



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

92 **R44:1979**

Bonny
638 1

**Utveckling av brand-
teknisk utvärderings-
metod för industri-
byggnader**

Staffan Bengtsson

Byggforskningen

638 1

R44:1979

UTVECKLING AV BRANDTEKNISK
UTVÄRDERINGSMETOD FÖR INDUSTRIBYGGNADER

Staffan Bengtsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740239-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Svenska
brandförsvarsföreningen, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R44:1979

ISBN 91-540-3012-9
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 953042

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	7
BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	8
1. INLEDNING	11
2. ALLMÄNT	15
3. GREENER-METODEN	19
3.1 Greener-metoden, schweizisk version	19
3.2 Greener-metoden, fransk version (Costic)	22
4. MÅLORIENTERADE SYSTEMATISKA METODER FÖR BEDÖMNING AV BRANDSÄKERHET I BYGGNADER	25
4.1 GSA-metoden	25
4.1.1 Funktionskrav	25
4.1.2 Beslutsträd	25
4.2 Andra användningar av beslutsträd	37
4.2.1 Flygplatsbyggnad	37
4.2.2 Ökad brandteknisk kvalitet hos möbler	40
5. FUNKTIONELLT UPPBYGGD MILJÖ	43
5.1 Allmänt	43
5.2 Brandarea	43
5.3 Tid till övertändning	49
5.4 Utlösning av sprinkler	50
5.5 Utlösning av värmedetektorer	51
5.6 Utlösning av rökdetektorer	51
5.7 Personsäkerhet vid olika skyddsåtgärder	57
5.7.1 Allmänt	57
5.7.2 Övertändning	57
5.7.3 Nedsatt sikt	57
5.7.4 Giftiga gaser	60
5.7.5 Kollapsande konstruktioner	60
5.7.6 Ytterligare skyddsåtgärder	61
5.8 Brandskada	61
5.8.1 Allmänt	61
5.8.2 Brandkårens släckkapacitet	62
5.8.3 Automatisk vattensprinkler	64
5.8.4 Exempel på beräkning av förväntad brandskada	64
5.9 Dataprogram	65
6. FRAMTIDA UNDERSÖKNINGAR	69
6.1 Allmänt	69
6.2 Brandförloppet	69
6.3 Utlösning av sprinkler och detektorer	69
6.4 Rökspridnings- och utrymningsmodeller	69

6.5	Kvalitet hos det släckande brandförsvaret	70
6.6	Läckage av rök från en byggnad	70
6.7	Inverkan på brandskadans storlek av skadebegränsande konstruktioner	70
7.	LITTERATUR	71
BILAGA	75

FÖRORD

I denna rapport redovisas olika metoder för teknisk värdering av risken för brand i industribyggnader samt en under utredningsarbetet framtagen metod för att bedöma konsekvenserna för person och egendom, om brand förutsätts inträffa i viss byggnad. Denna metod är baserad på funktionella samband.

Initiativet till utredningen har tagits inom Brandförsäkringsbolagens Forskningsnämnd (BFN), som finansierat densamma tillsammans med Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR) samt för hithörande frågor intresserade industriföretag (Eurolarm som representant för brandlarmföretagen, företag som tillhandahåller vattensprinkleranläggningar genom Mather & Platt, företag som tillhandahåller andra slag av sprinkleranläggningar genom AB Svenska Tempus samt bevakningsföretagen genom Securitas AB).

Utredningen har genomförts inom Svenska Brandförsvarsförbundet med professor Kai Ödeen som projektledare och civilingenjör Staffan Bengtson som huvudutredare. Datorprogram har konstruerats av civilingenjör Morgan Engdal.

Utredningsarbetet har genomförts i samverkan med en referensgrupp med följande företrädare för finansiärer, försäkringsbolag och intresserade myndigheter:

direktör Alf Ahlqvist, AB Svenska Tempus
ingenjör Sigvard Aldrin, Mather & Platt Ltd
direktör Rune Fager, Securitas AB
direktör Arne Hägglund, Brandförsäkringsbolagens Forskningsnämnd och SBF (ordförande)
direktör Anders Jörgensen, L M Telemateriel AB och Eurolarm
avdelningsdirektör Olof Michal, Statens brandnämnd
avdelningsdirektör Agne Mårtenson, Statens Råd för Byggnadsforskning och Statens planverk
tekn lic Lars Nilsson, FSAB och Trygg-Hansa
civilingenjör Bertil Teglöf, Swelarm
civilingenjör Björn Östlin, FSAB och Skandia

Uppdrag betr projektet lämnades 1974 och planerades som ett treårigt forskningsprojekt. Detta avsåg ursprungligen framtagning av en svensk tillämpning av "Greteners riskvärderingsmetod för industribyggnader". Därvid förutsattes bl a att en omarbeting av för metoden använda koefficienter skulle göras. "Inställningen borde vara att söka acceptabla kompromisser och konventioner istället för att till varje pris söka - teoretiskt - acceptabla lösningar på delproblem."

Under arbetets gång har emellertid viss kritik riktats mot Gretenermetoden, varför uppdragsgivarna accepterat att studier görs på bredare bas av inom brandteknisk forskning, försäkringssammanhang och framkomna riskvärderingsmetoder i syfte att finna grunder för utveckling av i första hand Gretenermetoden. Detta har bl a lett till att arbeten i Schweiz och Frankrike har måst studeras, som fördröjt genomförandet av projektarbetet. Som resultat härav har sekreteraren - Staffan Bengtson - framtagit en i ingressen härovan nämnd funktionell metod för skadegradsberäkning. Denna metod har presenterats bl a i Väg- och vattenbyggaren 23 (1977) nr 10, "Olika skyddsåtgärders inverkan på brandskada och person-

säkerhet", samt vid ett internationellt symposium arrangerat av CIB (Conseil International du Batiment pour la Recherche) 1977-06-02-3 i Amsterdam "Fire safety in buildings, needs and criteria".

Avsikten är att SBF med utgångspunkt från den nu framlagda rapporten skall söka ytterligare medel för vidareutveckling och färdigställande av i första hand nämnda funktionella metod.

Stockholm 1978-06-30

Arne Hägglund

SAMMANFATTNING

Ett ofta återkommande problem vid brandteknisk bedömning är "hur skall olika brandskyddsåtgärder värderas separat eller i jämförelse med varandra". Frågeställningen är aktuell för försäkringsbolag, konsulter och myndigheter. De åtgärder det är fråga om är av såväl byggnads- och installationsteknisk som släckande art. Exempel på sådana är sprinkler, brandlarm och brandventilation samt släckinsats av det kommunala brandförsvaret.

I föreliggande rapport har i första hand inverkan av skyddsåtgärder på personsäkerhet och egendomsskador studerats för förhållanden liknande dem i industrier. Slutsatser och analyser kan dock även anpassas till andra typer av verksamheter.

Förutsättning var från början i huvudsak att studera en schweizisk metod, "Gretenermetoden", och överföra denna till svenska förhållanden. Dessutom skulle också möjligheter att finna en funktionellt baserad metod undersökas.

Gretenermetoden är baserad på bedömningar av effekter av olika brandskyddskomponenter, huvudsakligen med utgångspunkt från försäkringsbolagens erfarenheter. Det vetenskapliga underlaget är på flera punkter diskutabelt bl a beroende på ofullständigt kunskapsunderlag. Man har därför ofta tvingats basera bedömningarna på "kvalificerade gissningar".

På ett tidigt stadium riktades därför arbetet in på att söka ställa upp en funktionellt baserad modell för att bedöma konsekvenserna av en inträffad brand. Sannolikheten för att en brand skall inträffa behandlas däremot inte här.

Eftersom detta ämne tidigare ägnats liten uppmärksamhet har ett stort antal värden på ingångsparametrar måst antagas. Dessa har dock använts så att det är enkelt att ta hänsyn till nya bättre underbyggda rön.

På så sätt har det ändå lyckats ställa upp modeller för brandförlopp och därav följande påverkan på människor och egendom. Metoden ger underlag för bedömning av personsäkerhet mot bakgrund av tillgänglig och erforderlig tid för utrymning. Man får också ett mått på egendomsskada uttryckt i förväntad brandskadad area. För att utveckla metoden och göra den praktiskt användbar föreslås också exempel på ytterligare forskningsinsatser.

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

Under avsnitt 5 används dessutom beteckningar som inte tas upp här.

A	Brandarea (m^2)
A_e	Bestrålat materials yta (m^2)
B_{EO}	Ljusstyrka
B_G	Brandriskfaktor enligt Gretener
C	Total förväntad årlig kostnad för brandförsäkring, skada, skyddsåtgärder
C_2	Konstanter
C_3	Konstanter
C_A	Årlig kostnad för försäkring
C_k	Initiell kostnad för skyddsåtgärder
D	Optisk täthet
D_s	Specifik optisk täthet
\dot{D}_s	Förändring av optisk täthet/sek
E	Förväntad förlust
F_o	Emitterad strålning (lx)
F	Mottagen strålning (lx)
I	Illuminerande belysning (lx)
L	Ljusstrålens längd (m)
M	Kg luft/sek
M_G	Skyddsfaktor enligt Gretener
M_s	Kg luft/sek vid "små" bränder
M_L	Kg luft/sek vid stora bränder
N	Livstid(år) för en skyddsåtgärd
P	Omkrets (m)
Q_F	Avgiven energi fram till övertändning (kJ)
\dot{Q}	Avgiven energi per tidsenhet (kJ/min)
S	Skada (penningmässig)
S_t	Rökproduktion (" m^2 ")

T_C	Maximal temperatur vid taket ($^{\circ}\text{K}$)
T_O	Rumstemperatur ($^{\circ}\text{K}$)
V_E	Rökvolym när utrymning anses omöjlig (m^3)
V_F	Rummets halva volym (m^3)
V_S	Rökvolym (m^3)
W	Släckvatten per tidsenhet ($1/\text{sek}$)
d	Dubblingstid (min)
d_{SO}	Avstånd mellan skylt och betraktare (m)
f	Frekvens
g	Gravitetskoefficient (m/sek^2)
h	Rumshöjd (m)
h_{fl}	Avståndet mellan golvet och en fiktiv, punktformad brand (m)
h_{fc}	Avstånd mellan brandens övre yta och taket (m)
h_s	Avstånd mellan brandens övre yta och rökskiktet (m)
i	Ränta (%)
k	Konsekvens
p	Sannolikhet
r	Radiellt avstånd från brandcentrum (m)
t	Tid efter brandens start (min)
t_F	Tid till övertändning (min)
t_D	Tid för brandlarm (min)
t_L	Angreppstid inuti byggnaden (min)
t_R	Tid mellan larm och ankomst till byggnaden (min)
t_W	Tid när släckangreppet börjar (min)
α	Reflektionskoefficient
δ_C	Tröskelkontrast
ρ_C	Rökens densitet under taket (kg/m^3)
ρ_O	Rökens densitet vid rumstemperatur (kg/m^3)
σ	Fördunklingskoefficient
θ_C	Temperaturstegringen under taket

1. INLEDNING

Risken för brands uppkomst och utveckling i en byggnad är beroende av ett stort antal faktorer t ex antändningsrisker, materialval, brandmotstånd hos bärande och avskiljande byggnadsdelar, alarmeringsmöjligheter, utrymningssituation, släckande brandförsvar samt av faktorer med slumpkaraktär t ex branddörrar vilka kan vara öppna. Sambandet mellan alla dessa parametrar är av lätt insedda skäl synnerligen komplicerat och en systematisk analys av problemet har länge haft hög angelägenhetsgrad bl a i samband med de problem som uppkommer vid s k "tekniska byten" d v s utbyte av en brandförsvarsåtgärd mot en annan med bibehållande av oförändrad skyddsnivå. Ett typexempel på detta kan vara ersättning av en byggnadsteknisk sektionering med en automatisk släckanordning (sprinkler).

I flera med Sverige jämförbara länder bedrivs sedan ett antal år tillbaka undersökningar med målsättning att ge underlag för en säkrare värdering av brandrisker såväl för personer som egendom framförallt i industriell verksamhet. Avsaknaden av sådant underlag försvårar eller omöjliggör i dag i många fall en nyanserad försäkringsteknisk bedömning liksom en korrekt avvägning mellan olika brandförebyggande åtgärder med hänsyn till krav på viss högsta acceptabel skaderisk i byggnadstekniska bestämmelser.

Problemområdet har hittills angripits på olika sätt. Sålunda har General Services Administration (GSA) i USA utvecklat en metod i första hand avsedd för tillämpning på offentligt ägda och administrerade kontorsbyggnader. Metoden har karaktäriserats som funktionsanpassad.

För praktiskt bruk måste de olika brandsäkerhetskomponenterna analyseras och uttryckas i mätbara termer. Det finns flera metoder att göra detta och i GSA-systemet har man valt att genomföra analysen i form av ett s k "beslutsträd" (engelska "Decision Tree"). Detta förfarande har fördelen att dels kunna tjäna som grund för generella, icke beräkningsmässiga jämförelser mellan effekten av olika åtgärder, dels utgöra en god grund för matematiska sannolikhetsmodeller.

Utöver ovan nämnda förfarande har en del undersökningar vid SBF:s tekniska avdelning i samarbete med Institutet för Högspänningsforskning, Uppsala, stark anknytning till problemområdet. Vid dessa undersökningar har renodlat studerats risken för samtidig förekomst av flera, i kombination skadealstrande sällsynta händelser. Matematiskt-statistiska modeller för beskrivning av fenomenet har byggts upp och praktiskt testats för kombinationen statisk elektricitet och brännbar gas i vissa industriermiljöer. Förfarandet, som närmast kan karaktäriseras som en "riskmätningmetod" är f n föremål för fortsatta studier och det står redan nu klart att utvecklingsmöjligheterna här är mycket stora.

Inom den schweiziska brandförsvarsföreningen (BVD) har ett annorlunda angreppssätt valts. Här har utvecklats en metod - efter sin upphovsman vanligen kallad Gretener-metoden. Därvid uttrycks den integrerade brandriskvärderingen för en byggnad genom en brandriskfaktor B_G som utgör kvoten mellan en faktor för total, potentiell risk P_G och en faktor för de totala brandförsvarsåtgärderna M_G , d v s

$$B_G = \frac{P_G}{M_G} \quad \text{ekv. 1}$$

P_G respektive M_G byggs upp av ett stort antal faktorer vilka tillordnats erfarenhetsmässigt bestämda eller uppskattade värden.

Den ursprungligen angivna målsättningen för SBF:s arbete inom detta område var att genomföra en "översättning" av Gretener-metoden för svensk tillämpning med beaktande av de skillnader som föreligger mellan Sverige och Schweiz vad gäller såväl erfarenhetsunderlag som i fråga om övriga faktorer av betydelse. Parallellt härmed skulle även andra aspekter på problemet studeras. Bakgrunden till att Gretener-metoden valdes i detta sammanhang var att denna metod bedömdes ha störst förutsättningar att snabbt omsättas i praktiskt användbara anvisningar vilket med hänsyn till de inledningsvis berörda bristerna inom detta område framstod som angeläget.

Ytterligare ett motiv att söka efter anpassning till den existerande Gretener-metoden var att den eventuellt skulle komma att användas mer allmänt i andra länder. Så har dock inte blivit fallet och dessutom har under det senaste året en fransk version tagits fram som avviker i väsentliga delar.

Arbetet visade sig medföra såväl problem som nya och intressanta angreppsvinklar. Sålunda stod det snabbt klart att principiell kritik kunde riktas mot Gretener-metoden i olika avseenden. Denna kritik hängde samman dels med metodens principiella uppbyggnad, dels med svårigheter att bedöma det bakomliggande statistiska materialet. Vidare har som en negativ egenskap hos metoden framhållits att dess praktiska tillämpning i dominerande utsträckning består i att ta ut uppgifter ur en detaljerad katalog, vilket i ringa grad stimulerar till en mer ingående analys av det totala brandskyddets funktion i olika brandsituationer.

Projektledningen har efter samråd med den referensgrupp som finns knuten till projektet därför ej funnit det meningsfullt att göra en ren översättning utan har i stället beslutat att slutrapporten skall innehålla följande moment:

1. Redogörelse för de olika versionerna av Gretener-metoden
2. Kritik av dessa metoder
3. Förslag till riskvärderingsmetod grundad på funktionella samband.

Under arbetets gång har vissa delproblem i samband med 3. visat sig helt otillfredsställande belysta i hittills redovisade undersökningar. Särskilt har intresset kommit att riktas mot det funktionella studiet av brandförloppet - speciellt dess inledande skede - i större lokaler av typ industrier och lagerbyggnader. Inom ramen för projektet har studerats inverkan på det inlednade brandutvecklings- och rökfyllnadsförloppet i en byggnad av olika skyddsåtgärder t ex sprinkler, brandlarm och brandventilation. Studierna, vilka föregåtts av omfattande litteraturstudier, har resulterat i konstruktionen av en funktionellt baserad beräkningsmodell för studium av brand och rökfyllnadsförloppet i en större byggnad. Metoden kan bedömas ha hög utvecklingspotential men kräver ytterligare betydande insatser innan den med erforderlig grad av säkerhet kan omsättas i praktisk användning. Den har presenterats internationellt vid ett CIB-möte i Amsterdam våren -77 och intimt samarbete har etablerats med akademien för tekniske vetenskaper (ATV) i Köpenhamn där angränsande problem behandlas samt med det finska brandtekniska laboratoriet i Otnäs där en större undersökning av brandförloppet i stora byggnader planeras.

2. ALLMÄNT

Risk indikerar här den förväntade skadan eller förlusten som kan bli följden i en viss osäker situation i en lokal under en viss period. Skadan kan bestå dels i egendomsförlust, dels i förlust av människoliv eller skada på människa.

Inträffar en händelse med frekvensen f och är konsekvensen k blir risken $f \cdot k$. f är alltså sannolikheten att en händelse inträffar under en viss tidsperiod.

Värdering av risk, $f \cdot k$, måste således göras i två steg - bestämning av frekvens (f) och bestämning av förväntad skada (k).

Olika metoder kan användas för att bestämma frekvensen. Det vanligaste är att använda statistiskt från inträffade bränder underbyggda data, vilket kan vara vanskligt eftersom förutsättningarna alltid varierar mer eller mindre.

Laufke och Lundquist har i (1) nyligen redovisat en metod för att fysikaliskt mäta och bestämma f i en speciell miljö, nämligen elektriska gnistor i brännbar atmosfär. Det visas där att sannolikheten p för att två händelser skall inträffa samtidigt är

$$p = f_{\alpha} \cdot f_{\beta} (a + b) \quad \text{ekv. 2}$$

där f_{α} resp f_{β} är frekvensen för de olika händelserna och a resp b motsvarande varaktigheter. Man har t ex visat att installation av mekaniska fläktar i en viss situation kan minska f från $0,1/h$ till $0,02$. Metoden har i stort sett bara använts på detta specifika område, men är under utveckling. Andra enkla tillämpningar framgår av bilaga.

