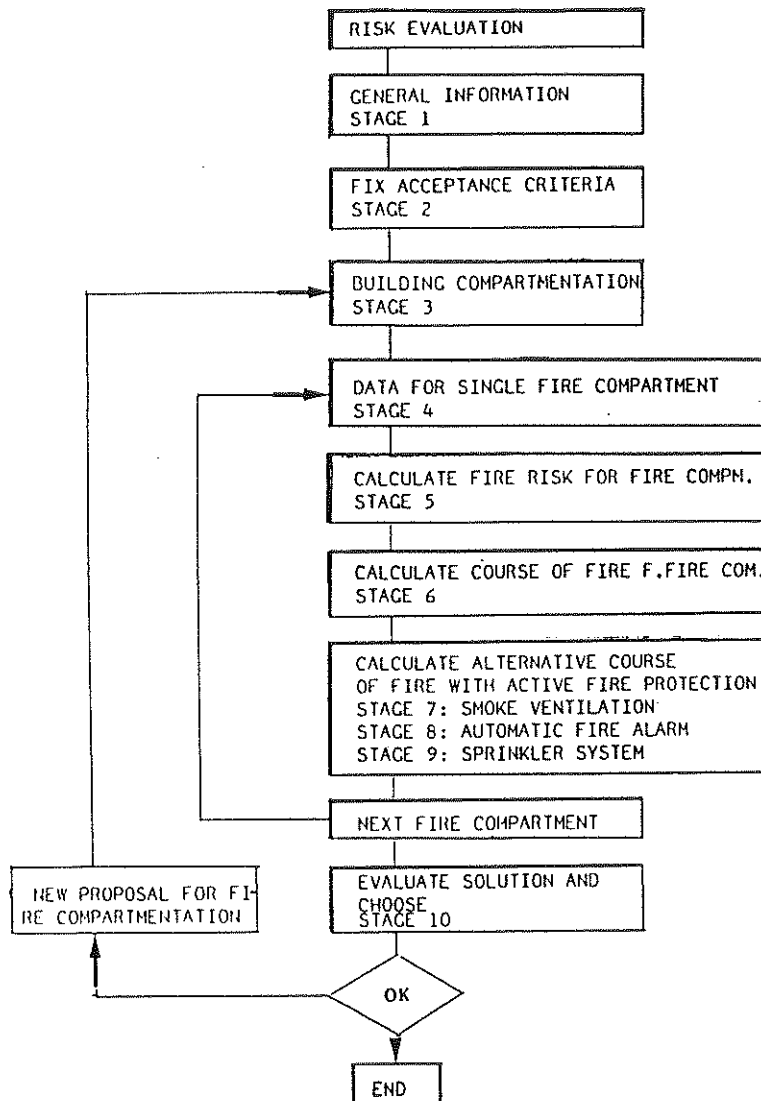


Fig. 5.1 Flödesschema för datorberäkningsmodell, ingående i av Dansk Brandvarens-Komité utvecklat brandriskvärderingssystem för sektionerad del av byggnad [18]

Som exempel på beräkningsresultat visas i fig 5.2 tid till olika karakteristiska tillstånd under en brands utveckling i en brand/röksektion och i fig 5.3 omfattning av förväntade skador som funktion av brandens storlek. I den senare figuren

ger kolumn 2 de olika brandförloppsfasernas varaktighet i s, kolumn 3 sannolikheten per år för en brand av respektive storlek, kolumn 4 värderad skada i danska kronor för respektive brandförloppsfas och kolumn 5 brandriskskadekostnaden per år, beräknad som produkten av värdena i kolumnerna 3 och 4.

CRITICAL TIMES IN THE COURSE OF A FIRE	TIME	SIZE OF FIRE	DEPTH OF SMOKE LAYER BELOW CEILING

FLAME HEIGHT 1 METRE	: 75 s	550 kW	1.24 m
FLAMES REACH CEILING	: 230 s	1.000 kW	2.80 m
RADIATION FROM FIRE 5 kW:	200 s	800 kW	2.61 m
RADIATION FROM FIRE 15 kW:	400 s	1.000 kW	3.45 m
SMOKE FILLED ROOM	: 750 s	1.200 kW	4.20 m
FLASH OVER IN ROOM	: 2.400 s	1.500 kW	5.00 m
BURNT OUT ROOM	: 3.600 s	-	-
ACTIVATION, SMOKE	: 35 s	250 kW	0.40 m
ACTIVATION, HEAT	: 120 s	550 kW	1.80 m
ACTIVATION, SPRINKLER	: 160 s	750 kW	2.50 m
SMOKE VENTILATION OPENS	: 600 s	1.200 kW	4.00 m

Fig. 5.2

Beräknad tid till olika karakteristiska tillstånd under en brands utveckling i en brand/röksektion [18]

PROTECTION ALTERNATIVE 1 MINIMUM REQUIREMENTS ACC. TO THE TECHNICAL PROVISIONS						
STAGE IN	DURATION	PROBABILITY	LOSSES	IN KR.	PROTECTION	TOTAL
COURSE OF FIRE	OF FIRE	OF FIRE	MAX	PER ANNUM	INVESTMENT	COST