Av de olika riskvärderingsmetoder som redovisas under 5-7 innehåller GSA-metoden både frekvens och förväntad skada uttryckt i absoluta värden. Gretener-metoden anger motsvarande dock enbart i relativa tal. I den funktionellt baserade metod på vars framtågande denna utredning har koncentrerats ställs en modell upp för att beräkna skadan om en brand har utbrutit och olika skyddssystem fungerar.

Försäkringsbolagen lägger stundom en annan betydelse i ordet risk, nämligen ett försäkrat objekt som helhet. I detta sammanhang används dock den statistiska definitionen enligt ovan.

Brandskyddssystem kan enligt Baldwin, Thomas (2) antingen vara aktiva eller passiva. Till de senare hör t ex brandcellsbe-gränsningar såsom väggar, bärande konstruktioner, brandlarm. Till de förra räknas t ex sprinkler, brandventilation, släckstyrka.

Den optimala, ekonomiska skyddsnivån för brandskyddet uppnås när summa av kostnad för passivt och aktivt skydd och förväntad brandskada är minimum. Man tar alltså inte hänsyn till försäkringsanknutna aspekter.

Följande sannolikheter definieras:

p = sannolikhet/år för att en brand inträffar i en byggnad

p_0 = sannolikheten för att en brand blir så stor att den kan skada konstruktionerna när aktivt brandskydd inte finns eller inte fungerar

p_1 = sannolikhet för att en brand blir så stor att den skadar konstruktionerna när aktivt brandskydd finns installerat och fungerar

p_2 = sannolikhet för att aktivt brandskydd inte fungerar om en brand har utbrutit

p_3 = sannolikhet för att passivt brandskydd inte fungerar om branden blivit så stor att den kan skada konstruktionen.

Av tabell 1 framgår sannolikheter och motsvarande skada för samtidigt aktivt och passivt brandskydd:

Aktivt	Passivt	Sannolikheter	Skada
fungerar	fungerar	$p (1-p_2)(1-p_1 p_3)$	S_1
	fungerar inte	$p (1-p_2) p_1 p_3$	S_2
fungerar inte	fungerar	$p p_2(1-p_0 p_3)$	S_3
	fungerar inte	$p p_2 p_0 p_3$	S_4

Tabell 1. Sannolikheter för kombinationer av fungerande och ej fungerande aktiva och passiva skyddsåtgärder.

Om man kombinerar sannolikheter med motsvarande skador erhålls ett uttryck för förväntad förlust.

$$E = p (1-p_2) (1-p_1 p_3) S_1 + p (1-p_2) p_1 p_3 S_2 + p p_2 (1-p_0 p_3) S_3 + p_0 p_2 p_3 S_4 \quad \text{ekv. 3}$$

E kan reduceras genom att t ex minska p_2 och p_3 . Kostnaden för detta antas proportionell mot sannolikheten. Alltså $-C_2 \cdot \log p_2$ resp $-C_3 \cdot \log p_3$.

Den optimala nivån erhålles när $E - C_2 \cdot \log p_2 - C_3 \cdot \log p_3$ är minimum

$$\text{dvs när } \frac{\partial E}{\partial p_2} = \frac{\partial E}{\partial p_3} = 0 \quad \text{ekv. 4}$$

Detta inträffar när

$$p_2 = \frac{C_2 - C_3}{p(s_3 - s_1)} \quad \text{ekv. 5}$$

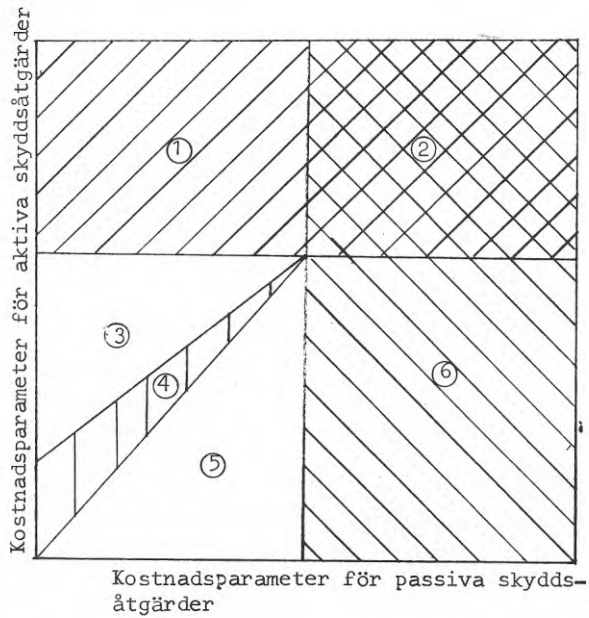
$$p_3 = \frac{C_3(s_3 - s_1)}{p_0(s_2 - s_3)(s_4 - s_3)} \quad \text{ekv. 6}$$

eller om endast aktivt resp passivt system är installerat

$$p_2 = \frac{C_2}{p(s_3 - s_1) + pp_0(s_4 - s_3)} \quad \text{ekv. 7}$$

$$\text{resp } p_3 = \frac{C_3}{pp_0(s_4 - s_3)} \quad \text{ekv. 8}$$

Med hjälp av ekv. 4-8 och gränsvärdena för p_2 och p_3 , $0 \leq p_2, p_3 \leq 1$, kan diagram konstrueras som visar när man skall välja olika skyddssystem (fig. 1).



1. aktiva skyddsåtgärder behövs inte
2. varken aktiva eller passiva skyddsåtgärder behövs
3. aktiva skyddsåtgärder föredras
4. aktiva och passiva skyddsåtgärder föredras
5. passiva skyddsåtgärder föredras
6. passiva skyddsåtgärder behövs inte

Fig. 1. Diagram för att bestämma optimalt skyddssystem

3. GREENER-METODEN

3.1 Gretener-metoden, schweizisk version

Under 50-talet påbörjade Gretener sina studier för att enkelt kunna beräkna brandrisken i industribyggnader och andra stora objekt. Detta grundläggande arbete avslutades 1968 och publicerades i (3) (utgåva 1973). Metoden som fått sin spridning i Schweiz och Österrike grundas i stort på statistiska värden för bl a brandbelastningen och "personliga konventioner" mellan brandskyddsexperter. Fysikalisk koppling mellan metodens olika parametrar saknas i stor utsträckning vilket gör det svårt eller meningslöst att söka ange hur variationer i dessa funktionellt påverkar slutresultatet.

Som förutsättning gäller att

$$B_G = \frac{P_G}{M_G} \quad (= \text{ekv. 1})$$

skall vara mindre än ett tillåtet värde B_{till} , varvid P representerar den potentiella risken och M skyddsåtgärderna.

Grundformeln kan också skrivas om mer detaljerat som

$$B_G = \frac{q_G \cdot c_G \cdot e_G \cdot g_G \cdot f_G \cdot k_G}{N_G \cdot S_G \cdot F_G} \quad \text{ekv. 9}$$

där $B_G =$ "brandrisk"

q_G = faktorns värde beror på brandbelastning (Mcal/m^2 golvyta) som antingen kan beräknas eller fås ur tabeller för typiska verksamheter

c_G = faktorn representerar brännbarhet

e_G = faktorn representerar en byggnads höjd (eller djup vid källare) och som följd härav släcksvårigheten

g_G = faktorn representerar brandcellens geometri och som följd härav också släcksvårigheten. (Påverkas av möjlighet till brandventilation.)

f_G = faktorn representerar risken för att stora rökmängder bildas

k_G = faktorn representerar risk för korrosion

N_G = faktorn representerar de normala skyddsåtgärderna

S_G = faktorn representerar de speciella skyddsåtgärder som är vidtagna (larm, väktare, sprinkler)

F_G = faktorn representerar byggnadskonstruktionernas brandmotstånd inverkan.

Som framgår multiplicerar man alltså faktorer för olika parametrar trots att de inte är statistiskt oberoende av varandra.

De olika parametrarna innehåller alltså inte frekvenser, varför ordet brandrisk här har en annan betydelse än i avsnitt 3. Detta indikerar också "tumregelkaraktären" hos metoden.

Faktorerna i högra ledet i ekv. 9 måste ges värden så att inte Btill överskrides. Btill sätts i allmänhet till 1,3. Detta värde kan dock varieras beroende på onormal aktiveringsrisk a_G eller personskaderisk p_G . Dessa faktorerers värde beror på verksamheten, som finns klassad i 5 grupper.

Ekvation (1) kan skrivas om med hänsyn till detta

$$1,3 + a_G + p_G \geq \frac{q_G \cdot c_G \cdot e_G \cdot g_G \cdot f_G \cdot k_G}{N_G \cdot S_G \cdot F_G} \quad \text{ekv. 10}$$

Förutom tidigare nämnda övergripande kritik av Gretener-metoden kan bli följande anmärkningar på detaljnivå framföras:

- a. Ologiskt förhållande mellan brandbelastningsfaktorn och brandmotståndsfaktorn
- b. Ologiskt hänsynstagande till antalet källarvåningar
- c. S_G ej beroende av F_G
- d. Diskutabelt hänsynstagande till personskaderisken.
- a. Ologiskt förhållande mellan brandbelastningsfaktorn och brandmotståndsfaktorn

Om man analyserar tabellerna i Gretener-metoden och överför tabellvärdena till ekvationer får man följande:

$$q_G = b_1 + a_1 \cdot \ln x \quad \text{där } x \text{ är brandbelastning (MJ/m}^2 \text{ golv- area) ekv.11}$$

$$F_G = a_2 \cdot x^2 + b_2 \cdot y + c \quad \text{där } y \text{ är brandmotstånd (h) ekv. 12}$$

Brandtiden är dock vid ventilationskontrollerade bränder direkt proportionerlig mot brandbelastningen. Detta uttrycks också i olika bestämmelser genom att göra krävt brandmotstånd direkt beroende av brandbelastningen. I t ex USA anges NFPA $t_r = a_3 \cdot x$.

Utgående från detta borde det alltså råda ett rätlinjigt förhållande mellan q_G och F_G , vilket inte ekv. 11 och 12 antyder.

- b. Ologiskt hänsynstagande till källarvåning

Gretener tar hänsyn till om det finns källarvåning eller inte i faktorerna e_G , g_G och F_G . Det borde vara tillräckligt att enbart ta hänsyn till om det finns källarvåning eller inte i faktor e_G .

- c. S_G ej beroende av F_G

F_G borde inte vara beroende av S_G utan enbart vara en funktion

av brandmotståndstiden.

d. Diskutabelt hänsynstagande till personskaderisken

Faktor p_G görs i Gretenermetoden endast beroende av verksamheten i lokalen för vilken man beräknar riskvärdet. Hänsyn tas alltså inte alls till t ex evakueringsmöjligheter. Vidare kan man enligt Gretenerformeln om man har ett högt värde på p_G , alltså en stor personskaderisk, kompensera detta genom att minska faktorvärdena i täljaren eller höja värdena i nämnaren. Detta är inte logiskt eftersom t ex en höjning av brandmotståndet från 30 till 60 min sällan kan öka möjligheten för säker utrymning.

Hur Gretener-metoden används framgår av exempel i figur 2.

VKF/BVD		Brandgefährdung / Schutzmassnahmen				Berechnungsblatt			
Objekt: <i>Möbelfabrik X</i>		Ort: <i>J</i>							
Gebäude-Typ	<i>71</i>	q_1	<i>0</i>	Fe	Fu	Co	a	p	
Nutzung EG+OG	<i>Möbelfabrikation</i>	q_m	<i>120</i>	<i>III</i>	-	-	<i>4</i>	-	
Nutzung UG		q_m	-						
Brandbelastung $q_{tot} = q_1 + q_m$ (Mcal/m ²)		q_{tot}	<i>120</i>	FF	-	RA	-		
Geschosszahl GZ/Höhe h	EG+OG	GZ <i>3</i>	h (m)	Brandabschnitt, grösster					
Geschosszahl GZ/Höhe h	UG	GZ <i>1</i>	h (m)	Bodenfl. BF= (m ²)					
Brandabschnitt, grösster	Breite <i>b 36</i> (m)	Länge <i>l 110</i> (m)	$b^2 \cdot l = 142'560$						
Potentielle Gefährdung $P = q \cdot c \cdot e \cdot g \cdot f \cdot k$									
P	q	c	e+	e-	g+	g-	f	k	P
EG/OG	<i>1.4</i>	<i>1.2</i>	<i>1.3</i>	-	<i>1.37</i>	-	-	-	<i>2.99</i>
UG			-	-					
Normalmassnahmen, ungenügende oder fehlende $N = 1,0 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot \dots \cdot n_x$									
Nr.	N_{max}	<i>82/82</i>							N
n_i	1,0	<i>0.9</i>							<i>0.9</i>
B_{max} normal		Korr. Akt.-Gefahr (a)		Korr. Pers.-Gefahr (p)		B_{max}			
	1,3	<i>+/-</i>	<i>-0.4</i>	-					<i>0.9</i>
Sondermassnahmen $S = 1,0 \cdot s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot \dots \cdot s_x$									
Nr.	S_{min}	<i>12</i>	<i>23</i>	<i>43/2</i>	<i>13</i>	<i>33/2</i>			S
Var. I	1,0	<i>1.45</i>	<i>1.10</i>	<i>1.35</i>	-	-			<i>2.15</i>
Var. II	1,0	-	<i>1.10</i>	<i>1.35</i>	<i>1.20</i>	<i>2.30</i>			<i>3.92</i>
Var. III	1,0	-	<i>1.10</i>	<i>1.35</i>	<i>1.20</i>	<i>1.80</i>			<i>3.21</i>
Feuerwiderstand $F = f(S)$		$F_{min} = 1,0$		Var. I	Var. II	Var. III	F		
Geb.-Typ	<i>71</i>	F/Bauteile	<i>1.7</i>	<i>1.64</i>	<i>1.53</i>	<i>1.58</i>			
Sollwert		S·F		Brandgefährdung, effektive		B	S·F		
$\frac{P}{N \cdot B_{max}} = \frac{2.99}{0.9 \cdot 0.9} = 3.69$				$\frac{P}{N \cdot S \cdot F} = \frac{2.99}{0.9 \cdot 2.15 \cdot 1.64} = 0.948$		Var. I	<i>3.52</i>		
				$\frac{2.99}{0.9 \cdot 3.21 \cdot 1.83} = 0.654$		Var. II	<i>5.99</i>		
				$\frac{2.99}{0.9 \cdot 3.92 \cdot 1.68} = 0.656$		Var. III	<i>5.07</i>		
Auswertung durch: <i>X</i>		Datum: <i>Y</i>							
Bemerkungen: <i>Wegen Brandereignisbeobachtung: rügl. rüchl. Brandbelastungs-Aktionsplan</i>									
<i>Rehde, nach Brandereignisbeobachtung 11.2/1973</i>									

Figur 2. Exempel på bedömning enligt Gretener-metoden.

Gretener-metoden har sedan 1973 ytterligare reviderats något i Schweiz (5) men i stort sett har inga parametrar ändrats i denna överarbetning. Samma kritik kvarstår därför.

3.2 Gretener-metoden, fransk version (Costic)

Kritiken av ovannämnda skrift (4) har lett fram till en speciell fransk metod (6) där man främst velat göra följande ändringar:

1. Man skall alltid beräkna brandbelastningen i lokalen och inte utgå ifrån tabellvärden eftersom dessa snabbt blir omoder-
na. För faktorn gäller att $q_C = 1 + 0,289 \ln x / 50$ där x är
brandbelastningen. (MJ/m^2 golvarea)

2. Faktorvärdet för c_C skall göras beroende av provningsmetod
och inte schablonmässigt utgående från verksamheten.

3. f_C skall på samma sätt som c göras beroende av provnings-
metod.

4. Grundformeln skall ändras på så sätt att faktorn p_C inte
längre ingår i den. I stället skall man göra en separat ekva-
tion för personskaderisken. Den skall t ex ha följande lydelse:

$p_C = t_C \cdot f_C / S_C$ där t_C är utrymningstiden, f_C är faktor som
är beroende av rökbildning och kvävningsrisk och S_C är skyddsåtgärder.

5. F_C , som är faktorn för brandmotstånd i nämnaren, skall göras
logaritmisk beroende av brandbelastningen på samma sätt som q_C .
Eftersom $q_C = 1 + 0,289 \ln q_C / 50$ enligt pkt 1 ovan och brand-
motståndet = $0,3 \cdot q_C$, enligt NFPA, erhålls $F_C = 1 + 0,289$
 $\ln(0,3 \cdot q_C) / 15$.

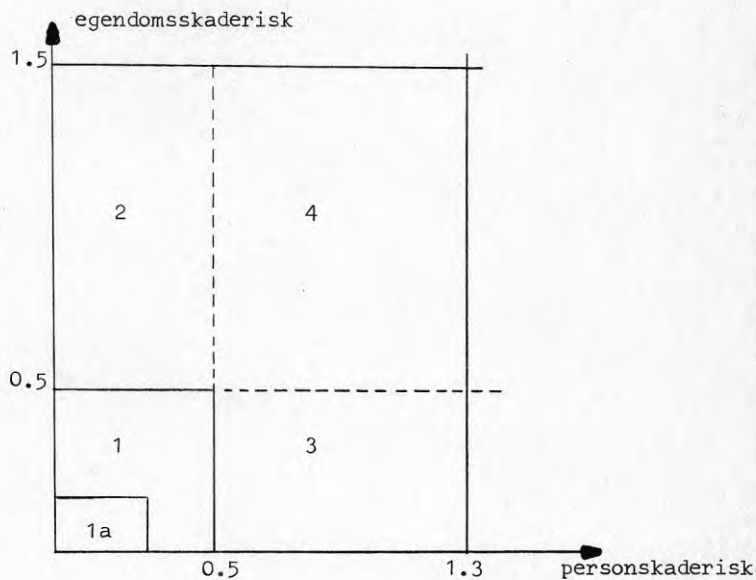
6. F_C är oberoende av värdet på S_C .

7. Personskaderisken $p_C = t_C \cdot f_C / S_C$ (se pkt 4 ovan) skall vara
mindre än eller lika med ett visst på förhand bestämt värde
 p_{\max} . Värdet för t_C skall vara en funktion av utrymningstiden
beräknad på ett godtagbart sätt. Det förutsätts att en för-
dubbling av utrymningstiden motsvarar samma ökade risk som att
få en värre rökbildning, vilket motsvarar faktorvärdet 1,2
enligt Gretener. Efter diverse överväganden erhålls följande
formel för t_C :

$$t_C = T_C^{0,263}$$

där T_C är utrymningstiden i minuter

Man gör alltså en beräkning för personskada och en för egen-
domsskada och bedömer därefter krävd skyddsåtgärd från ett
diagram med dessa båda representerade på var sin axel (fig. 3).



- 1a ytterligare skyddsåtgärder behövs inte
- 1 ytterligare skyddsåtgärder behövs i allmänhet inte
- 2 brandmotståndet bör höjas eller brandcellernas storlek minskas
- 3 brandlarm installeras
- 4 brandlarm och sprinkler installeras

Fig. 3. Diagram för bedömning av om ytterligare skyddsåtgärder behövs enligt fransk version av Gretener-metoden.

Även denna något justerade metod innehåller dock de grundläggande felen som den schweiziska metoden har, dvs i formeluppbyggnad och i avsaknad av fysikaliska explicita samband.

4. MÅLORIENTERADE SYSTEMATISKA METODER FÖR BEDÖMNING AV BRANDSÄKERHET I BYGGNADER

4.1 GSA-metoden

Försök till systematisk analys har gjorts på många håll - bl a i Sverige. Den utan jämförelse mest genomarbetade metoden har emellertid presenterats av General Services Administration (GSA) (7,8,9) i USA i första hand för tillämpning på offentligt ägda eller administrerade kontorsbyggnader. I det följande skall huvuddragen i denna metod skisseras.

4.1.1 Funktionskrav

Metoden har karakteriserats som "A Goal-Oriented Systems Approach". Begreppet Goal-Oriented kan i huvudsak översättas med anknytning till svenska bestämmelser och anvisningar genom ordet "funktionskrav" och GSA har i olika publikationer närmare preciserat dessa funktionskrav i allmänna termer med avseende på sådana faktorer som antändningsrisker, personsäkerhet, utrymningsmöjligheter, värdeskydd m.m. (Jfr fig.4).

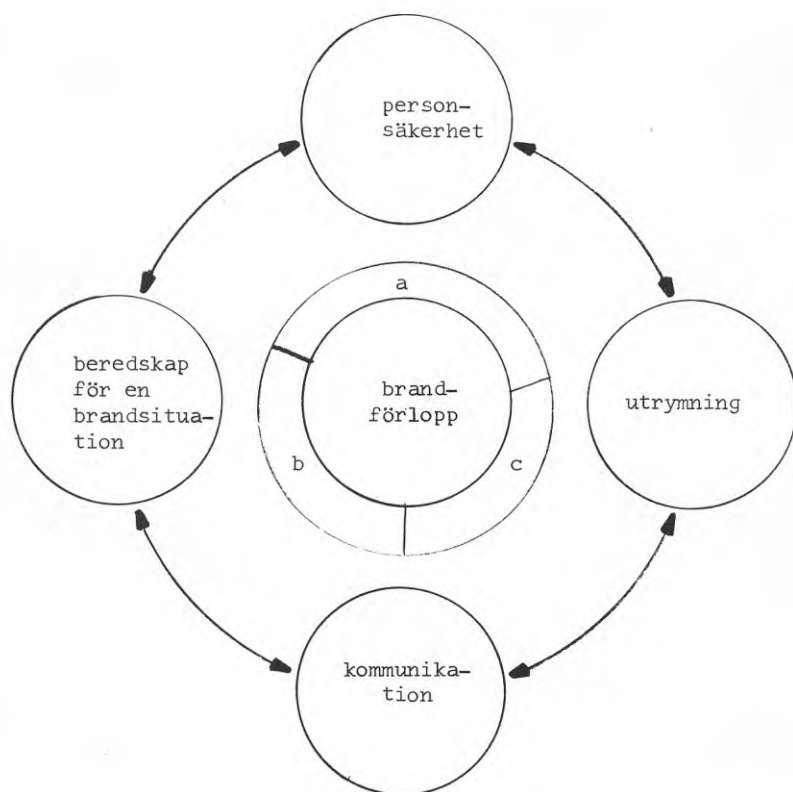
Normala statliga kontorsbyggnader

- Alla som utsätts för brandpåverkan skall kunna utrymma till säkert utrymme senast 90 sek efter larm.
- En del av denna tid, dock inte längre än ca 15 sek, får användas genom att gå mot branden. Detta inträffar huvudsakligen när "återvändsgränder" finns.

Fig. 4. Exempel på "funktionkrav" enligt GSA-metoden.

4.1.2 Beslutsträd

I fig. 5 ges en översiktlig, schematisk sammanställning av de element som bestämmer brandsäkerheten i en byggnad. För praktiskt bruk måste de olika faktorerna analyseras och uttryckas i mätbara termer. Det finns flera metoder att göra detta och i GSA-systemet har man valt att genomföra analysen i form av ett s k "beslutsträd" engelska "Decision Tree". Detta förfarande har fördelen att dels kunna tjäna som grund för generella, icke beräkningsmässiga jämförelser mellan effekten av olika åtgärder, dels utgöra en god grund för matematiska sannolikhetsmodeller. Hela beslutsträdet i sin nuvarande form visas i fig. 6. Det skall poängteras att utformningen av ett beslutsträd av denna typ aldrig kan sägas vara definitiv utan det kan - och skall - kompletteras och förändras i takt med förändrade krav och ökat kunskapsunderlag.



- a = Brandens effektutveckling
- b = Begränsning
- c = Brandpåverkande åtgärder

Fig. 5. GSA-systemets grundelement

Beslutsträdets olika element är sammanbundna med vad som kan benämnas "grindar" (engelska "gates") av olika slag. Dessa grindar utgör den logiska grunden för analys av elementens inbördes beroende samt av den sammanlagda effekten.

Det finns i princip två olika typer av grindar - "och" respektive "eller" - grindar. Placeringen av en "och"-grind mellan två nivåer i schemat anger att samtliga element omedelbart under grinden är nödvändiga för funktionen av elementet ovanför grinden. Ett exempel på en sådan "och"-grind ges i fig. 7.

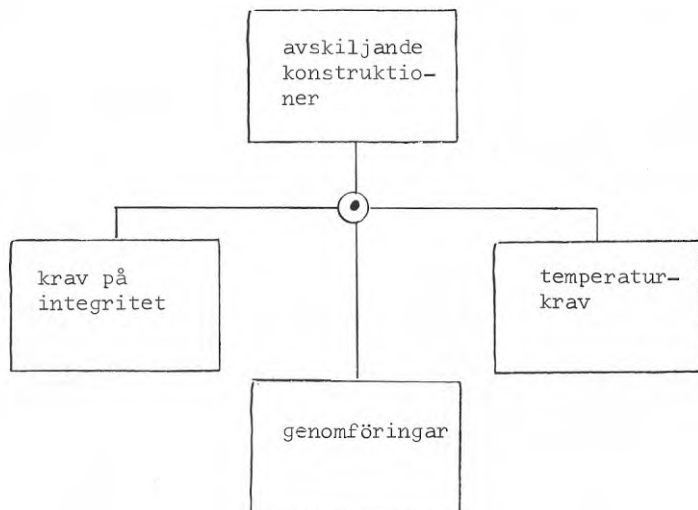


Fig. 7. Exempel på "och"-grind i GSA-systemet.

Funktionen hos den avskiljande konstruktionen förutsätter här dels att avskillnaden är fullständig (d v s utan öppningar av något slag) dels att den inte bryts ned av upphettningen samt slutligen att isolerförmågan är sådan att brännbart material på den icke brandutsatta sidan inte antänds. Samtliga tre villkor måste uppenbarligen vara uppfyllda för att avskillnaden skall kunna fungera. Förhållandet kan uttryckas i matematiska sannolikhetstermer på följande sätt (jfr fig. 8).

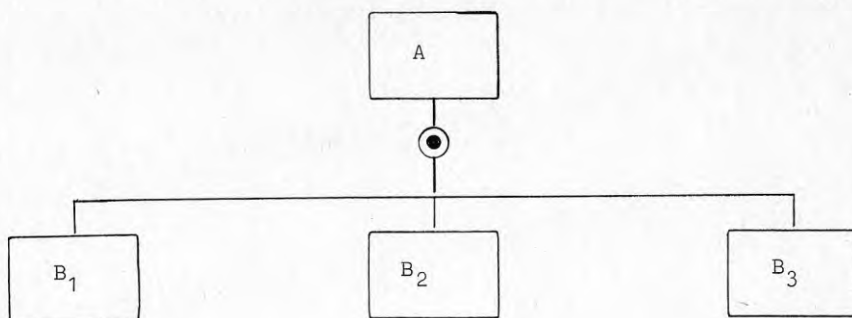


Fig. 8. Samtliga villkor B_1 , B_2 , B_3 måste vara uppfyllda.

Antag att p_A betecknar sannolikheten att uppnå "målet" (=funktionskravet) A samt att $p_{B_1} \dots p_{B_N}$ anger sannolikheterna att villkoren $B_1 \dots B_N$ är uppfyllda. Under förutsättning att $B_1 \dots B_N$ är oberoende gäller då,

$$p_A = p_{B_1} \times p_{B_2} \times \dots \times p_{B_N} \quad (\text{ekv.13})$$

På motsvarande sätt kan en "eller"-grind åskådliggöras av fig.9.

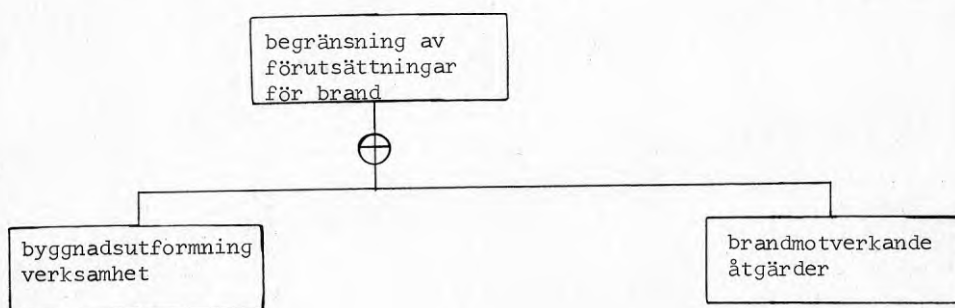


Fig.9. Exempel på "eller"-grind.

En begränsning av branden kan ske genom konstruktiva åtgärder eller släckande åtgärder. I detta fall är ett uppfyllande av samtliga villkor under grinden inte nödvändigt för funktionen av elementet ovanför grinden. Med beteckningar enligt ovan kan detta uttryckas formelmässigt så att,

$$P_A = 1 - (1 - P_{B1}) (1 - P_{B2}) \dots (1 - P_{BN}) \quad (\text{ekv. 14})$$

Nedan skall i korthet några av de viktigaste partierna av beslutsträdet beskrivas. I fig. 10 visas huvuddelarna i detta.

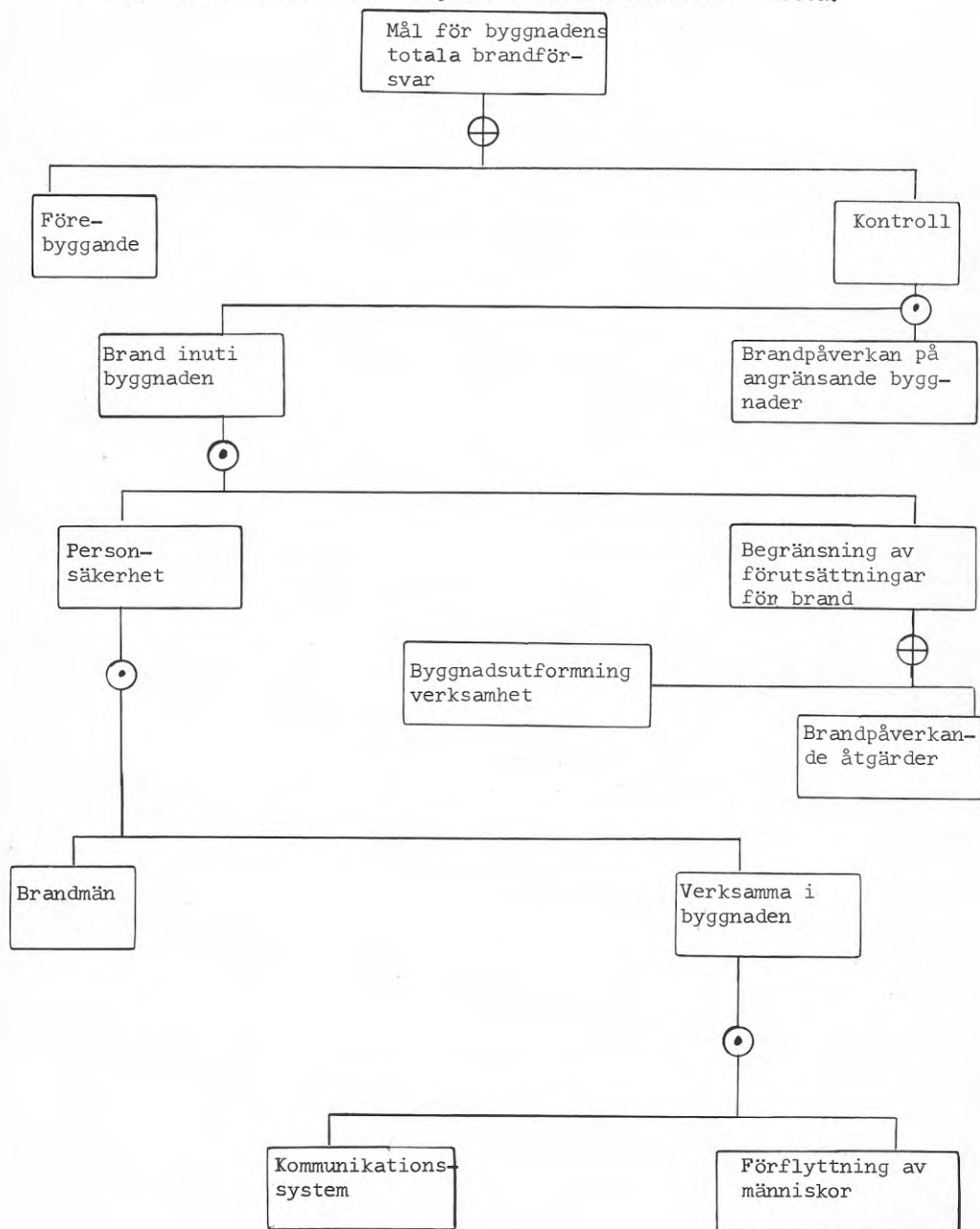


Fig. 10. Beslutsträdets huvuddelar enligt GSA.

Huvudparten av beslutssituationen är kopplade till de olika åtgärder som avser att kontrollera en utbruten brands omfattning och skadeverkningar. Den del av beslutsträdet som påverkar totalresultatet är "begränsning av förutsättningarna för brand" vars huvuddelar visas i fig. 11.

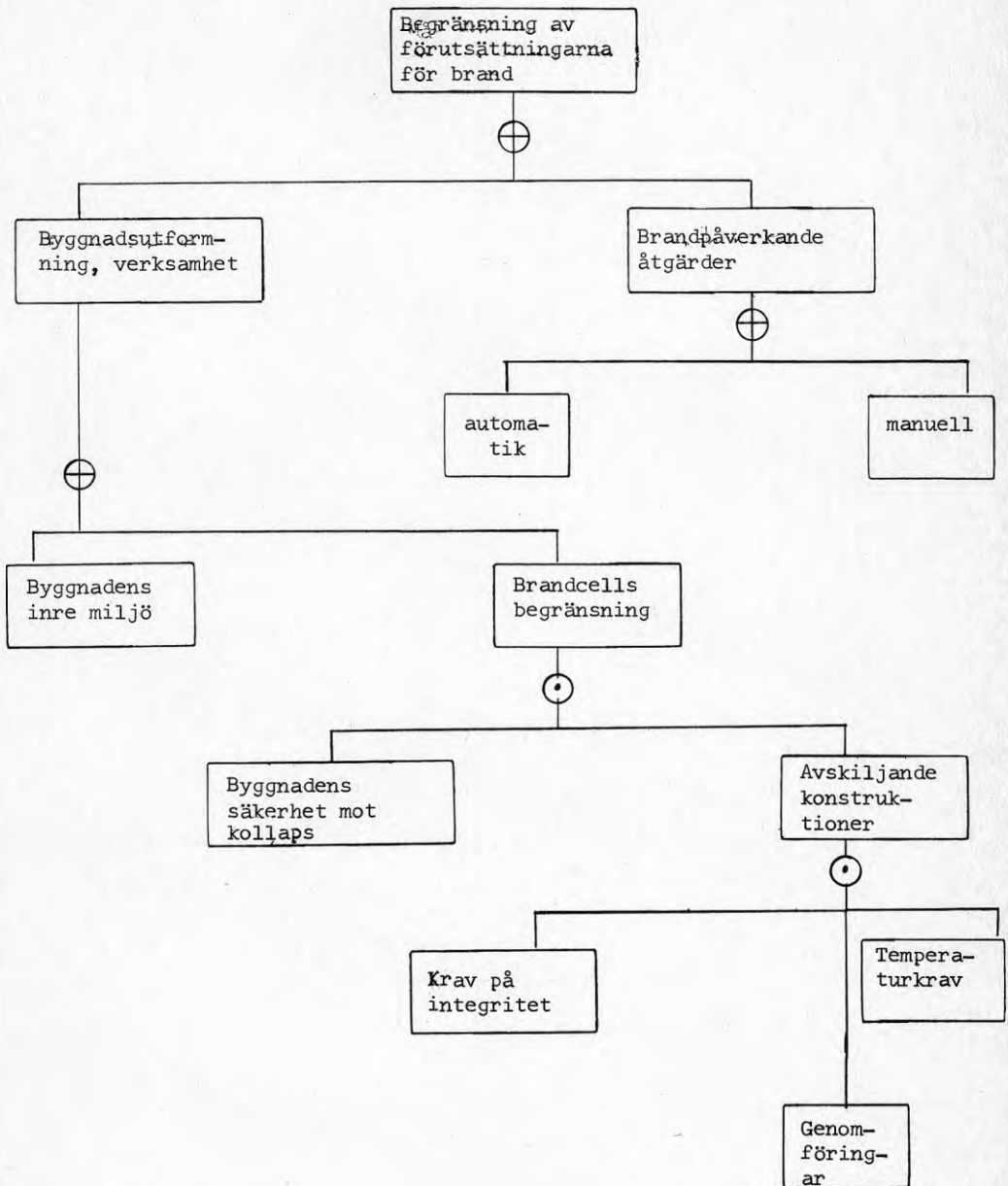
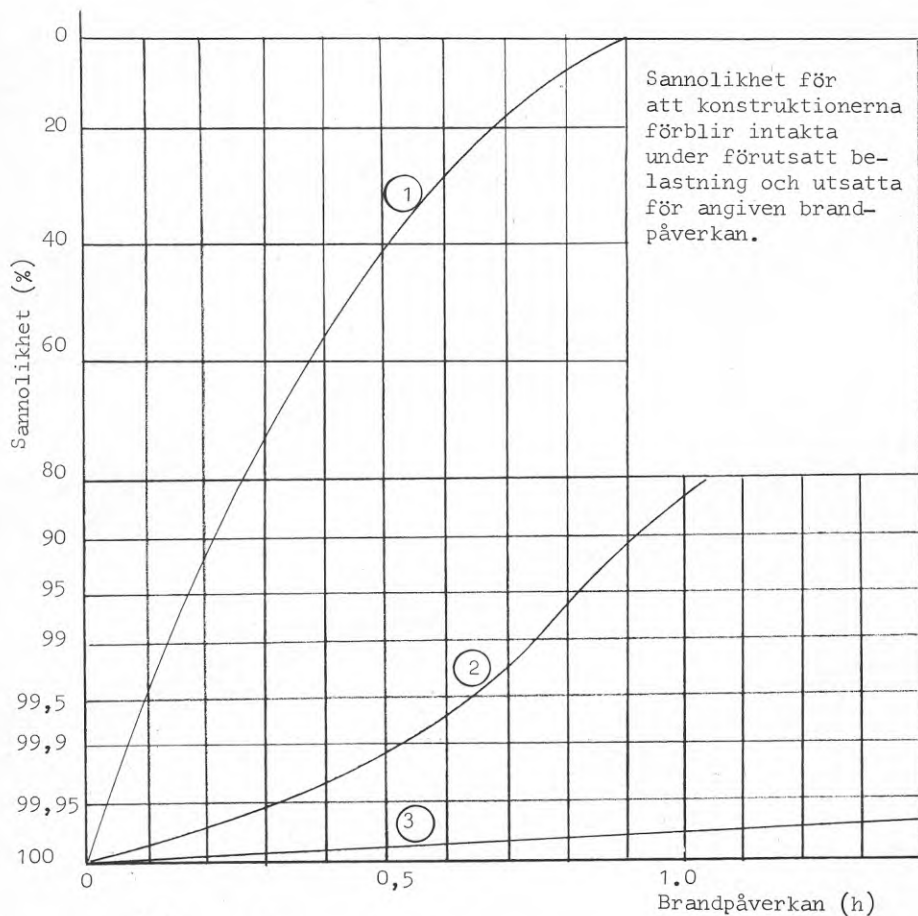


Fig. 11. En huvuddel (begränsning av förutsättningarna för brand) av beslutsträdet enligt GSA.