SMALL FIRE	0 - 400	0.12	30	3.6	0	3.6
MEDIUM FIRE	400- 900	0.04	1.300	52.0	0	52.0
FLASH OVER	900	0.01	23.000	230.0	0	230.0
BURNT OUT	3.600	0.008	25.000	200.0	0	200.0

Fig. 5.3

Beräknad omfattning av förväntade skador vid olika brandstorlek [18]

För att ytterligare illustrera riskvärderingssystemets potential återges på s 44-46 beräkningsresultat för en femrumskonfiguration i en industribyggnad /18b/. En definierad brand startar i rum 3 (Maskinhal 1) och på s 44 redovisas beräknad utveckling från start till tiden 7 min 54 s av temperaturen i rökgaslagret under taket för de fem rummen med angivande av tid för vissa karakteristiska händelser samt av brandens storlek och strålning och rökgaslagrets optiska densitet för

det rum, där branden startade. På s 45 anges beräknade temperaturer på fem olika ytor (golv, tak och omgivande väggar) i det ursprungliga brandrummet från övertändning till brandens slut. Den tillhörande skadeberäkningen för de fem rummen presenteras på s 46.

Riskvärderingsmodellen bygger helt på internationellt tillgänglig kunskap och är beräkningstekniskt anpassad till persondator. Modellen har känslighetsanalyserats i begränsad omfattning med avseende på dess delelement. En mer fullständig sådan analys avses ingå i det fortsatta utvecklingsarbetet. En erfarenhetsåterföring från modellens praktiska användning är därvid angelägen.

— ARGOS V1.0 — Beregning af alle rum før overtænding —

Sagsnavn : PLAST AS
Dato : 1990.09.07

Brandrum : Maskinhal 1
Startbål, type : Brand i fast stof
Startbål, navn : Færdigv. langs mask.

Rum:

- #1 - Formrum
- #2 - Montagehal
- #3 - Maskinhal 1
- #4 - Maskinhal 2
- #5 - Råvarelager

Tid	Røglagstemp. [C], rum:					Brandrum		
	#1	#2	#3	#4	#5	Bål [Kw]	Varmestrå- ling [Kw/m2]	Tæthed, røglag
00:00:00	20	20	20	20	20	0.0	-	-
00:00:58	Termodetekteret brandalarm (ABA) i rum #3 udløst.							
00:00:58	20	20	38	20	20	925.3	0.32	2.21
00:01:00	20	20	39	20	20	1013.4	0.32	2.29
00:02:00	20	20	68	20	20	4053.4	0.51	5.07
00:03:00	20	20	111	20	20	7358.2	0.93	8.48
00:04:00	Røgdetekteret brandalarm (ABA) i rum #2 udløst.							
00:04:00	20	32	162	20	20	10243.9	1.66	11.63
00:05:00	20	42	222	20	20	13040.3	2.96	14.55
00:05:55	Strålingsvarmen ved gulv er nu nået 5 kW/m2 i rum #3.							
00:05:55	20	56	288	20	20	15569.0	5.01	17.01
00:06:00	20	57	295	20	20	15797.8	5.25	17.22
00:06:50	Rum #3 er nu røgfylt.							
00:06:50	20	76	363	20	20	18079.3	8.32	19.21
00:07:00	20	80	377	20	20	18534.4	9.09	20.00
00:07:11	Indtrængen for brandvæsen ikke længere mulig i rum #3.							
00:07:11	20	86	393	20	20	19034.6	10.04	20.89
00:07:54	Overtænding i rum #3.							
00:07:54	20	108	464	20	20	20986.4	15.03	24.48

— ARGOS V1.0 ————— Beregning af overtændt rum —

Sagsnavn : PLAST_AS
Dato : 1990.09.07

```

Brandrum      : Maskinhal 1
Startbål, type : Brand i fast stof
Startbål, navn : Færdigv. langs mask.

```

Overflader:

- ```
#1 - Gulv
#2 - Loft
#3 - Væg til Montagehal
#4 - Væg til Maskinhal 2
#5 - Væg til Omgivelser
```

Temperaturer [C]

| Tid      | Rum  | #1   | #2   | #3   | #4   | #5   | #6 | #7 | Bal [Kw] |
|----------|------|------|------|------|------|------|----|----|----------|
| 00:08:00 | 824  | 138  | 139  | 138  | 138  | 138  | -  | -  | 252307.8 |
| 00:09:00 | 969  | 640  | 640  | 640  | 640  | 640  | -  | -  | 250569.7 |
| 00:10:00 | 1050 | 837  | 837  | 837  | 837  | 837  | -  | -  | 249170.8 |
| 00:11:00 | 1114 | 956  | 956  | 956  | 956  | 956  | -  | -  | 247933.9 |
| 00:12:00 | 1164 | 1038 | 1038 | 1038 | 1038 | 1038 | -  | -  | 246953.4 |
| 00:13:00 | 1202 | 1097 | 1097 | 1097 | 1097 | 1097 | -  | -  | 246123.9 |
| 00:14:00 | 1234 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | -  | -  | 245449.2 |
| 00:14:09 | 1238 | 1148 | 1148 | 1148 | 1148 | 1148 | -  | -  | 245374.4 |

00:14:09 Bålet er udbrændt.

— ARGOS V1.0 — Skadesberegning —

Sagsnavn : PLAST AS  
 Dato : 1990.09.07  
 Brandrum : Maskinhal 1  
 Startbål, type : Brand i fast stof  
 Startbål, navn : Færdigv. langs mask.

Rum:

- #1 - Formrum
- #2 - Montagehal
- #3 - Maskinhal 1
- #4 - Maskinhal 2
- #5 - Råvarelager

Alle beløb i 1000 kr.

| Rum:     | #1 | #2  | #3   | #4 | #5 | Ialt        | Tab [%]    |
|----------|----|-----|------|----|----|-------------|------------|
| Varer    | 0  | 9   | 540  | 0  | 0  | 549         | 14.5       |
| Maskiner | 0  | 241 | 6250 | 1  | 0  | 6492        | 8.1        |
| Bygning  |    |     |      |    |    | 1627        | 16.2       |
| TAB IALT |    |     |      |    |    | <u>8669</u> | <u>9.2</u> |

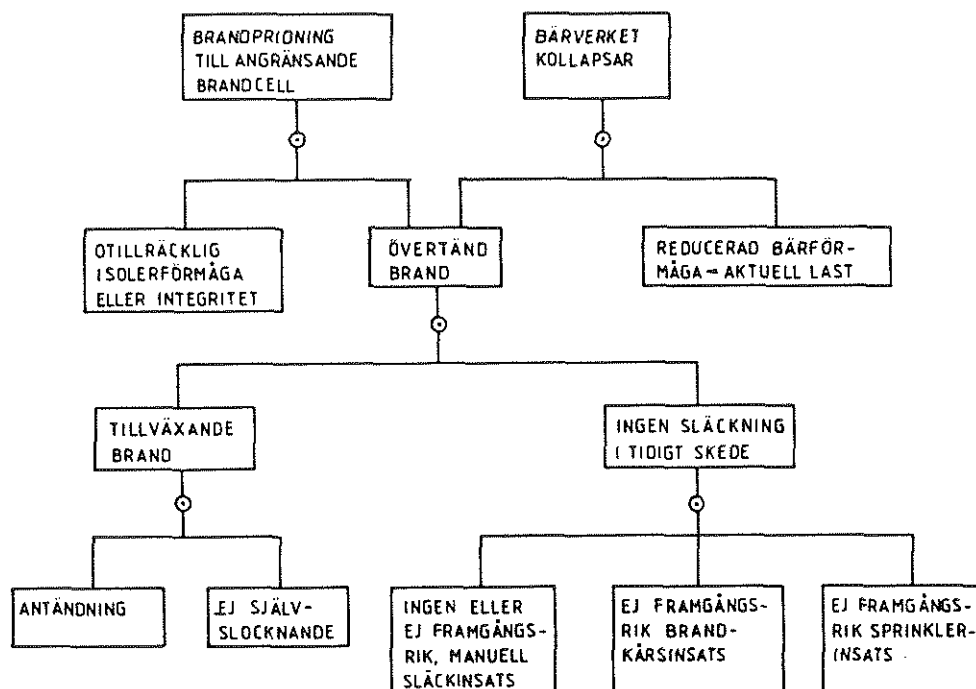


## 6. Några exempel på kostnads/nyttoanalys och ekonomisk optimering av brandförsvarsåtgärder

Som komplement till de presenterade riskvärderingssystemen för en byggnads totala brandförsvar ges i det följande några exempel på ekonomisk optimering och kostnads/nyttoanalys av brandförsvarsåtgärder. Exempelen omfattar:

- \* Sannolikheteoretisk dimensionering och optimering av bärande byggnadskonstruktioner,
- \* lönsamhetsanalys av fyra olika brandförsvarsåtgärder för envånings industribyggnader och
- \* analys av olika strategier för att påverka risker och kostnader för brandskador, förorsakade av byggnaders lösa inredning.

### 6.1 Sannolikheteoretisk dimensionering och ekonomisk optimering av bärande byggnadskonstruktioner vid brand



**Fig. 6.1** Felträd för brandutveckling och tillhörande reaktion från en bärande och avskiljande byggnadskonstruktion [19]

För en bärande eller avskiljande byggnadskonstruktion kan risken för upphörd funktion vid brand beskrivas via det i fig 6.1 visade felträdet. Om antändning inträffar i aktuell brandcell och om inte branden själv slocknar, uppkommer en tillväxande brand. Om branden därvid inte kan släckas i ett tidigt skede genom manuella insatser, brandkårsingripande eller sprinkler, kan branden leda till övertändning och en kraftig termisk påverkan mot den bärande eller avskiljande konstruktionen. Om den avskiljande funktionen upphör, sker en spridning av branden

till angränsande brandcell. Om bärförmågan genom den termiska påverkan reduceras till en nivå under verkande last, kollapsar konstruktionen [19].