För varje element i fig. 11 har utvecklats sannolikhetskurvor av olika slag som underlag för beräkningen. Ett typiskt exempel på sådana sannolikhetskurvor ges i fig. 12 vari redovisas sannolikheten för avsett verkningssätt som funktion av brandens intensitet (varaktighet).



- ① Flyttbar gipsvägg
- ② Stålbjälklag med 1 h brandmotstånd
- ③ Betongpelare

Fig. 12. Exempel på sannolikhetskurvor avseende sannolikhet för avsett brandtekniskt verkningssätt som funktion av brandens varaktighet.

Fig. 13 och 14 utgör exempel på de sannolikhetsmässiga förutsägelser som kan utföras med denna typ av systemanalys.

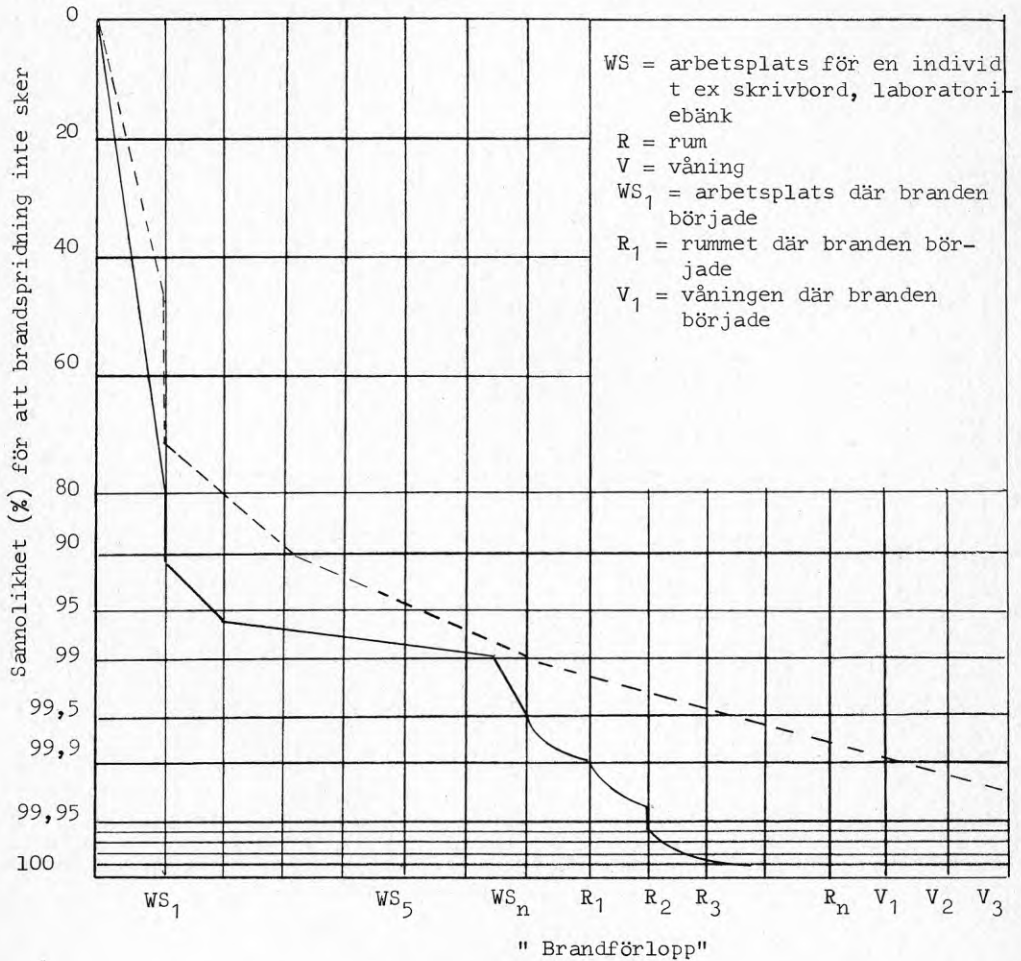


Fig. 13. Exempel på beräknade sannolikhetskurvor.
Kurvan ligger i sin helhet under normkurvan
(streckad).

Sannolikhet (%) för att brandspridning inte sker.

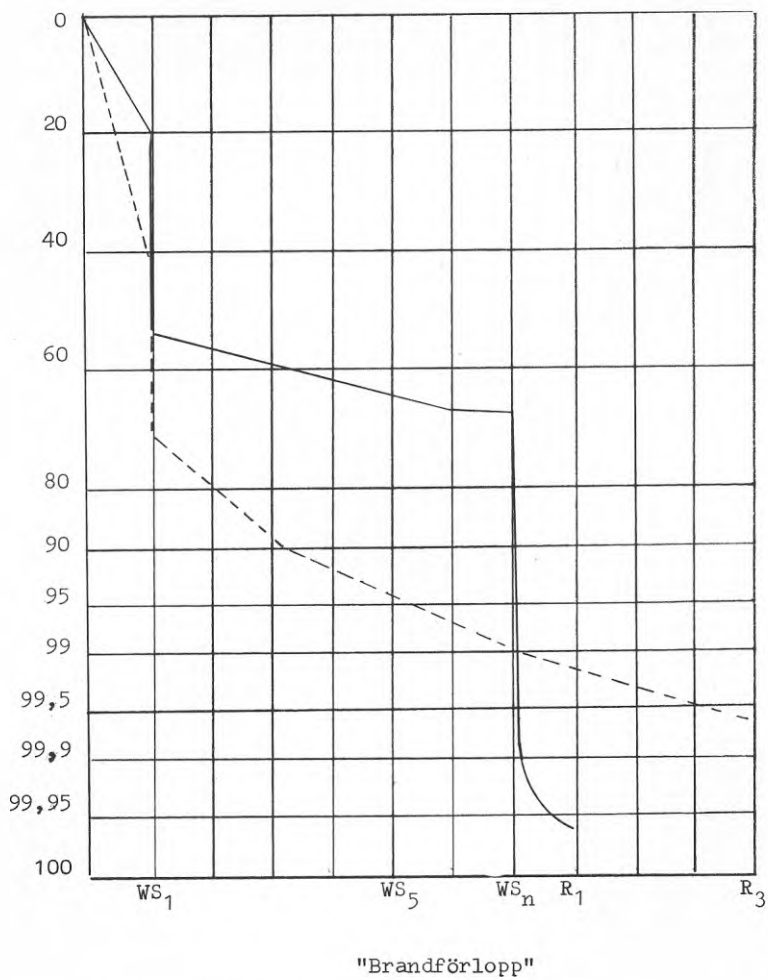


Fig. 14. Exempel på beräknade sannolikhetskurvor jämförd med normkurva (streckad) (samma beteckningar som i figur 13)

Den kurva som betecknas normkurva är den som enligt GSA ej får överskridas. På så sätt får det t ex inte vara mindre än 91 resp 99,5 % sannolikhet att en brand inte sprider sig längre än till arbetsplats 4 resp rum 4.

Den situation som belyses i fig. 14 uppfyller alltså inte GSA:s krav eftersom det inom vissa delar är för stor sannolikhet för brandspridning.

Det bör understrykas att analyser av detta slag utgör en god grund för en korrekt riskvärdering och om dessutom kostnaderna för de olika åtgärderna tas med i analysen kan total optimering genomföras. I de fall som åskådliggörs i fig. 14 har förutsatts installation av ett automatiskt sprinklersystem vilket medför en kraftig minskning av risken (ökad sannolikhet för lyckad funktion hos systemet som helhet) vad avser brandens inverkan på det rum i vilket den startat. Jämförande kurvor av dessa typer är värdefulla hjälpmedel vid analys av effekten av ett speciellt element, i detta fall sprinkleranordningen.

För att ett utrymme skall uppfylla krav på säker uppehållsplats under en brand får sannolikhet för att denna inte sprider sig dit vara mindre än 99,999 %.

I de fall som representeras av fig. 14 uppnås detta värde utanför rum 2 d v s när branden nått ytterligare ett rum utöver det rum där den startat. I fig. 13 däremot uppnås detta värde då samtliga rum i brandplanet nåtts av branden, vilket innebär att en med hänsyn till personsäkerheten riskfri uppehållsplats förutsätter förflyttning till annat våningsplan.

Inom många delar av det fullständiga beslutsträdet är det dessvärre idag inte möjligt att ange siffermässiga uttryck som underlag för en analytisk behandling. Detta gäller exempelvis "alarmeringsdelen" fig. 15.

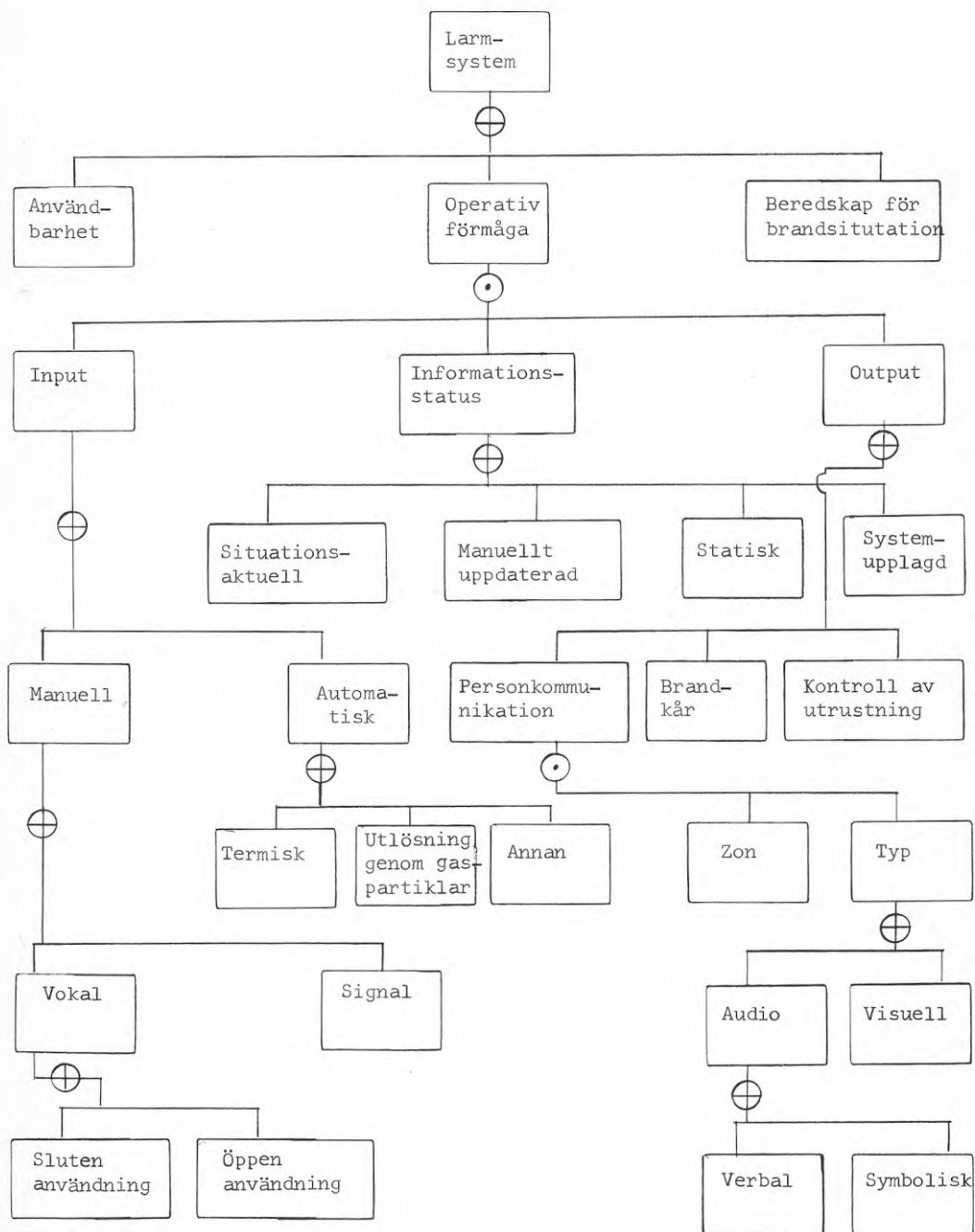


Fig. 15. "Larmdelen" av beslutsträdet enligt GSA.

Dessa delar är givetvis väsentliga för den totala säkerheten och de är extremt viktiga i de fall då byggnadens invånare förväntas reagera på annat sätt än med total utrymning av byggnaden. (I många fall är en total utrymning fysiskt omöjlig, t ex vid mycket höga byggnader eller vid vårdanläggningar.) För att kunna tillämpa systemanalysen trots avsaknaden av relevant statistiskt underlag har GSA föreslagit en subjektiv, schematisk metod. Förfarandet är inte invändningsfritt men i dagens läge är annan behandling knappast möjlig.

Det beskrivna systemet har helt eller delvis tillämpats för ett flertal av GSA-administrerade byggnader. I de flesta fall har det varit frågan om höga byggnader men även sådana med måttlig höjd och i ett eller två fall låga byggnader med speciella problem vad avser brandsäkerheten har analyserats. I många fall har därvid systemanalysen klart visat ändamålsenligheten vid tekniska byten särskilt mellan aktiva och passiva skyddsinsatser. Det bör avslutningsvis understrykas att metoden fortfarande är i ett utpräglat utvecklingsstadium och att ytterligare insatser erfordras för utveckling och förfining av systemet. Redan nu torde det dock vara uppenbart att brandteknikern fått ett hjälpmedel som på ett helt annat sätt än vid traditionell behandling medgett tekniskt, vetenskapligt och statistiskt väl underbyggt beslutsunderlag.

4.2 Andra användningar av beslutsträd

Mer specifikt har beslutsträdsmodellen använts i bl a två andra sammanhang, Sphillberg och Neufville (10) resp Buchbinder m fl (11) där brandskyddsåtgärder på en flygplats resp brandrisker i möbler diskuteras ingående och ekonomiska konsekvenser redovisas.

4.2.1 Flygplatsbyggnad

I (10) försöker man med hjälp av beslutsträd avgöra om man skall investera i brand- eller försäkringsskydd. Det slutliga beslutets starka beroende av parametrar som försäkringsbolagens premieuppboggnad och grad av eget risktagande behandlas.

Det teori som används är följande:

Ökat skydd är alltid önskvärt för att minska kostnaden för bränder. Men ökat skydd kostar pengar. Det gäller att finna den bästa kombinationen. Teoretiskt är problemet lätt. Det gäller, vilket nämnts tidigare (t ex ekv. 4), att lägga mer pengar på extra skyddsåtgärder om den extra kostnaden för detta är mindre eller lika med värdet av detsamma.

Praktiskt är det dock svårt eftersom man sällan vet kostnaden för de olika valen på grund av osäkerhet i antaganden om frekvens och skadegrad. Dessutom är det svårt att finna det exakta värdet av att förhindra eller minimera en brandskada.

Storleken på den förväntade skadan kan inte användas direkt för beslut eftersom beslutsfattare vanligen föredrar vissa små skador än kombinationer av en liten chans för en mycket större skada och en stor chans att ingen skada alls uppstår. Generellt är värdet av att förhindra katastrofala skador större än den direkta förlusten uttryckt i kronor.

Man har i allmänhet två valmöjligheter när det gäller att planera brandskydd. För det första är det graden av fysiska skyddssystem som sprinkler osv. för det andra är det valet av försäkringstäckning full täckning, egen täckning, eller någon nivå däremellan.

Hur problemet föreslås lösas framgår av figur 16.

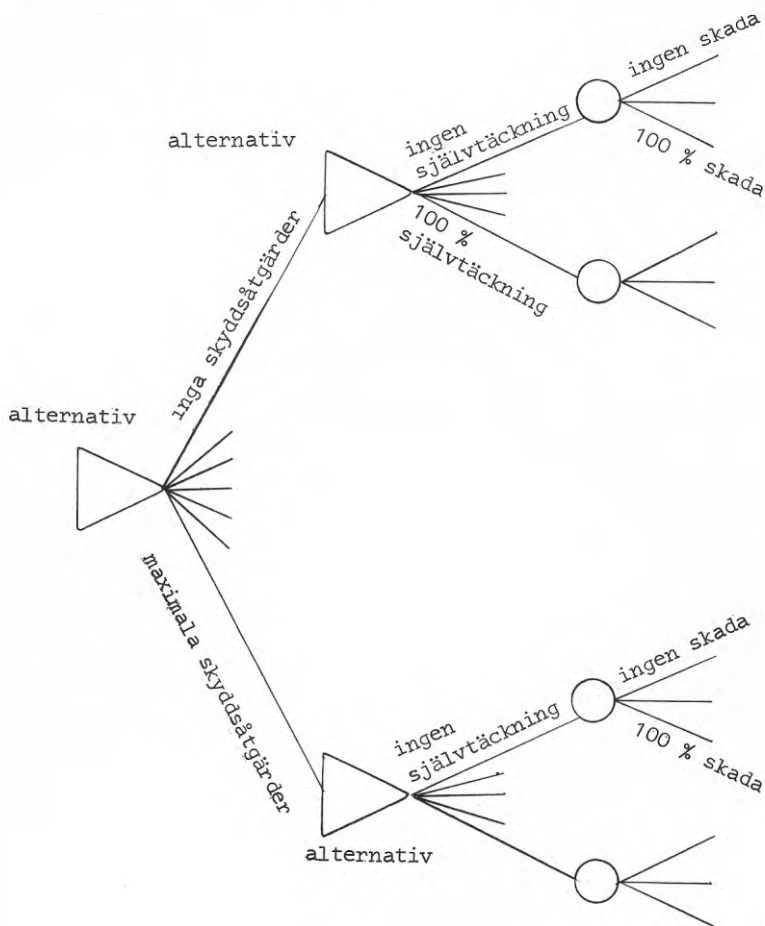


Fig. 16. Beslutsträd för att avgöra ekonomiskt val av skyddssystem eller försäkring.