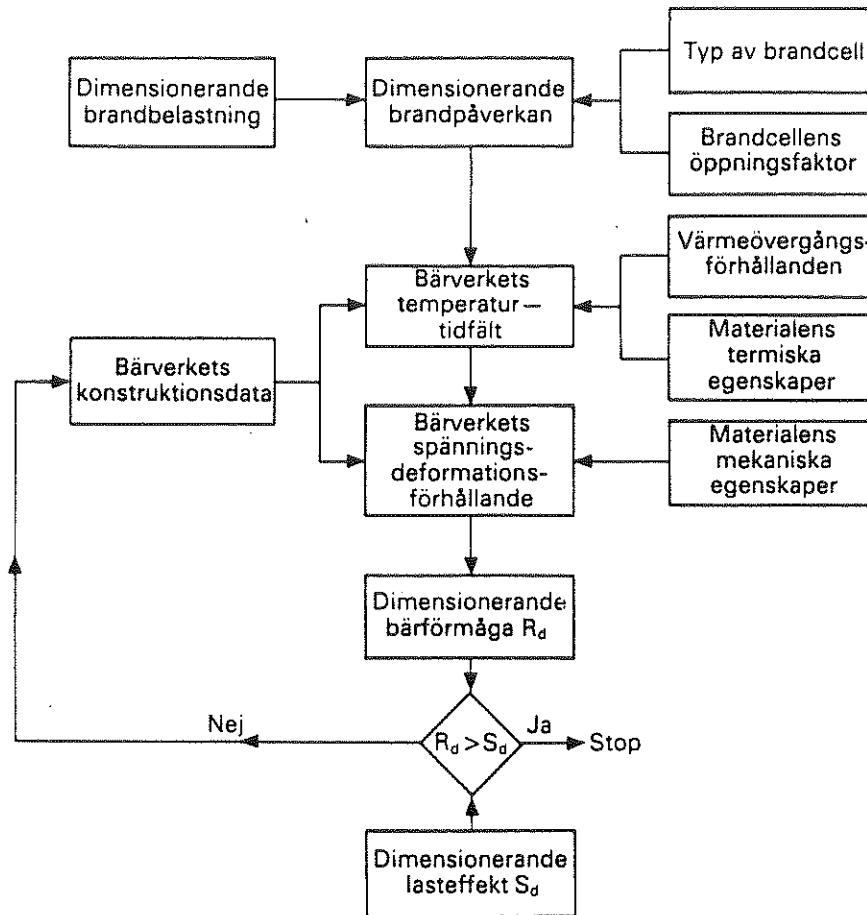


Fig 6.2 Flödesschema för en analytisk, brandteknisk bärverksdimensionering

Fig 6.2 illustrerar den fysiska modellen för en sannolikheteoretisk, analytisk dimensionering av en bärande byggnadskonstruktion, utsatt för brand. Brandbelastningens storlek och brandcellens typ och ventilation (öppningsfaktor) ger underlag för en bestämning av den termiska påverkan vid en övertänd brand. Påverkan kan t ex beskrivas som brandcellens gastemperatur som funktion av tiden. Via information om bärverkets uppbyggnad och om hur bärverksmaterialets termiska och mekaniska egenskaper förändras vid uppvärmning, kan tidsvariationen beräknas av bärverkets temperaturfält och bärförmåga. Det lägsta värdet av bärförmågan under det aktuella brandförloppet definierar dimensionerande bärförmåga. Denna får ej reduceras till en nivå under gällande lastpåverkan, om kollaps skall undvikas.

I en sannolikheteoretisk dimensionering, kopplad till den fysiska modellen, måste hänsyn tas till följande inverkningar:

- \* Osäkerheten i val av statisk last,
- \* osäkerheten i val av brandbelastning och egenskaper för brandcellen,
- \* osäkerheten i val av termiska och mekaniska egenskaper för bärverkets material,

- \* osäkerheten i använda analytiska modeller för den övertända branden,
- \* temperaturfält och bärförmåga,
- \* sannolikheten för uppkomst av en övertänd brand,
- \* effektiviteten av brandförsvarets insats,
- \* inverkan av ett eventuellt automatiskt släcksystem och
- \* konsekvenserna av ett brott i bärverket.

För vissa tillämpningar föreligger idag ett tillräckligt underbyggt statistiskt underlag för att brottrisen skall kunna godtagbart beräknas vid en given bärverksutformning. Sådana beräkningar har utförts av Sven Erik Magnusson för isolerade stålbalkar i svenska kontorshus [20]. Fig 6.3–6.5 exemplifierar några steg i en sådan beräkning.

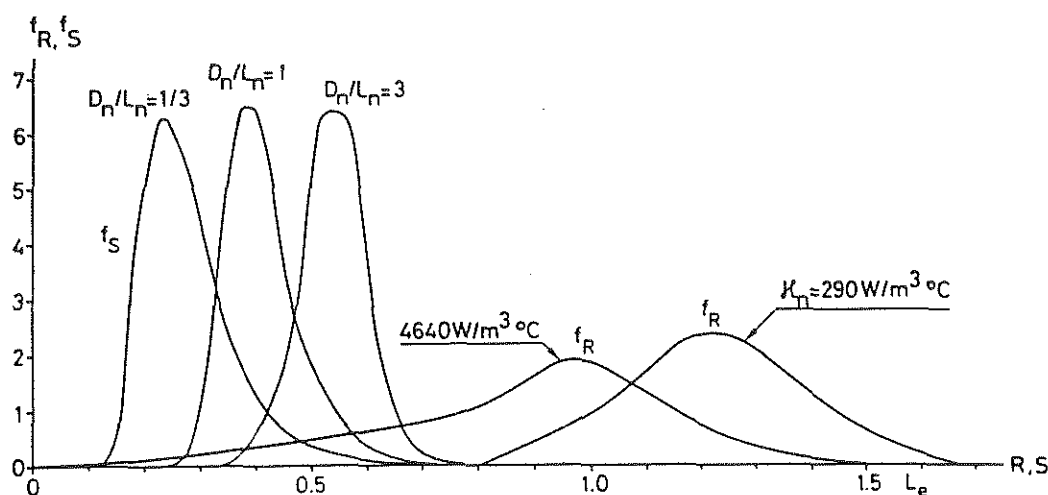


Fig 6.3 Frekvenskurvor  $f_R$  och  $f_S$  för bärförmåga  $R$  och lasteffekt  $S$  för en isolerad stålstomme i en brandcell med öppningsfaktorn  $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,08 \text{ m}^{1/2}$  i ett svenskt kontorshus [20]

Fig 6.3 visar genom simulering beräknade frekvenskurvor  $f_R$  och  $f_S$  för bärförmågan  $R$  respektive lasteffekten  $S$  för en isolerad stålstomme, som är placerad i en brandcell med öppningsfaktorn  $A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,08 \text{ m}^{1/2}$  i ett svenskt kontorshus. De tre kurvorna för lasteffekten  $S$  svarar därvid mot tre olika värden för kvoten mellan egentygnd  $D_n$  och nyttig last  $L_n$  och de två kurvorna för bärförmågan  $R$  mot två olika värden av en isolerparameter  $\kappa_n$ , definierad genom sambandet

$$\kappa_n = \frac{A_i \lambda_i}{V_s d_i} \quad (6.1)$$

Därvid är  $A_i$  inre omslutningsytan för isoleringen per m balk,  $V_s$  stålprofilvolymen per m balk,  $\lambda_i$  isoleringens värmeledningsförmåga och  $d_i$  isoleringens tjock-



lek. Bärförmågan  $R$  och lasteffekten  $S$  är i figuren relaterad till balkens elastiska gränslast  $L_e$  vid lasten jämnt fördelad.

Ur frekvenskurvorna för bärförmågan  $f_R$  och lasteffekten  $f_S$  kan brottrisen vid övertänd rumsbrand  $p_f$  beräknas via sambandet

$$p_f = \int_0^{\infty} \int_0^S f_S(s) f_R(r) ds dr \quad (6.2)$$

Vid ett givet värde för  $A_i/V_s$  leder sådana beräkningar till ett samband mellan  $d_i/\lambda_i$  och brottrisen  $p_f$  enligt fig 6.4, i vilken de tre kurvorna refererar till de tre värdena för  $D_n/L_n$  enligt fig 6.3.

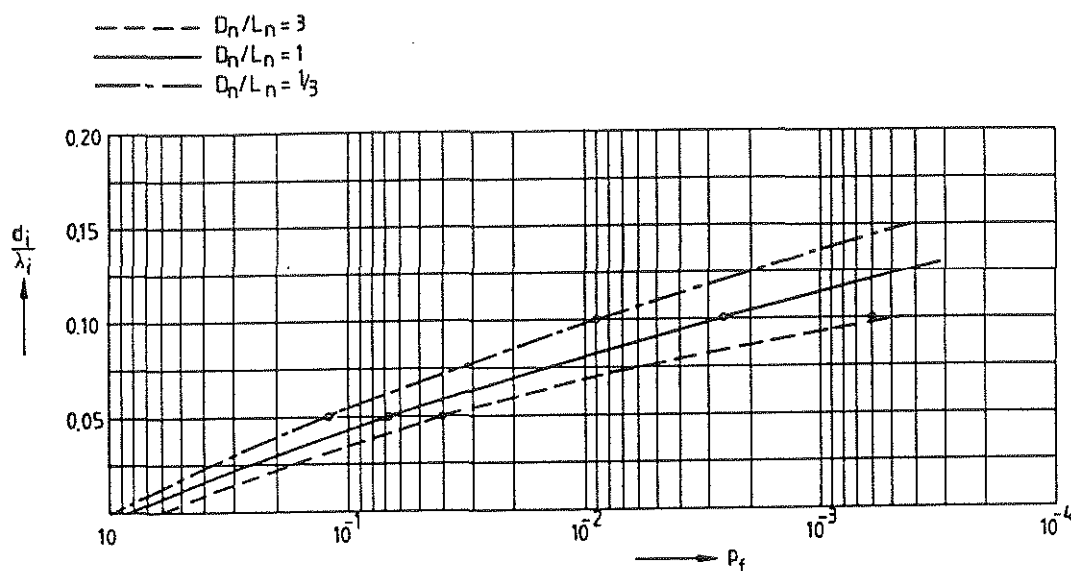
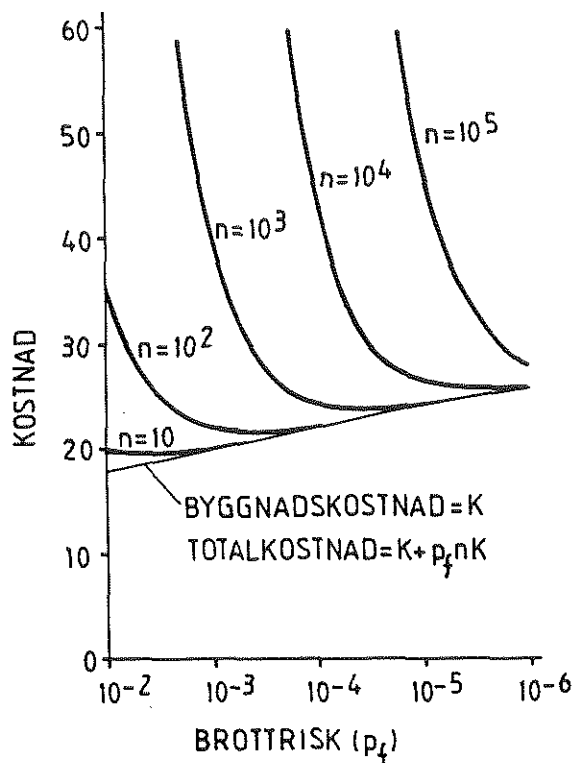