Den totala förväntade årliga kostnaden C blir med detta betraktelsesätt, som skiljer sig från det som behandlas tidigare, genom att försäkringsaspekter också inkluderas:

$$C = \sum_i p_i S_i + C_A + i (1 - (1+i)^{-N})^{-1} \cdot C_k \quad (\text{ekv. 15})$$

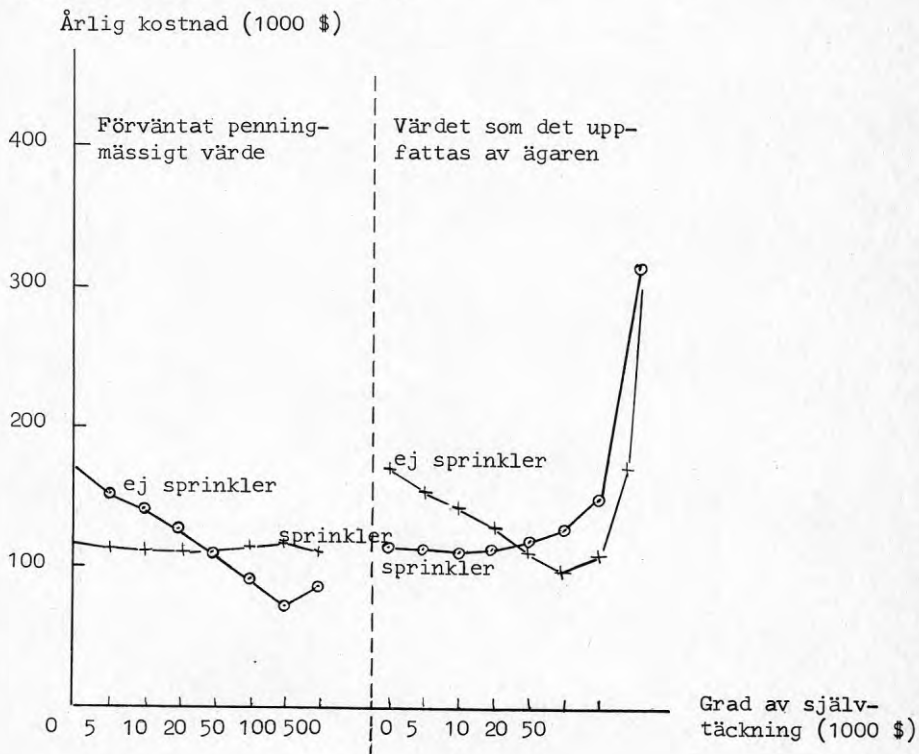
där p_i är sannolikhet för en brand med storleken S_i

C_A är årliga kostnader för försäkring som beror på graden av självtäckning

och den sista termen representerar kostnaden för det fysiska skyddet med initiella kostnaden C_k , en årlig ränta i och livstid N år.

Är den som planerar skyddsåtgärder beredd att låta medelförlusten balanseras av medelvinsten är det lätt att bestämma den bästa strategin. Man väljer den med lägst kostnad.

I allmänhet är dock en ägare villigare att betala kända små bränder även om de adderas och kanske även blir större i långa loppet, än att riskera en enda stor förlust. En sådan kan ju helt förstöra ett företag. Man anser t ex en skada på 10 milj värre än 10 på 1 milj. Om så är fallet betyder det att det verkliga värdet av förlusten avviker från det penningmässiga. Inom senare år har det blivit möjligt att mäta hur starkt människor känner för möjliga förluster. Med vissa antaganden tillämpas ovanstående resonemang på flygplatsbyggnader. Resultatet kan sammanfattas enligt fig. 17.



Figur 17. Årlig kostnad som funktion av självtäckning och fasta skyddssystem.

Av denna framgår bl a följande:

Om man utgår från statistiskt förväntade årliga kostnader visar det sig, med de gjorda antagandena, att det mest ekonomiska alternativet är att inte ha några extra skyddsåtgärder samt att man själv betalar skador under 2,5 milj kr.

Baserar man sin värdering på den känslomässiga uppskattningen sjunker detta värde till ca 500.000 kr. Men man skall dock fortfarande inte ha några extra skyddsåtgärder.

Sprinklerinstallation är alltså inte enligt något av betraktelsesätten det ekonomiskt optimala alternativet. Man skall dock här komma ihåg att man inte har tagit hänsyn till sådana saker som personskydd.

4.2.2 Ökad brandteknisk kvalitet hos möbler

I (11) söker man med hjälp av sannolikhetssträd (del av detta visas i figur 18) beräkna hur mycket samhället skulle vinna ekonomiskt på att kräva en viss brandteknisk kvalitet hos möbler.

Sker antändning?	Anmäls branden?	Antändningsmetod?	Är någon hemma?	Är någon ansvarig person vaken?	Finns fungerande rökdetektor?	Upptäcks branden innan man lämnar fåtöljen?	Typ av brand?	Flammans utbredning?	Kostnad
------------------	-----------------	-------------------	-----------------	---------------------------------	-------------------------------	---	---------------	----------------------	---------

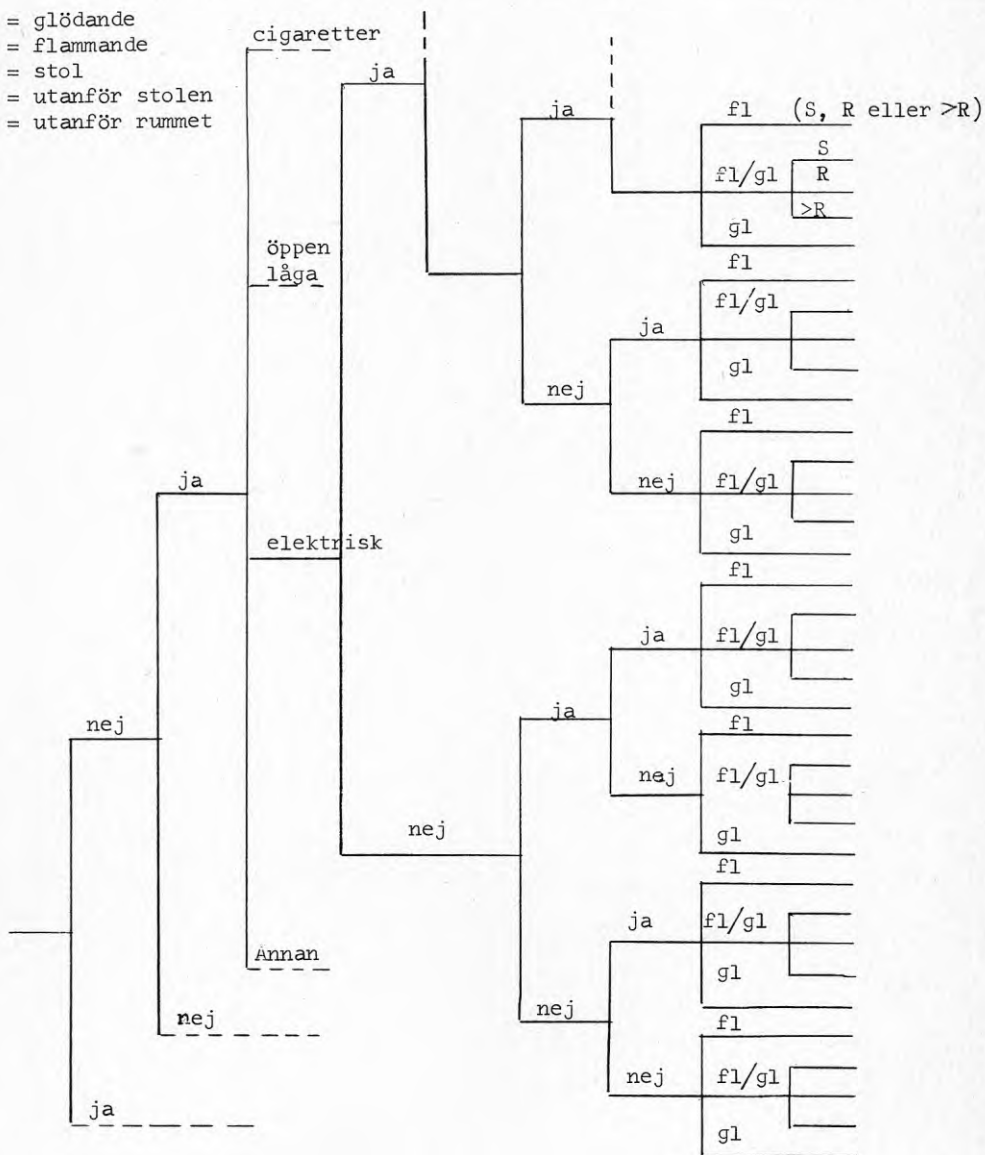
gl = glödande

fl = flammande

s = stol

R = utanför stolen

>R = utanför rummet



Figur 18. Del av sannolikhets-träd.

De första 9 parametrarna i figuren från "Utbredning" till "Sker antändning?" är oberoende variabler. Den sista parametern "Kostnad" är den beroende. Modellen följs från vänster till höger. De olika grenarna tilldelas sannolikheter. Troligheten av en viss väg genom trädet erhålles genom att multiplicera dessa.

Förväntad skada vid viss väg genom systemet bestäms av statistiska värden och kvalificerade gissningar. Genom att kombinera sannolikheter för varje tänkbar väg med motsvarande skada erhålls sannolikhetsdistribution för förväntad skada/brand. Denna distribution kombineras med antalet möbelbränder/år för att få en uppfattning om den totala skadan/år.

Den totala kostnaden jämförs därefter med den förväntade kostnaden inkl. utvecklingsarbeten för ett bättre material, när den brandtekniska kvaliteten har höjts. Med vissa antaganden (statistiskt underbyggda eller gissade) har följande tabell (2) upprättats.

År	1975	1980	1990	2000	2010
Kostnad	0	281	281	281	281
Förlust	445	327	175	85	78
Kostnad + förlust	455	608	456	366	359

Tabell 2. Förväntad kostnad, förlust och kostnad+förlust (milj \$) vid genomförande av en förbättrad möbelkvalitet i brandtekniskt avseende.

Av denna framgår summan av kostnad och skada fram till år 2010. Att denna varierar beror på att alla möbler inte beräknats ersättas med "Brandsäkra" förrän år 2010. Det framgår att summan först ökar fram till 1980 och därefter minskar så att den är samma år 1990 som år 1975. Därefter sjunker summan ytterligare.

Motsvarande analyser kan göras för andra strategier, t ex förbjuda rökning osv.

5. FUNKTIONELLT UPPBYGGD METOD

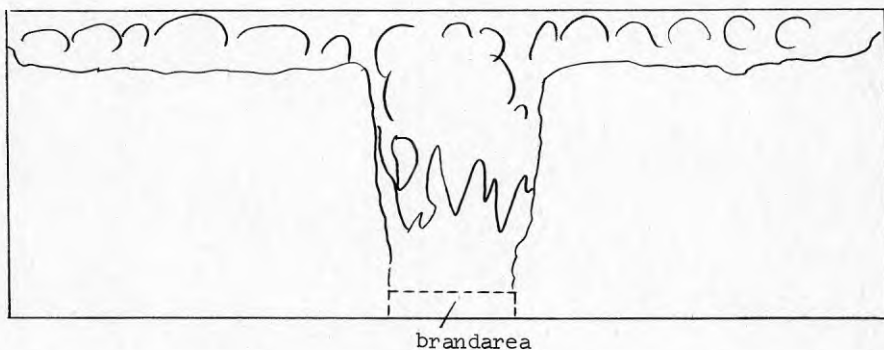
5.1 Allmänt

GSA-metoden innehåller ännu så många parametrar med okända värden att den endast i undantagsfall direkt kan användas. I stället diskuteras här en något annan typ av funktionellt underbyggd metod (en liknande metod har föreslagits i Danmark (12)), och på detta stadium, endast användbar för industrier med enkla planlösningar.

5.2 Brandarea

Både för att bedöma personsäkerhet och förväntad skada vid en brand måste man någorlunda säkert kunna förutsäga brandförloppet. Det vanligaste sättet att göra detta är i dag med faktorerna brandbelastning, öppningsfaktor och termiska data hos omslutande konstruktioner. Härvid antas dock jämn brandbelastning och att det är samma temperatur i hela rummet, vilket i allmänhet endast gäller för mindre brandceller och inte som här upp till över 1.000 m² golvarea.

I stället används begreppet brandarea, som definieras som en brands horisontella utsträckning (m²) (fig. 19)



Figur 19. Definition av brandarea.

För att kunna bestämma denna som funktion av tiden används de sprinklerregler som finns i Sverige (13), vilka i stort sammanfaller med övriga europeiska. Byggnader delas in i lokaler för verksamhet och lokaler för lager. Inom dessa två grupper görs en finare indelning i riskklasser, totalt 10 stycken. Ett stort antal exempel finns på vilka riskklasser olika aktiviteter tillhör. Exempel framgår av tabell 3.

L	Bostäder
N1	Mekanisk verkstad
N2	Bilverkstad
N3	Pappersvarufabrik
N3S	Filmateljé
HP	Fabrikation av cellplastvaror

Tabell 3. Riskklass för olika aktiviteter

Beroende på riskklass anger reglerna vilka verkningsareor och för vilka vattentätheter sprinkleranläggningen skall dimensioneras. Data för dessa har framtagits ur statistik för ett stort antal inträffade bränder i USA, Australien och England under flera decennier.

Eftersom brandförloppet fram till sprinklerutlösning ej påverkas om man har sprinkler eller ej, är enligt t ex (14) en punkt given på brandarean - tidkurvan för varje riskklass om utlösningstiden är känd, nämligen verkningsarean.

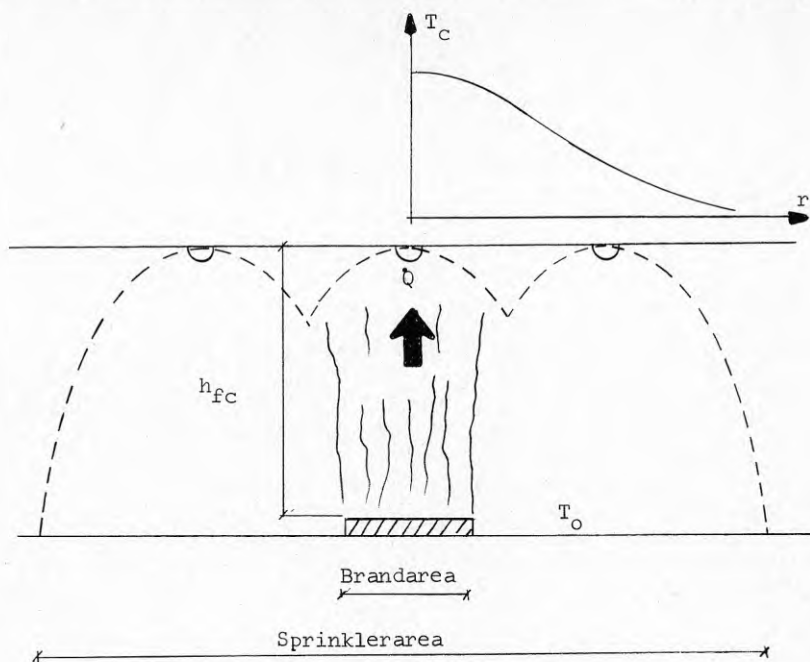
För de olika riskklasserna anger reglerna att för lokaler med verksamhet följande antal sprinkler kan förväntas utlösas vid brand. (Tabell 4)

Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
Antal sprinkler	4	6	12	18	30

Tabell 4. Antal utlösta sprinklerhuvud vid olika riskklasser

I t ex de engelska sprinklerreglerna (15) har man haft som kriterium att dessa antal skall vara tillräckliga för att hålla minst 80 % av bränderna under kontroll.

Eftersom värmen från en brand sprider sig fort utmed ett tak, kan man dock inte förutsätta att brandarean är lika stor som verkningsarean. Den förra är i allmänhet mycket mindre (fig. 20).



Figur 20. Temperaturgradient vid taket ovanför en brand.

För att kunna relatera verkningsareor till brandarea måste man veta temperaturfördelning i radiell led från brandcentrum och vid vilken temperatur sprinkler utlöses.

Enligt (16) kan temperaturförloppet närmast taket för $r > 0,18 \cdot h_{fc}$ beskrivas med ekv 16, varvid har antagits att värme inte magasineras.

$$T_C - T_O = \frac{0,35 \cdot \frac{\dot{Q}}{r}^{2/3}}{h_{fc}} \quad \text{ekv 16}$$

där

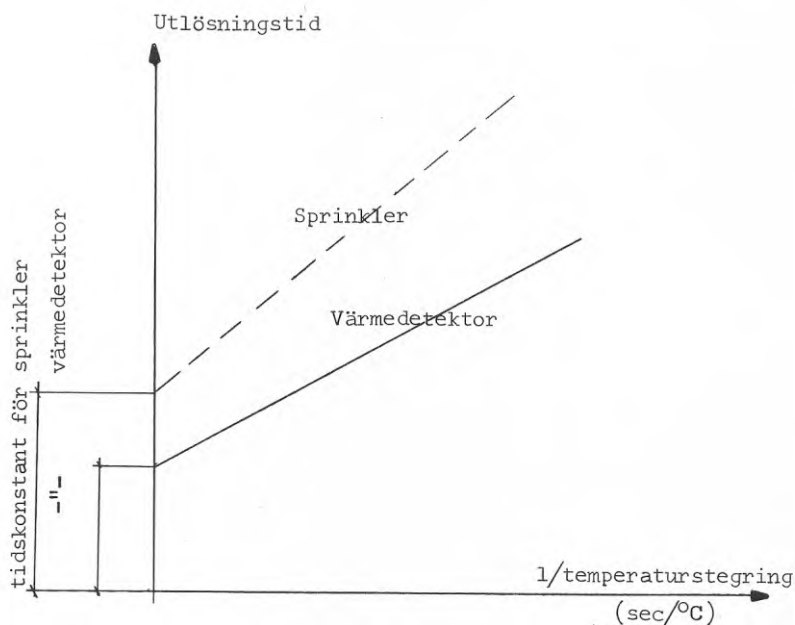
- T_C = maximaltemperatur under taket, °K
- T_O = rumstemperatur, °K
- \dot{Q} = värmeeffekt, kJ/min
- r = avstånd från brandcentrum, m
- h_{fc} = avstånd mellan brandens övre yta och taket, m

Denna ekvation gäller egentligen endast för skiktet närmast taket (ca 1 % av takhöjden), men enligt (17) blir fördröjningen i sprinklerutlösning beroende på att sprinklern ej är placerad omedelbart under taket, inte större än ca 15 sek.

För att kunna bedöma \dot{Q} vid sprinklerutlösning måste lokalhöjd, utlösningstemperatur för sprinkler samt avstånd brandcentrum-sprinkler vara kända.

Eftersom sprinklerreglerna är grundade på statistiska uppgifter har takhöjden varierat vid bedömning av sannolikhet för släck-möjligheten.

För att kunna använda de angivna verkningsareorna har här antagits en medeltakhöjd på ca 4 m, (se t ex (18)), i vilken australiensisk sprinklerstatistik redovisas. Enligt (18) har också flertalet sprinkler utlösningstemperaturen 68°C . Enligt (19) kan man beskriva tiden till sprinklerutlösning som funktion av temperaturstegringen plus en konstant faktor, tidskonstanten, som representerar fördröjningen mellan uppnådd utlösningstemperatur och utlösning (fig. 21). Denna konstant anges variera mellan 1,5 min och 2,5 min. Här har värdet 1,5 min antagits.



Figur 21. Utlösningstid som funktion av $1/\text{temperaturstegringen}$ för sprinkler och värmedetektorer

För att kunna bestämma \dot{Q} i ekv 16 måste också r bestämmas, vilket görs utgående från verkningsareor.

Som medelvärde utlöses sprinkler inom ett kvadratisk område, (fig. 22). Dessa kvadrater innehåller då 4, 9, 16, 25 resp 36 sprinklerhuvuden. De längst bort belägna sprinklerhuvudena befinner sig på följande avstånd från brandcentrum (tabell 5), varvid 9 m^2 /sprinklerhuvud antagits.

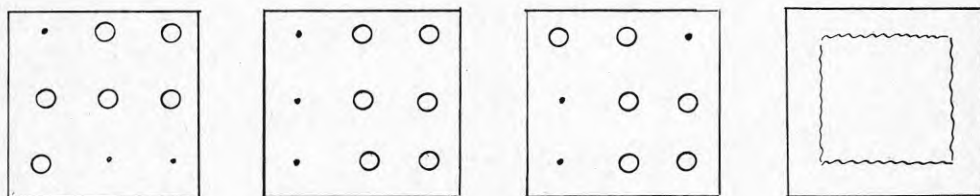
Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
$r(\text{m})$	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5

Tabell 5. Avstånd mellan sprinklerhuvud och brandcentrum.

Görs det förenklade antagandet att alla sprinkler inom kvadraten utlöses samtidigt kan erforderlig värmeeffekt beräknas enligt ekv 16. Vid en rumtemperatur av 20°C behövs effektvärden enligt tabell 6, varvid brandens övre yta antagits belägen 0,5 m över golv.

Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
\dot{Q} (kJ/min)	17.400	34.800	52.200	69.600	87.000

Tabell 6. Utlösningseffekt (kJ/min) vid olika riskklasser



Exempel på utlösta sprinkler i riskklass N1

medeltal

- ej utlösta sprinkler
- utlösta sprinkler

Figur 22. Utlösta sprinklerhuvud.

För att räkna om dessa effekter till brandareor förutsägs att den brinnande ytan består av massivt trä med en inbränningshastighet av 36 mm/h, vilket medför en effekt av 7.000 kJ/min, m².

Brandareorna vid aktivering för de olika riskklasserna blir (tabell 7).

Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
Brändarea (m ²)	2,5	5	7,5	10	12,5

Tabell 7. Brändarea vid aktivering av sprinkler vid olika riskklasser.

Den tidpunkt när dessa areor inträffar är ca 1,5 min innan utlösning. En snabbare utvecklande brand (högre riskklass) medför en tidigare utlösning. Enligt (20) medför den högsta riskklassen och lokalhöjden 3,7 m att utlösning sker efter ca 3 min, vilket skulle innebära att brandarean 12,5 m² uppnås vid ca 1,5 min. Motsvarande tid för den lägsta riskklassen är ca 7,5 min.

En punkt på brandarea - tidkurvan är med ovanstående antaganden känd (tabell 8).

Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
Brändarea, (m ²)	2,5	5	7,5	10	12,5
Tid (min)	7,5	6	4,5	3	1,5

Tabell 8. Brändarea vid uppnådd utlösningstemperatur vid olika riskklasser.

För att bestämma hela brandförloppet måste vid exponentiellt utseende fördubblingstider d för de olika riskklasserna vara kända. Som medelvärde anges i (21) att brandarean fördubblas var 4:e minut. En högre riskklass har snabbare fördubblingstakt, en lägre långsammare.

Om fördubbling var 4:e minut motsvarar riskklass N2, och den lägsta respektive högsta riskklassen 50 % längre respektive kortare tid, kan följande ekvation uppställas för brandarean (A m²) som funktion av tid (t , min) för de olika riskklasserna.

$$A = A_R \cdot e^{\frac{t \cdot \ln 2}{d}} \quad \text{ekv 17}$$

med följande värden på d och A_R i de olika riskklasserna (tabell 9).

Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
A_R (m ²)	0,88	1,98	3,44	5,52	8,84
d (min)	5	4,5	4	3,5	3

Tabell 9. Värden på "dubblingstid" och A_R vid olika riskklasser.

Brandarea-tidförlopp enligt ekv 17 passerar inte origo varför en speciell funktion för brandarean mellan tidpunkten 0 och tiden för sprinklerutlösning antages. Riktigare vore att ha samma funktion för hela tidsförloppet men differensen blir inte stor. (se avsnitt 7.9).

För detta brandskede gäller ekv. 18.

$$A = A_{RO} \left(e^{\frac{t \cdot \ln 2}{d}} - 1 \right) \quad \text{ekv. 18}$$

där d framgår av tabell 9 och A_{RO} enligt tabell 10.

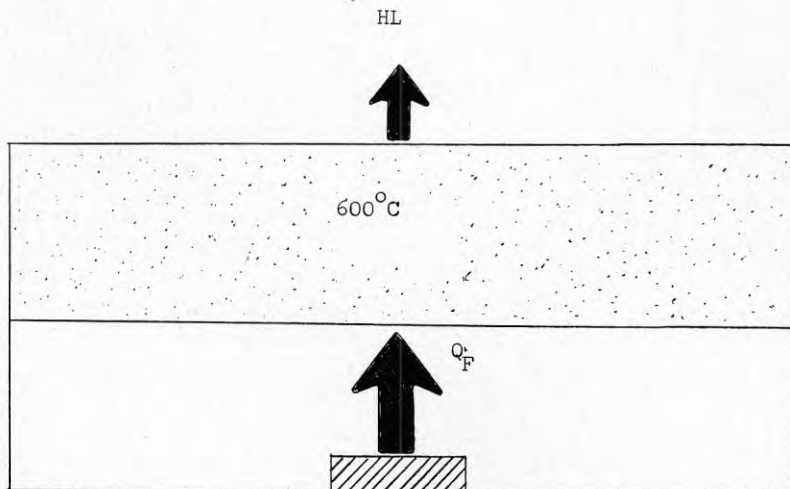
Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
$A_{RO}(\text{m}^2)$	1,36	3,28	6,35	12,3	30,2

Tabell 10. A_{RO} vid olika riskklasser.

5.3 Tid till övertändning

För att bedöma brandkårens möjlighet att bekämpa en brand och för att kunna avgöra om utrymningstryggheten är tillfredsställande måste tiden till övertändning, dvs när hela lokalen är involverad i brand kunna beräknas.

Övertändning kan enligt vissa modeller antas ske när övre hälften av en lokal är fylld med brandgaser med en temperatur av ca 600°C (22) fig. 23.



$$Q_F = 400 \cdot V_F \cdot \frac{100}{100 - HL}$$

Figur 23. Definition av övertändning och värmebalans vid olika värmeläckage.

För att uppvärma $3,1 \text{ m}^3$ luft från 20°C till 600°C åtgår 400 kJ. Om volymen V_F (m^3) skall uppvärmas och värmeförlusten till omgivningen är HL % åtgår det Q_F kJ för övertändning, dvs

$$Q_F = 400 \cdot V_F \cdot \frac{100}{100-\text{HL}} \quad \text{ekv 19}$$

En brand som har träkaraktär avger fram till övertändningstidpunkten Q_F kJ.

$$Q_F = \int_0^{t_F} A \cdot 7000 \, dt \quad \text{ekv 20}$$

där A framgår av ekv 17 och 18.

Ur ekv 19 och 20 erhålles följande uttryck

$$400 \cdot V_F \cdot \frac{100}{100-\text{HL}} = 7000 \quad \text{ekv 21}$$

$$\left(\int_0^{t_g} A_{RO} \left(e^{\frac{t \cdot \ln 2}{d}} - 1 \right) dt + \int_0^{t_F} A_R \cdot e^{\frac{t \cdot \ln 2}{d}} dt \right)$$

där t_g = tidpunkten enligt tabell 8 (min)

t_F = tidpunkt för övertändning (min)

V_F = halva lokalvolymen (m^3)

Ur ekv 21 kan övertändningstid beräknas när V_F , HL och riskklass är kända.

Med ovan gjorda förutsättningar erhåller man t ex vid riskklasserna N2 och N3S följande övertändningstider (min) tabell 11. Eftersom den konvektiva värmen utgör ca 75 % av den totalt frigjorda (23) medför en effektiv brandventilation att HL i ekv 21 antar värdet 75 vid brandventilation.

Lokalmått (m^3)	4.000·6	2.000·6	1.000·6	500·6
N2	20,0 (28,0)	16,3 (24,0)	12,8 (20,0)	9,5 (16,3)
N3S	12,8 (18,6)	10,1 (15,7)	7,6 (12,8)	5,4 (10,1)

Tabell 11. Exempel på tider till övertändning vid riskklass N2 och N3S, lokalhöjd 6 m och varierande golvarea. Värden inom parentes anger tider vid fungerande brandventilation.

5.4 Utlösning av sprinkler

För att bedöma effekten av sprinkler både vad beträffar personskydd och egendomskydd måste utlösningstiden kunna bestämmas för olika riskklasser och lokalutseende.

Det som bestämmer tid för utlösning är uppvärmningshastigheten, som beror av lokalhöjd och riskklass, avstånd mellan sprinklerhuvudena och tidsfördröjningen. Den avgivna värmeeffekten som behövs för att aktivera ett sprinklerhuvud framgår av ekv 15. Efter det att denna nivå uppnåtts dröjer det ca 1,5 min innan sprinklerna utlöses. Placeras sprinklerna mer än ca 15 cm från tak sker ytterligare fördröjning.

Om t ex brandens övre yta ligger på nivån 0,5 m över golv och lokalhöjden är 6 m erhålls utlösningstider vid verkningsarea/sprinkler = $3 \cdot 4 \text{ m}^2$ ($r=2,5$) och utlösningstemperatur 68°C enligt tabell 12.

5.5 Utlösning av värmedetektorer

För att bestämma tid för larm används ekv 1 samt en fördröjningstid på ca 30 sek (19). Detta värde kan dock variera för olika detektorer.

Eftersom det enligt de svenska brandlarmsreglerna (24) måste finnas minst en värmedetektor på 30 m^2 golvyta, dvs största avstånd mellan brandcentrum och detektor 4,2 m erhåller man för lokalhöjden 6 m, och om maximalvärmedetektor med 68°C utlösningstemperatur används, utlösningstider enligt tabell 12.

Orsak till att utlösningstiden är längre än för sprinkler är att avståndet mellan känslkropparna är längre för värmedetektorer än för sprinkler.

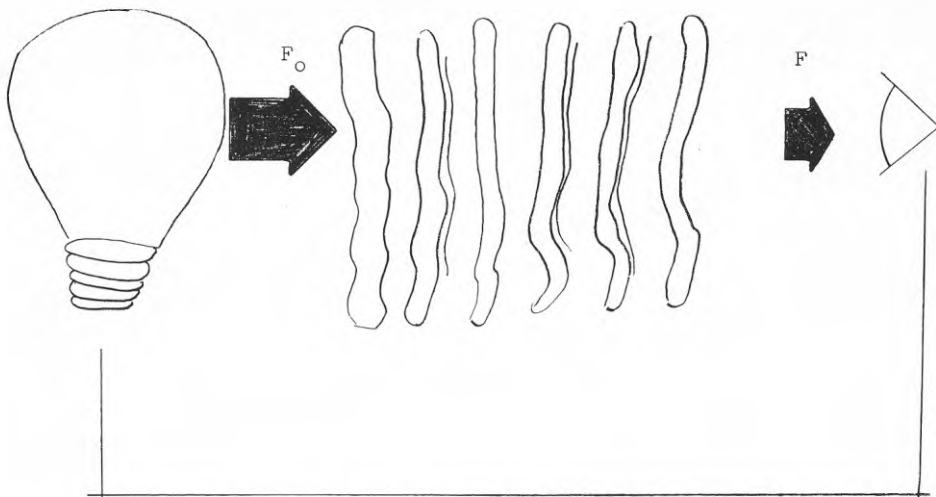
5.6 Utlösning av rökdetektorer

Tidigast larm får man i allmänhet från en rökdetektor som utlöses när rökgaskoncentrationen inuti den överstiger ett visst värde. I dessa sammanhang brukar man karaktärisera rök med optisk täthet/m.

När ljus passerar genom rök avtar dess intensitet enligt Bouguers lag enligt ekv 22 (se fig 24).

Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
Sprinkler	16,8	10,3	6	3,9	2,5
Maximaldetektor	19,5	12,8	6,8	4,0	2,0
Rökdetektor, trä	2,25	1,25	1,0	0,75	0,5
Rökdetektor, polystyren	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabell 12. Utlösningstider (min) för olika larmanordningar vid olika riskklasser och takhöjden 6 m.



Bouguers lag: $F = F_0 \cdot e^{-\sigma L}$

Optisk täthet: $D = \log_{10} (F_0/F)$

Fig. 24. Bouguers lag samt definition av optisk täthet.

$$F = F_0 \cdot e^{-\sigma L} \quad \text{ekv 22}$$

där F_0 = emitterad strålning (lx)
 F = mottagen strålning (lx)
 L = ljusstrålens längd (m)
 σ = fördunklingskoefficient

Optisk täthet definieras som

$$D = \log_{10} (F_0/F) \quad \text{ekv 23}$$

Eftersom rökdetektorer ger larm, vid viss förändring av spänningsförhållanden inne i kammaren och detta är direkt beroende av optisk täthet/m (D/m), kan denna faktor användas som kriterium för utlösning.

Detta gäller för både joniserings- och optiska rökdetektorer. Den förra reagerar för koncentrationsändringar och den senare för fördunkling.

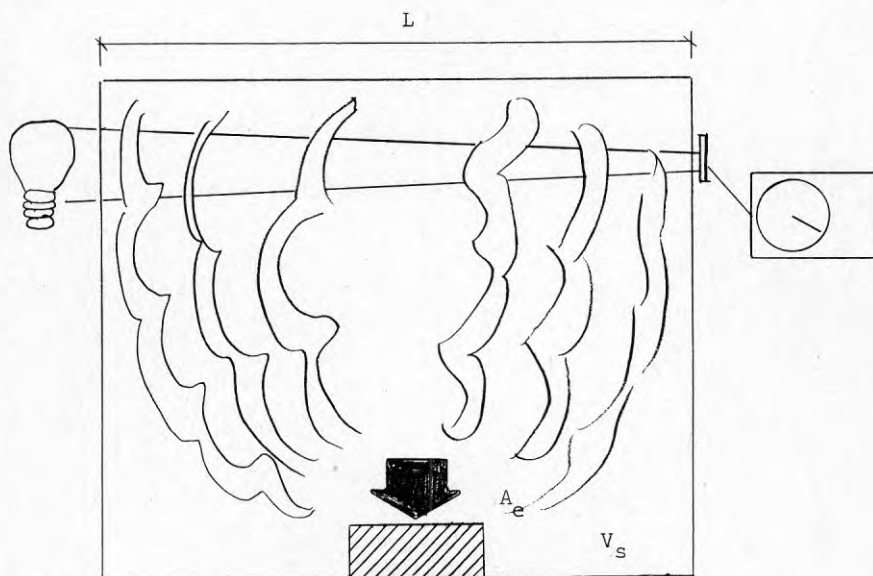
I (25) har man undersökt utlösningstiden för ett stort antal olika typer av bränder och med olika detektorer. Sammanställes försöksresultaten förefaller det som om "tröskelnivån" för den optiska tätheten/m är ca 0,05. Efter det att denna har uppnåtts blir det en fördröjning på ca 30 sek innan larm ges.

Även av japanska provningsbestämmelser för rökdetektorer (26) och utförda brandförsök framgår det att detektering skall ske senast 30 sek efter det att optiska tätheten/m 0,05 har uppnåtts.

För att kunna bestämma tid för larm från en rökdetektor måste den rökmängd som avges från det brinnande materialet bestämmas samt den volym röken blandas i.

För att bedöma olika materials rökbildningsegenskaper utförs provning enligt "smoke chamber" metoden. Denna innebär att en viss mängd av aktuellt material bestrålas vid konstant intensitet varefter röken samlas upp i en låda och genomstrålas med ljus varvid man uppmäter procentuell fördunkling.

Som normaliserad enhet för rökbildning anges i allmänhet specifika optiska tätheten D_S (se fig. 25).



$$D_S = D \cdot V_S / A_e \cdot L$$

Figur 25. Definition av specifik optisk täthet.

Det har också (27) visats att D_S från olika material kan adderas.

$$D_S = D \cdot V_S / A_e \cdot L \quad \text{ekv 24}$$

där D = framgång av ekv 23

V_S = rökens volym (m)

A_e = det bestrålade materialets yta (m²)

L = ljusstrålens längd (m)

I (28) redovisas värden för både flammmande och glödande brand för ett stort antal material vid varierande tjocklek. Strålningspåverkan har varit 2,5 Watt/cm².

Skillnaden mellan D_S vid flammmande och glödande brand är i allmänhet avsevärd. För trämaterial uppmäts största värden vid glödbrand medan för t ex polystyren omvända förhållandet råder. Även materialets dimension påverkar resultatet genom att större tjocklekar ger högre maximala värden på D_S . Förändringen av D_S /tidsenhet, \dot{D}_S , är dock inte nämnvärt beroende av denna faktor.

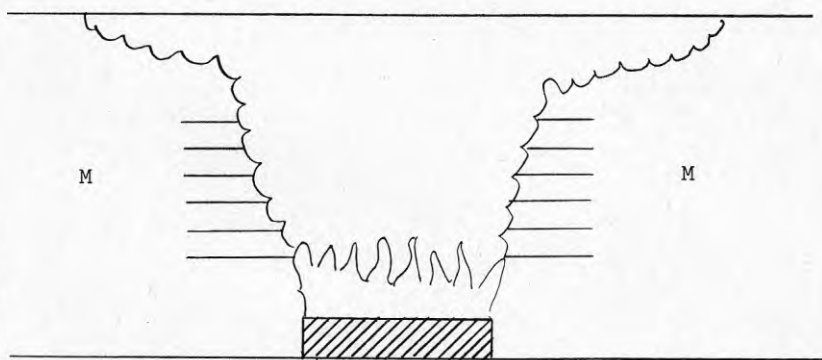
I (29) har undersökts hur varierande strålningspåverkan 1-7,5 Watt/cm² förändrar rökstringsegenskaperna hos furu och en speciell typ av polyuretan. För båda materialen ökar maximala D_S och \dot{D}_S för glödande brand vid ökad strålningspåverkan. D_S vid flammmande brand påverkas betydligt mindre.