Fig 6.4 Samband mellan isoleringsparametrarna  $d_i/\lambda_i$  och brottrisen  $p_f$  vid brand för en isolerad stålbalk i en brandcell med öppningsfaktorn  $0,08 \text{ m}^{1/2}$  i ett svensk kontorshus [20], [21]

Med ökad isolertjocklek  $d_i$  följer en ökad byggnadskostnad  $K$  för den isolerade stålbalken. Kurvsambandet enligt fig 6.4 kan därför transformeras till ett samband mellan byggnadskostnaden  $K$  och brottrisen  $p_f$ , vilket visas i fig 6.5 för kvoten  $D_n/L_n = 1$ . Till ett brott hör en skadekostnad för byggnaden  $nK$  och en brottriskkostnad, som är produkten av brottrisk och skadekostnad. De olika kurvorna i fig 6.5 visar summan av byggnadskostnad och brottriskkostnad – en totalkostnad – för olika värden på kvoten mellan skadekostnad och byggnadskostnad  $n$ . Ur ekonomisk synpunkt bör i den enskilda tillämpningen väljas den utformning, som ger minimum av totalkostnad. Häremot svarar ett optimalt värde på brottrisen, som generellt minskar med ökat värde för kvoten mellan skadekostnad och byggnadskostnad. En förutsättning för att en sådan dimensioneringsmetodik skall kunna få tillämpas är dock, att en personutrymning av byggnaden skall kunna säkerställas med en dimensionerande utrymningstid, som är mindre än förväntad tid för bärverkets kollaps.



**Fig 6.5** Samband mellan totalkostnad och brottrisk för en isolerad stålbalk i svenskt kontorshus vid olika kvot  $n$  mellan brandskadekostnad och byggnadskostnad [20], [21]

## 6.2 Kostnads/nyttoanalys av brandförsvarsåtgärder

Med utgångspunkt från resultat och erfarenheter från en omfattande kartläggning och analys av brandskador i olika typer av industribyggnader [22] har Jörgen Thor och Gösta Sedin bl a uppskattat den relativa lönsamheten på nationell nivå av fyra olika brandförsvarsåtgärder för envånings industribyggnader [23]. De studerade åtgärderna är sprinkler, brandventilation, byggnadskonstruktionens brandmotstånd och sektionering. Behandlingen har differentierats med avseende på mängd brännbart material i byggnaden – hög, medelstor eller låg brandbelastning. Lönsamheten är definierad som kvoten mellan uppskattad minskning i skadekostnad och tillhörande investeringskostnad för åtgärden. Erhållna resultat exemplifieras i tabell 6.1.

Tabell 6.1. Relativ lönsamhet på nationell nivå av olika brandskyddsåtgärder, konsekvent använda inom respektive brandbelastningskategori för envånings industribyggnader [23].

| Brandbelastning | Brandskyddsåtgärder |                  |               |                   |
|-----------------|---------------------|------------------|---------------|-------------------|
|                 | Sprinkler           | Brandventilation | Brandmotstånd | Brandsektionering |
| Hög             | 4                   | 0,8              | 0,1           | 10                |
| Medel           | 1                   | 2,0              | 0,2           | 3                 |
| Låg             | 0,1                 | 0,6              | 0,03          | 0,8               |
| Totalt          | 1,3                 | 1,2              | 0,1           | 4                 |

För installation av sprinkler indikerar tabellen en god lönsamhet för industribyggnader med en hög brandbelastning och en dålig lönsamhet för industribyggnader med låg brandbelastning. Brandventilation kan bedömas som en god investering i industribyggnader med medelstor brandbelastning men däremot som icke lönsam, då brandbelastningen är hög eller låg. En brandventilation kan dock vara en nödvändig åtgärd för en säker personutrymning av byggnaden. En ökning av byggnadskonstruktionernas brandmotstånd är generellt en åtgärd med dålig lönsamhet i envånings industribyggnader. Åtgärder för att förbättra funktionen av sektioneringar och därigenom försvåra eller hindra brandens spridning inom en byggnad är däremot desto lönsammare, särskilt för industribyggnader med hög brandbelastning.