Nedan har 2,5 Watt/cm² strålningspåverkan antagits som representativ för en normal brand (30). Det medför att följande värde på D_S gäller: Trä (furu) - 36 (motsvarande glödbrand) polystyren - 240 (flammmande brand).

Rökproduktionen vid en verklig brand som funktion av tiden kan bestämmas med ovanstående data och ekv 17 och 18 för brandarea, om A (brandarean) antas lika stor som A_e .

$$S_t = \int_0^t A \cdot \dot{D}_S dt \quad \text{ekv 25}$$

För att kunna beräkna optiska tätheten/m vid rökdetektorerna måste volymen som röken blandas i kunna bedömas. Denna kan bestämmas enligt (23) där olika metoder att beräkna lufttillflödet till en brand med varierande storlek anges. Rökvolymen antas lika med detta och jämnt fördelad (fig. 26).



Rökbildning $S_t = \int_0^t J A \cdot \dot{D}_s dt$

Optisk täthet/m $D/m = S_t / \int_0^t M dt$

Fig. 26. Rökbildning och optisk täthet/m.

Vid små bränder, d v s när brandens utsträckning är liten i jämförelse med avståndet till taket, $\sqrt{A}/h_s < 0,2$ (eller temperaturstegringen är liten i jämförelse med omgivningens absoluta temperatur), antas att röken stiger uppåt i en kon, varvid luft drags med.

$$M_S = 0,043 \cdot \rho_c \cdot h_s^{5/2} \cdot (2 \cdot g \cdot \theta_c / T_0)^{1/2} \quad \text{ekv 26}$$

M_S anger kg luft/sek
 ρ_c rökens densitet under taket (kg/m^3)
 h_s är avstånd mellan branden och rökgasskiktet (m)
 θ_c temperaturstegringen under taket ($^\circ\text{C}$)
 T_0 rumstemperatur ($^\circ\text{K}$)

Eftersom ekvation 26 gäller för punktformad brand antas en fiktiv brand på ett visst avstånd h_{f1} (m) under golvnivån.

$$h_{f1} = 1,5 \sqrt{A} \quad \text{ekv 27}$$

där A är brandens area.

Rökgasskikt = 0 antages vilket ger större värden på M och följaktligen mindre på optisk täthet/m. Tidpunkt för larm blir enligt beräkningen något senare än i verkligheten.

Eftersom θ_c är liten i förhållande till T_0 kan ρ_c sättas lika med ρ_0 , dvs densiteten vid rumstemperatur.

$$M_S = 0,061 \cdot \rho_0 (h+h_{f1})^{5/2} \cdot (g \cdot \frac{\theta_c}{T_0})^{1/2} \quad \text{ekv 28}$$

där h är lokalhöjd (m)

För stora bränder ($\sqrt{A} > \frac{1}{2} h$) gäller:

$$M_L = 0,096 \cdot P \cdot h_s^{3/2} \cdot \rho_0 (g \cdot \frac{T_0}{T_c})^{1/2} \quad \text{ekv 29}$$

där P är brandens omkrets (m)

T_c rökgasernas absoluta temperatur under taket ($^\circ\text{C}$)
 h_s är lika med h

I mellanområdet $0,2 < A/h \leq 0,5$ anger ekvationerna 28 och 29 övre och nedre värden. Används ekvationen för små bränder erhåller man större M-värden och således värden på säkra sidan.

För att kunna bestämma luftströmmen M måste temperaturen under taket ovanför brandcentrum vara känd. Enligt 16 gäller:

$$T_c - T_0 = \frac{1,10 \cdot Q^{2/3}}{h_{fc}^{5/3}} \quad \text{ekv 30}$$

För de olika riskklasserna kan utlösningstider enligt tabell 12 beräknas vid lokalhöjden 6 m om det brinnande materialet i hudsak är trä respektive polystyren. Som kriterium antas att detektering sker 30 sek efter

$$\frac{s_t \cdot \rho_0}{t_f M dt} = 0,05 \quad \text{ekv 31}$$

Utgående från beräkning av tid för brandlarm, tid för sprinklerutlösning och tid för övertändning kan personsäkerhetens och brandskadans beroende av dessa parametrar klarläggas.

5.7 Personssäkerhet vid olika skyddsåtgärder

5.7.1 Allmänt

För att kunna bedöma möjligheten att säkert utrymma t ex en en-vånings industrilokal måste den tid som krävs för att sätta sig i säkerhet jämföras med den tid vid vilken lokalmiljön av olika skäl blir outhärdlig. Således måste lokalen vara utrymd bl a innan

- Övertändning sker
- Sikten blir för mycket nedsatt
- För hög koncentration av giftiga gaser uppträder
- Utrymningsvägarna har spärrats av brand.

Kan tiden efter brandstart för dessa "kritiska händelser" bestämmas och kan utrymningstiden för en speciell lokal bedömas, kvantifieras utrymningstryggheten av differensen mellan dessa.

Är utrymningstiden för lång måste ytterligare åtgärder vidtagas. Dessa kan bestå av att förkorta gångavstånd, förbättra skyltningen, införa automatisk vattensprinkleranläggning, brandlarm eller brandventilation eller en kombination av dessa.

Brandförloppetets pyrande del utan tillväxt av brandarea, som alltid finns under kortare eller längre tid, medför i allmänhet inte ökad personskaderisk. Tidpunkten 0 inträffar när brandarean börjar öka enligt ekv 17 och 18 .

5.7.2 Övertändning

Tid till denna kritiska händelse beräknas enligt ekv. 21. Exempel på sådana tider för olika lokalmått framgår för riskklasserna N2 och N3S med och utan brandventilation, av tabell 11.

5.7.3 Nedsatt sikt

Vid viss optisk täthet/m blir sikten så dålig att utrymning förhindras. För att kunna gå upprätt måste sikten ca 2 m över golvet vara acceptabel. I den övre lokalvolymen förutsätts omblandning så att röktätheten är densamma. Den optiska tätheten/m kan bestämmas med hjälp av ekv 25, om den rökfyllda volymen är känd. Utrymningen kan inte fortsätta när detta värde överstiger det kritiska, som beror av skyltningsmetod och röckkvalitet.

Jim (30, 31) har visat att under vissa förutsättningar gäller

$$d_{so} \cdot \sigma = \ln \frac{B_{EO}}{\delta_c \cdot k \cdot I} \quad \text{ekv 32}$$

där d_{so} = avstånd in mellan betraktare och skylt
 δ_c = den kontrast som krävs för att ögat skall kunna
 urskilja en skylt
 B_{EO} = skyltens ljusstyrka
 σ = fördunklingskoefficient
 I = illuminerande belysning (t ex lampor i taket) (lux)
 $k = \sigma_s / \sigma$ där σ_s är spridningsandelen av

Av ekv 32 framgår att när k är större (vitare rök) minskar siktavståndet d_{so} . För en icke belyst skylt gäller

$$\sigma \cdot d_{so} = \ln \frac{\alpha}{\delta_c \cdot k} \quad \text{ekv 33}$$

där α är skyltens reflektionskoefficient.

Ekv 32 och 33 har också verifierats med försök med polystyren, akrylplast, polyvinylklorid och japansk ceder. Siktbarheten vid rök från akrylplast visade sig representera ett medelvärde för dessa.

Vid illuminerande belysning på 80 lux erhålles för siktavståndet mellan 5 och 15 m och vid ogynnsammaste rök:

$$\sigma \cdot d_{so} = 5 \text{ eller } D/m \cdot d_{so} = 2,17 \quad \text{ekv 34}$$

för belyst skylt och för icke belyst skylt:

$$\sigma \cdot d_{so} = 2-4 \text{ eller} \quad \text{ekv 35}$$

$$D/m \cdot d_{so} = 0,87 - 1,7$$

beroende på reflexionskoefficienten. När man inte har skyltning gäller det lägre värdet.

Effekten av irriterande rök vid belysta skyltar redovisas i (32) varav framgår att för värden på optisk täthet/m överstigande ca 0,17, nedsätts sikten drastiskt. Vid D/m mindre än ca 0,1 är effekten av irriterande rök försumbar, vilket också kan antas gälla för obelysta skyltar.

För att fastställa maximalt tillåtna $(D/m)_c$ måste lägsta tillåtna siktsträcka (d_{so}) bestämmas. I (33) har man undersökt benägenheten hos människor i verkliga brandsituationer att vända tillbaka vid för tät rök. Det har då visat sig att 5 % vänder, om de inte ser längre än ca 10 m. Detta värde kan givetvis variera, bl a beroende på individens bekantskap med lokalerna.

I (34) har undersökts sambandet mellan förflyttningshastighet och D/m i verklig rök och utan andningsskydd. Vid irriterande rök sjunker förflyttningshastigheten till ca 0,3 m/s (mot-svarar förflyttning i mörker) (se fig. 27).

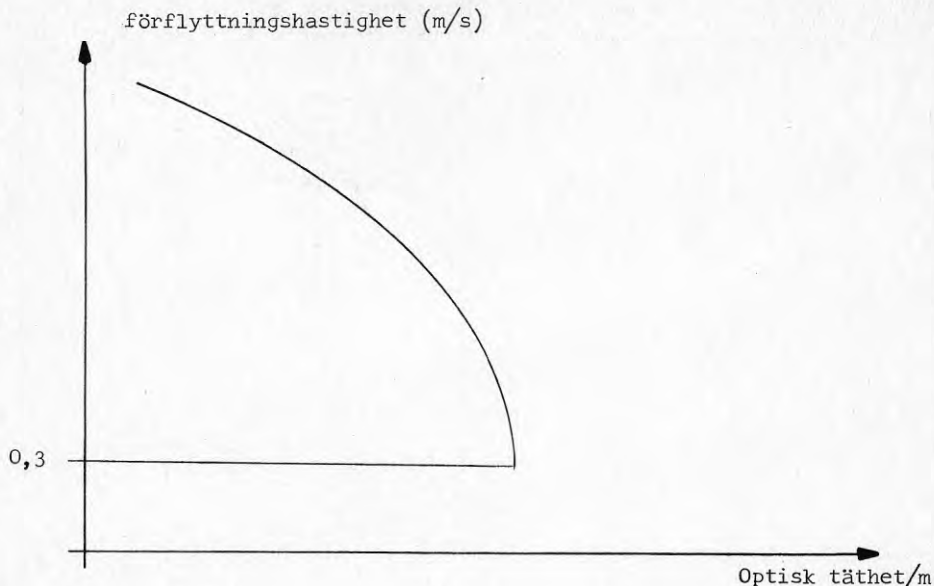


Fig. 27. Förflyttningshastighet vid olika optisk täthet/m.

Vid irriterande rök motsvarar detta $(D/m)_C = 0,17$ oberoende av om utrymningsvägen är belyst eller ej. Detta motsvarar en siktsträcka av ca 13 m (ekv 34) vid belyst skylt, alltså ungefär samma värde som ovan i (32). För att erhålla samma sikt om belysta skyltar inte finns krävs $(D/m)_C = 0,07$. Dessa värden 0,17 och 0,07 är tillämpliga för personer med lokalkännedom, vilket i allmänhet är fallet i industrier.

Utgående från dessa värden är det nu möjligt att med hjälp av ekv. 25 beräkna tiden tills en viss volym av lokalen fylls med svårgenomtränglig rök.

$$(D/m)_C = \frac{S_t}{V_E} \quad \text{ekv 36}$$

där V_E är rökfylld volym (m^3), i allmänhet lokalens area multiplicerad med lokalhöjden minskad med 2 m.

För riskklasserna L och N3 har tider, till dess utrymning omöjliggörs p g a nedsatt sikt, beräknats för material av träkaraktär och av polystyren. Tider redovisas för lokalareorna 4.000, 2.000, 1.000 och 500 m^2 , samtliga med lokalhöjderna 6 m (tabell 13) lokalerna har antagits helt täta, vilket ger viss underskattning av tiderna. Hänsyn har inte tagits till psykologiska faktorer annat genom intervjuerna i (33).

Samtliga dessa tider är kortare än tid till övertändning.

Lokalarea	Riskklass			
	L		N3	
	trä	polystyren	trä	polystyren
4.000 m ²				
belyst skylt	18	8	6	2,75
ej belyst skylt	13	6	4	2
2.000 m ²				
belyst skylt	14	6,5	4	2
ej belyst skylt	9	5	3	1,5
1.000 m ²				
belyst skylt	10	5	3,25	1,5
ej belyst skylt	7,5	3	2,5	1
500 m ²				
belyst skylt	8	3,5	2,5	1
ej belyst skylt	6	2,5	2	0,75

Tabell 13. Tid tills oacceptabla siktförhållanden uppstår vid riskklasserna L och N3, varierande lokalarea samt takhöjden 6 m.

För att bedöma den tid som åtgår för utrymning användes förflyttningshastigheten 18 m/min (0,3 m/sek). Maximala gångavstånd beror på maskinuppställning och lokaldisposition samt, var utrymningsvägarna är placerade. För lokaler med golvareor 4.000, 2.000, 1.000 och 500 m² och viss placering av fasaddörrar framgår erforderliga utrymningstider av tabell 14. Utrymningen antas påbörjas vid tidpunkten $t = 0$.

Gång- avstånd (m)	63	45	32	22
Lokalarea (m ²)	4.000	2.000	1.000	500
Utrymnings- tid (min)	3,5	2,5	1,75	1,25

Tabell 14. Erforderliga utrymningstider vid olika gångavstånd.

Vid en jämförelse mellan tider enligt tabell 14 och 13 framgår att vid riskklass L utrymningstryggheten är väl tillgodosedd. För riskklass N3 och vid material av polystyren överskrider utrymningstiden i samtliga fall, med eller utan belyst skyltning, den tillgängliga. Utrymningstryggheten är alltså inte tillfredsställande.

5.7.4 Giftiga gaser

De gaser som är aktuella är i huvudsak kolmonoxid och cyanväte. Av (32, 35) samt annan litteratur framgår dock att röken i allmänhet blir ogenomtränglig innan farliga koncentrationer uppstår.

5.7.5 Kollapsande konstruktioner

Utrymningstryggheten, som i allmänhet måste vara tillgodosedd inom 5-10 min, är oftast oberoende av kollapsande konstruktioner. En sådan kan knappast inträffa före 10 min.

5.7.6 Ytterligare skyddsåtgärder

För att öka utrymningstryggheten till rimlig nivå måste för riskklass N3 ytterligare skyddsåtgärder vidtagas.

- Gångavstånd kan minskas genom att flera dörrar eller speciella utrymningskorridorer anordnas eller att planlösningen ändras.
- Förses lokalen med brandventilation öppnad av rökdetektor, kan röken vädras ut innan oacceptabel röktäthet uppnås.
- Skyltningen kan göras bättre genom att skyltar placeras tätare och görs ljusstarkare..
- Sprinkler utlöses, vid denna lokalhöjd, efter det att för tät rök har uppnåtts, och ger därför inte extra skydd om de inte är kopplade till rökdetektorer.
- Med en egen intern släckstyrka med riktig utbildning och material kan oftast en brand släckas eller åtminstone hållas under kontroll.

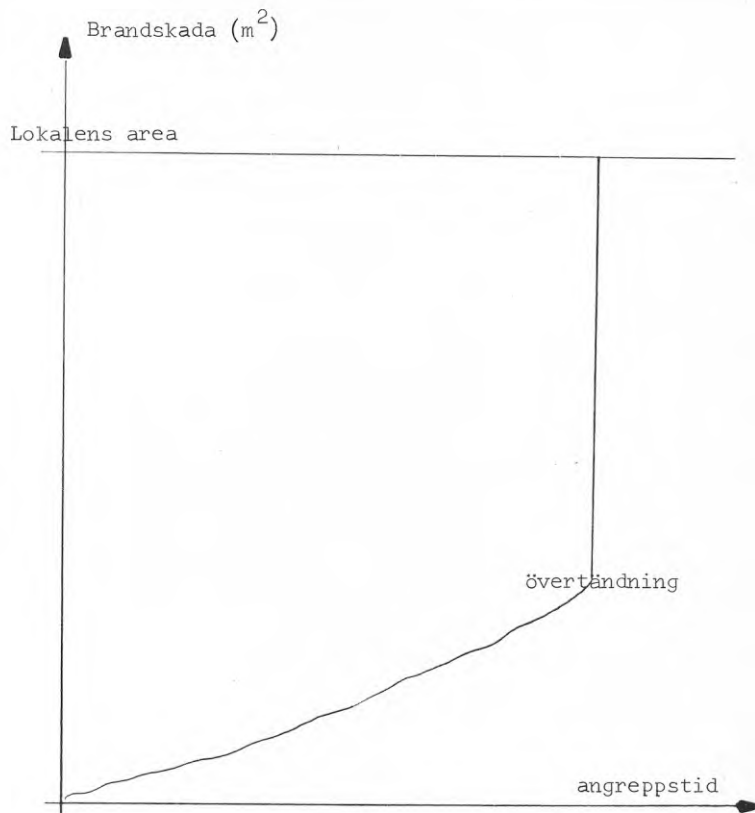
5.8 Brandskada

5.8.1 Allmänt

En brand kan begränsas antingen av fast inbyggda anordningar som väggar, sprinkler, brandventilation, eller med manuell släckinsats. Denna kan utföras av de anställda eller det kommunala brandförsvaret. För att insatsen skall göras så tidigt som möjligt installeras automatiskt brandlarm. Brandskada definieras här som brandens horisontella yta.

För att kunna bedöma det kommunala brandförsvarets möjlighet att bekämpa en brand användes faktorerna insatstid (t_w) (tid från larm till släckningen påbörjas) och släckkapacitet, vilka är beroende av brandkårens geografiska placering och kvalitet.

Har övertändning skett när brandkåren anländer försvåras släckangreppet avsevärt. Som kriterium för lyckad släckinsats följer då att släckningen måste påbörjas innan övertändning inträffar (figur 28).



Figur 28. Brandskada som funktion av angreppstid.

Ju kortare insatstiden är desto mindre släckkapacitet i form av vatten erfordras.

Börjar släckangreppet för sent antas hela lokalarean bli involverad i branden. Börjar släckangreppet tidigare kan brandens tillväxt förhindras och skadan antas lika med brandarean vid släckangreppet. Det har härvid förenklat antagits att värdeätheten är konstant samt att rök och korrosionsskador är proportionerliga mot brandarean.

5.8.2 Brandkårens släckkapacitet

För att bedöma släckkapacitet måste sambandet mellan brandarea och erforderlig vattenmängd bestämmas.