Det är viktigt att understryka, att slutsatserna gäller för envånings industribyggnader. En analog lönsamhetskalkyl för t ex ett flervånings bostads- eller kontorshus kan förmodas ge en helt annan viktning av lönsamheten för olika brandförsvarsåtgärder.

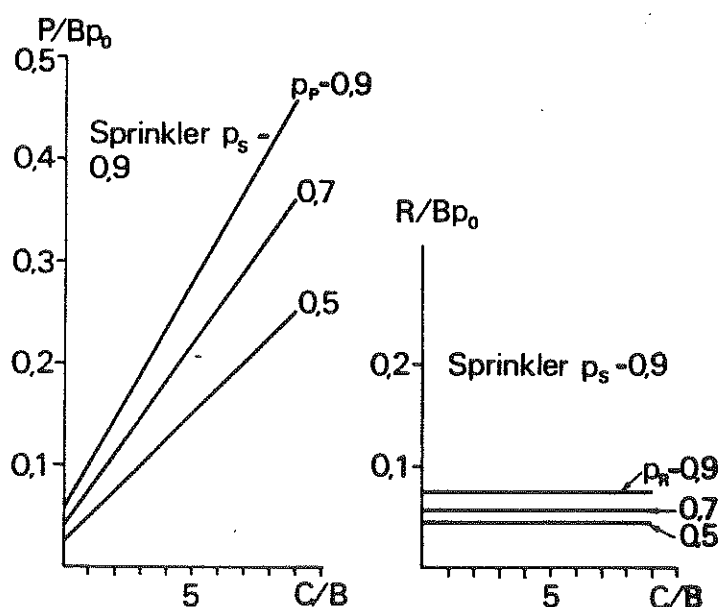


Fig 6.6

Maximalt tillåten investeringskostnad för sektionering P och brandmotstånd R för att kostnaden inte skall överstiga förväntad skadereduktion som en följd av respektive åtgärd, när sprinkler med en funktionssannolikhet  $p_s = 0,9$  är installerad [23]

För tillämpning på individuella objekt kan diagram av i fig 6.6 [23] exemplifierat slag tas fram som underlag för en kostnads/lönsamhetsanalys. De visade diagrammen gäller för envånings industribyggnader och ger maximalt godtagbar kostnad för en sektionering  $P$  och byggnadsstommens brandmotstånd  $R$  som funktion av kvoten mellan värdet av byggnadens innehåll  $C$  och byggnadens värde  $B$ . Diagrammen förutsätter, att byggnaden har utrustats med sprinkler med en funktionssannolikhet  $p_s = 0,9$ . Maximalt godtagbar kostnad innebär, att kvoten mellan uppskattad minskning i skadekostnad och tillhörande investeringskostnad för åtgärden är minst 1.  $p_o$  betecknar sannolikheten för en övertänd brand i byggnaden,  $p_p$  och  $p_R$  sannolikheten för uppfylld funktion för sektionering respektive byggnadsstommens brandmotstånd.

I flera länder diskuteras olika strategier med hänsyn till risker och kostnader för brandskador, förorsakade av byggnaders lösa inredning. Tabell 6.2 [24] visar beräknad totalkostnad i miljarder dollar för det amerikanska samhället under perioden 1980–2010 för möbelbränder vid tre olika strategier – ingen åtgärd, obligatorisk rökdetektor, möblerna skyddas mot cigarettantändning. De beräknade kostnaderna bygger på antaganden om sannolikheter och andra antaganden, som kan diskuteras; så har t ex förlusten av ett människoliv värderats till 300 000 dollar.

Tabell 6.2. Samhällets beräknade totalkostnad för möbelbränder vid tre olika strategier i USA för perioden 1980–2010. Ackumulerad kostnad i miljarder US dollar. Ränteläge 8% [24].

| Strategi                               | Förlust | Kostnad | Summa |
|----------------------------------------|---------|---------|-------|
| Ingen Rökdetektor                      | 6,33    | 0       | 6,33  |
| obligatorisk                           | 5,65    | 0,30    | 5,95  |
| Möbler skyddade mot cigarettantändning | 4,84    | 1,12    | 5,96  |

Åtgärderna att obligatoriskt föreskriva rökdetektorer eller att inte acceptera möbler, som ej kan motstå antändning genom cigarett, leder båda till en reduktion med ca 0,4 miljarder US dollar av den förväntade totalkostnaden. Den senare åtgärden ger en lägre skadeförlustkostnad och ett mindre antal förväntade dödsfall och bör därför prioriteras.



## Referenser

- [1] Pettersson, O, "Brandrisker och brandskador – hur kan de påverkas". Väg- och vattenbyggaren 5, 1987. – Report LUTVDG/(TVBB-3038), Department of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Science and Technology, Lund 1987.
- [2] Pettersson, O, "Principles of Fire Engineering Design and Fire Safety of Tall Buildings". ASCE-IABSE International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, August 21–26, 1972, Summary Report of Technical Committee 8, Conference Preprints, Volume DS. – Bulletin 31, Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology, Lund 1973.
- [3] Witteveen, J, Twilt, L, "Principles of Fire Engineering Design". Chapter I, European Convention for Constructional Steelwork, Fire Safety in Constructional Steelwork, CECM-III-74-2E.
- [4] Magnusson, S E, Pettersson, O, Thor, J, Brandteknisk dimensionering av stålkonstruktioner. Publikation 38, Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm 1974.  
Pettersson, O, Magnusson, S E, Thor, J, Fire Engineering Design of Steel Structures. Publication 50, Swedish Institute of Steel Construction, Stockholm 1976.
- [5] BVD (Brand-Verhütungs-Dienst für Industrie und Gewerbe), "Stoffe und Waren, Risikobewertung". Comité Européen des Assurances, Zürich 1971.
- [6] BVD (Brand-Verhütungs-Dienst für Industrie und Gewerbe), Fire Risk Evaluation – Edition B/The Gretener Fire Risk Quantification Method". Draft December 1979, Zürich 1980.
- [7] Bamert, E, "Evaluation du Risque d'Incendie et Mesures de Protection Inherentes". CIB Proceedings on Fire Safety in Buildings: Needs and Criteria, Publication 48, 1978, pp 112–119.
- [8] Cluzel, D, Sarrazat, P, "Méthod ERIC, Evaluation du Risque Incendie par le Calcul". Paper presented at IFPEI-III in Wageningen, The Netherlands, Federations Nationales du Bâtiment et des Travaux Public, St Remy-les-Chevreuse, France, 1980.
- [9] Engdal, M, "Brandteknisk riskvärdering", Hansa företag, Stockholm, maj 1984.
- [10] General Services Administration, Public Building Service, "Firesafety in High-Rise Buildings". International Conference, April 12–16, Airlie House Warrenton, Va., Washington, DC., 1971. – Reconvened International Conference, Oct. 5, Washington, D.C., 1971.
- [11] General Services Administration, Public Building Service, "Interim Guide for Goal Oriented Systems Approach to Building Firesafety". Appendix D to the HB, Building Firesafety Criteria, Washington, DC., April 27, 1972.

- [12] NFPA, National Fire Protection Association, "The Systems Approach to Fire Protection". NFPA Publications No. SPP-36, Boston 1976.
- [13] NFPA, National Fire Protection Association, "Guide to the Firesafety Concepts Tree". NFPA 550, Batterymarch Park, Quincy, Ma., 1986.
- [14] Nelson, H E, Shibe, A J, "A System for Fire Safety Evaluation of Health Care Facilities". National Bureau of Standards, Center for Fire Research, Report NBSIR 78-1555, Washington D.C., November 1978.
- [15] Benjamin, I A, "A Fire Safety Evaluation System for Health Care Facilities". Fire Journal, March 1979, pp 52-55, 95-96.
- [16] Chapman, R E, Hall, W G, Chen, P T, "A Computerized Approach for Identifying Cost-Effective Fire Safety Retrofits in Health Care Facilities". National Bureau of Standards, Center for Fire Research, Report NBSIR 79-1929, Washington D.C., January 1980.
- [17] Gross, D, "Evaluating the Equivalency of Fire Safety Alternatives. Application to Health Care Facilities". CIB Symposium on Systems Approach to Fire Safety in Buildings, held at Tsukuba, Japan, 29/30 August 1979, Vol 1, II-13.
- [18a] Dansk Brandvaerns-Komit , Dansk Brandteknisk Institut, "Brandteknisk Risikovurdering". København, 1987.
- [18b] Dansk Brandvaerns-Komit , Dansk Brandteknisk Institut, "ARGOS - Ett beregningsprogram til brandteknisk risikovurdering". Birker d, 1990.
- [19] Kersken-Bradley, M, Pettersson, O, Schneider, U, Twilt, L, Vrouwenvelder, A, Witteveen, J, "A Conceptual Approach Towards a Probability Based Design Guide on Structural Fire Safety". CIB W14 Workshop "Structural Fire Safety", Fire Safety Journal, Vol 6, No 1 1983.
- [20] Magnusson, S E, "Probabilistic Analysis of Fire Exposed Steel Structures". Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology, Bulletin 27, Lund, 1974.
- [21] Witteveen, J, Twilt, L, "Principles of Fire Engineering Design". Chapter 1, European Convention for Constructional Steelwork, Fire Safety in Constructional Steelwork, CECM-III-74-2E.
- [22] Sedin, G, Thor, J, "Basic Information from an Investigation of Industrial Fires". Swedish Institute of Steel Construction, Publication 61, Stockholm 1978.
- [23] Thor, J, Sedin, G, "Fire Risk Evaluation and Cost Benefit of Fire Protective Measures in Industrial Buildings". Swedish Institute of Steel Construction, Publication 64, Stockholm, 1979.
- [24] Helzer, G S, et al, "Decision Analysis of Strategies for Reducing Upholstered Furniture Fire Losses". NBS Technical Note 1101, 1979.