Enligt (36) kan den vattenmängd som behövs för att kontrollera en brand i första hand relateras till brandarean och inte brandbelastningen.

I (37) jämförs de vattenmängder W (l/sek) som åtgår för att kontrollera en brand, utgående från amerikansk och engelsk brandkårsstatistik.

$$W = 1,24 \cdot A^{0,664} \quad \text{ekv 37}$$

anges som medelvärde oberoende av riskklass. I Sverige tillämpas en släckteknik som medför att vattenbehovet minskar avsevärt, till ca 25 % av de amerikanska och engelska värdena. Om man dessutom tar hänsyn till den relativt stora spridningen i de statistiska värdena kan följande ekvationer ställas upp för svenska förhållanden.

$$W_{\min} = 0,06 \cdot A^{0,664} \quad \text{ekv 38}$$

$$W_{\text{med}} = 0,30 \cdot A^{0,664} \quad \text{ekv 39}$$

$$W_{\max} = 1,40 \cdot A^{0,664} \quad \text{ekv 40}$$

Vid varierande brandareor krävs enligt dessa ekvationer vattenmängder (l/sek) enligt tabell 15.

Brandarea (m ²)	10	50	100	200
W _{min}	0,3	0,8	1,3	2,0
W _{med}	1,4	4,0	6,4	10,1
W _{max}	6,5	18,8	29,8	47,2

Tabell 15. Vattenbehov vid olika brandareor.

Enligt sprinklerreglerna erfordras följande vattenmängder (l/sek).

Brandarea (m ²)	1	10	50	100	200
L	0,4	-	-	-	-
N1,N2,N3, N3S	0,8	4	8	16	

Tabell 16. Vattenbehov enligt sprinklerreglerna för olika riskklasser och brandareor.

Jämförs tabell 15 och 16 kan W_{min} bedömas motsvara riskklass L och W_{med} riskklass N1, N2, N3 och N3S. Följande vattenbehov kan således antagas.

$$W_L = 0,06 \cdot A^{0,664} \quad \text{ekv 41}$$

$$W_{N1} = W_{N2} = W_{N3} = W_{N3S} = 0,3 \cdot A^{0,664} \quad \text{ekv 42}$$

Utgående från att kapaciteten från ett slangmunstycke är ca 150 l/min kan antalet strålar och därav följande brandmannantal bestämmas.

När brandkåren anländer till en byggnad, är tiden till släckangreppet kan påbörjas, beroende av lokalens planlösning. Denna fördröjning kan beräknas om samma förflyttningshastighet som vid utrymning antages, ca 18 min/min. Vid brandventilation ökar detta värde till ca 60 m/min (34).

Tiden mellan brandstart och släckangrepp framgår av ekv 43.

$$t_w = t_D + t_R + t_L \quad \text{ekv 43}$$

där t_W = tid för släckangrepp (min)
 t_D = tid för larm (min)
 t_R = tid mellan larm och ankomst till byggnaden (min)
 t_L = gångtid inne i byggnaden (min)

t_D kan beräknas för olika typer av larmanordningar enligt tabell 12.

5.8.3 Automatisk vattensprinkler

Vid sprinklerinstallation kan brandarean förväntas vara konstant efter tiden för utlösning.

5.8.4 Exempel på beräkning av förväntad brandskada

Vid olika kombinationer av brandskyddstekniska åtgärder kan för en lokal med varierande golvarea (2.000 m² respektive 500 m²) och höjden 6 m, följande förväntade brandareor beräknas vid riskklasserna N2 och N3S.

Av tabell 17 kan bl a följande konstateras för en lokal med gällande förutsättningar.

- För riskklass N2 och lokalarean 2.000 m² blir skadan liten vid alla typer av skyddssystem vid $t_R = 5$ min.
- För riskklass N2 och lokalarean 2.000 m² måste brandlarm kombineras med brandventilation för att erhålla en liten skada vid $t_R = 15$ min.
- För att undvika att hela lokalen blir skadad vid verksamhet av typ N3S måste vid den längre $t_R = 15$ min, vattensprinkler installeras.
- Vid riskklass N3S och kort t_R kan skadan begränsas vid alla typer av skyddssystem vid lokalarea 2.000 m². Vid 500 m² lokal erfordras dessutom brandventilation.

För lokaler med andra riskklasser, t_R och geometriska mått kan motsvarande analys göras av lämpligheten hos olika skyddssystem.

Vad gäller brandkårens släckkapacitet uttryckt i l/min, ökar kravet på denna vid ökande t_R . Den vattenkapacitet som brandkåren måste förfoga över kan beräknas med hjälp av ekv 41 och 42.

Riskklass	N2				N3S			
	2.000 m ²		500 m ²		2.000 m ²		500 m ²	
Lokalarea	2.000 m ²		500 m ²		2.000 m ²		500 m ²	
Insatstid (min)	5	15	5	15	5	15	5	15
Sprinkler	10	10	10	10	15	15	15	15
Max detektor+ brandvent	30	160	30	500	50	2000	50	500
Max detektor	41	2000	500	500	80	2000	500	500
Rökdetektor+ brandvent	< 30	60	<30	60	<50	2000	<50	2000
Rökdetektor	< 30	2000	<30	500	<50	2000	500	2000

Tabell 17. Exempel på beräkning av brandareor vid olika riskklasser, insatstider, brandlarmsystem och bekämpningssystem.

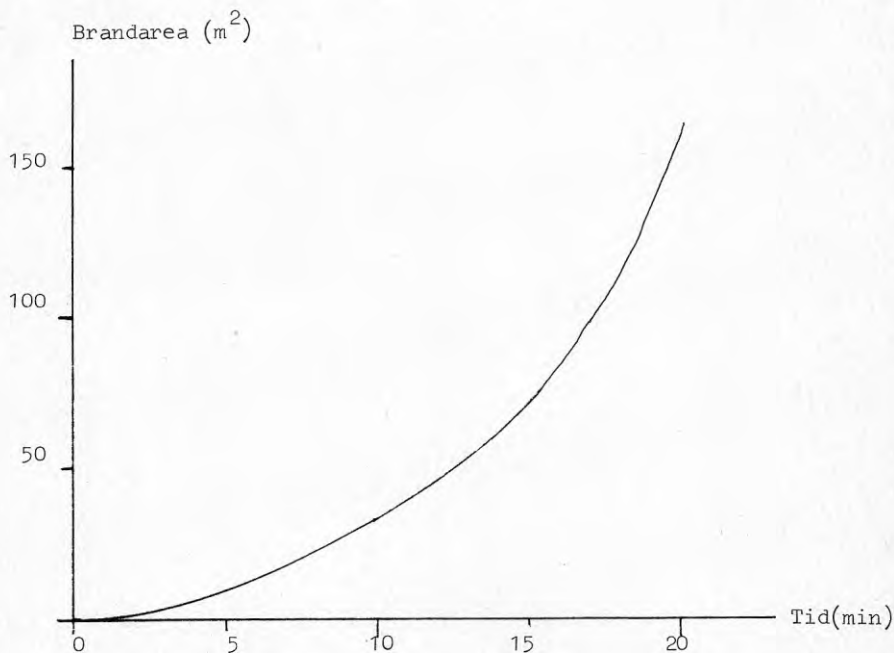
För de tillfällen brandkåren anländer till brandplatsen innan övertändning kan följande vattenbehov i l/min och antal strålar (150 l/min, stråle) beräknas.

Riskklass	2		N2		N3S	
Lokalarea (m ²)	2.000	500	2.000	500	2.000	500
Insatstid	5	15	5	15	5	5
Max detektor + brandvent	170(2)	520(4)	-	-	240(2)	240(2)
Max detektor	210(2)	-	-	-	330(3)	-
Rökdetektor + brandvent	150(1)	270(2)	150(1)	270(2)	240(2)	240(2)
Rökdetektor	150(1)	-	150(1)	-	240(2)	-

Tabell 18. Exempel på vattenbehov (l/min) vid olika riskklasser, lokalareor och skyddsåtgärder. Värden inom parentes anger antal strålar. - innebär att övertändning redan skett varför brandbekämpningen startar för sent.

5.9 Dataprogram

Eftersom ett omfattande räknearbete krävs för att behandla ovanstående ekvationer har dataprogram konstruerats för att beräkna utlösningstiden och personsäkerhet. Härvid har dock något annorlunda uttryck för brandareans variation med tiden använts. Ekvation 17 och 18 har ju inte kontinuerligt förlopp. Istället har antagits att brandarean har ett kvadratisk förlopp fram till tiden t_k samt därefter ett exponentiellt (se fig. 28).



Figur 28. Brandarea som funktion av tiden i riskklass N2 med antagande om kvadratisk och exponentiellt förlopp.

Härvid gäller för förloppet fram till t_k

$$A = B_{RO} \cdot t^2 \quad \text{ekv 44}$$

och därefter

$$A = B_R \cdot e^{\frac{t \cdot \ln 2}{d}} \quad \text{ekv 45}$$

med värden på konstanter enligt tabell 19.

Riskklass	L	N1	N2	N3	N3S
B_{RO} (m ²)	0,069	0,165	0,3	0,493	0,781
B_R (m ²)	1,96	3,76	5,41	6,80	7,84
t_k (min)	14,4	13,0	11,5	10,1	8,7
d (min)	5	4,5	4	3,5	3

Tabell 19.

Som förutsättning har härvid gällt:

- Kurvorna skall gå igenom punkt definierad enligt tabell 8.
- Kurvorna skall gå igenom origo
- Kurvorna skall ha kontinuerligt förlopp
- Kurvornas exponentiella del skall ha dubblingstider enligt tabell 9.

Exempel på beräkning framgår av fig. 29 där utlösningstid för olika höjder och vid olika riskklasser redovisas samt av tabell 20 med hjälp av vilken utrymningssäkerhet kan bedömas.

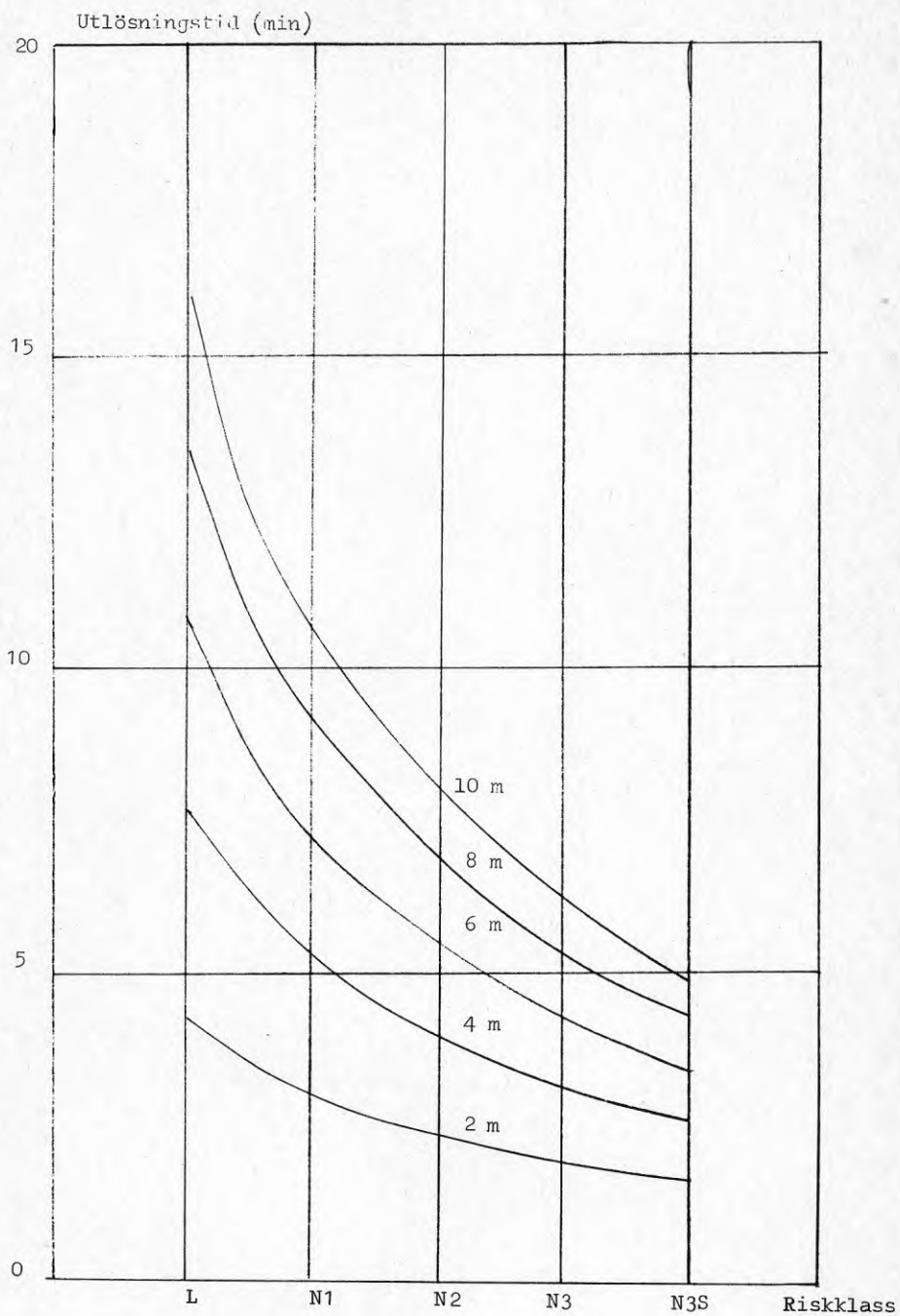


Fig. 29. Utlösningstid för värmedetektorer vid olika lokalhöjder (m).

HL = 0 %
 Värmeeffekt = 7.000 KJ/min·m²
 till.siktsträcka = 13 m
 (D/M)·d₅₀ = 2,17 och 0,87
 Opt. täthet/tidsenhet = 100
 Utrymningshast. = 18. m/min
 Riskklass L N1 N2 N3 N3S
 Lokalvolym (m³)

4000 x 3,0
 Gångavst. = 63 m
 Övertändn.tid (min) 23,7 18,2 15,0 12,7 10,9
 Belyst skylt (min) 7,2 5,4 4,4 3,8 3,2
 Utan skylt (min) 5,3 4,0 3,3 2,8 2,4
 Utrymn.tid (min) 3,5 3,5 3,5 3,5 3,5

2000 x 3,0
 Gångavst. = 45 m
 Övertändn.tid (min) 19,4 14,6 12,0 10,1 8,7
 Belyst skylt (min) 5,7 4,3 3,5 3,0 2,6
 Utan skylt (min) 4,2 3,2 2,6 2,2 1,9
 Utrymn.tid (min) 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5

1000 x 3,0
 Gångavst. = 32 m
 Övertändn.tid (min) 15,5 11,6 9,5 8,0 6,9
 Belyst skylt (min) 4,6 3,4 2,8 2,4 2,0
 Utan skylt (min) 3,4 2,5 2,1 1,7 1,5
 Utrymn.tid (min) 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8

500 x 3,0
 Gångavst. = 22 m
 Övertändn.tid (min) 12,3 9,2 7,5 6,4 5,5
 Belyst skylt (min) 3,6 2,7 2,2 1,9 1,6
 Utan skylt (min) 2,7 2,0 1,6 1,4 1,2
 Utrymn.tid (min) 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2

Tabell 20. Beräkning av utrymningssäkerhet vid brand.

6. FRAMTIDA UNDERSÖKNINGAR

6.1 Allmänt

Som framgår av framlagd rapport har man varit tvungen att anta rimliga värden för ett stort antal ingångsparametrar för att över huvud taget kunna föreslå analytiska lösningar. Alla dessa antaganden har också redovisats.

Om metoden skall kunna utvecklas till praktisk användbarhet för myndigheter, konsulter, brandförsvaret och försäkringsbolag, vilket naturligtvis är slutmålet, måste riktigheten eller felaktigheten av vissa av de gjorda antagandena närmare studeras. Med hjälp av det dataprogram som har framtagits kan påvisas vilka parametrar som påverkar slutresultatet speciellt mycket. (Känslighetsanalys). Felaktighet i antagande om en del ingångsvärdens storlek har mindre betydelse. På nuvarande stadium kan följande bedömas vara av speciellt intresse.

6.2 Brandförloppet

Endast schematiska antaganden angående brandförloppet har kunnat göras utgående från bl a sprinklerregler, som i sig är ganska grova. Till beskrivningen av brandförloppet hör också att kunna bedöma tider till övertändning. Eftersom detta helt påverkar den fortsatta behandlingen måste den modell som uppställt jämföras med information från inträffade bränder.

Eventuellt bör de utredningar angående storbränder under åren 1975-1977 som utförts av Stålbyggnadsinstitutet och utförs av Svenska Brandförsvarsförbundet kunna användas. Troligtvis är dock data angående brandens storlek vid olika tidpunkter i allmänhet för knapphändiga. Detta innebär förmodligen att utländsk statistik måste användas i hög grad och då företrädesvis sådan från USA, England och Tjeckoslovakien eftersom där finns omfattande brandrapporteringsystem.

Förutom detta angreppssätt bör också studeras om andra användbara modeller finns, speciellt bör forskningsuppdrag angående brandförlopp i stora lokaler som skall påbörjas vid Finlands brandtekniska laboratorium följas.

6.3 Utlösning av sprinkler och detektorer

För att kunna verifiera de modeller som föreslagits bör jämförelse göras med resultat från de mycket stora undersökningar som utförts i detta sammanhang i flera länder. Eftersom dessa prov oftast görs med standardiserade bål och brännbara material kan det också bli nödvändigt att utföra nya praktiska försök, eventuellt i samarbete med något brandlarmsföretag.

6.4 Rökspridnings- och utrymningsmodeller

Den avgörande påverkan vid en brand både vad gäller personsäkerhet och egendomsskydd är i allmänhet rökbildningen. Den här föreslagna metoden att bedöma dess inverkan bör främst jämföras med information från inträffade bränder. Modellen bör också om så visas nödvändigt förbättras.

6.5 Kvalitet hos det släckande brandförsvaret

Ett av de förmodligen mest eftersatta områden inom hela brandforskningen är "värdering av det släckande brandförsvarets brandbekämpningsmöjligheter". Den analys som använts här grundar sig på samband mellan använda vattenmängder vid olika brandareor uppskattade från ett relativt litet antal bränder, dessutom i USA och England med annorlunda släckmetoder än i Sverige. För att förbättra beräkningsmodellen bör bl a släckrapporter från svenska brandkårer studeras.

6.6 Läckage av rök från en byggnad

I föreliggande rapport har antagits att byggnaderna är helt lufttäta, vilket innebär att ingen rök tränger ut innan brandventilationen öppnas eller fönster eller konstruktioner kollapsar. I verkligheten uppvisar byggnaderna större eller mindre luftläckage. Hur stora dessa är och hur detta påverkar slutresultatet bör vidarestuderas.

6.7 Inverkan på brandskadans storlek av skadebegränsande konstruktioner

I föreliggande rapport har ingen bedömningsmetod för att fastställa tidskriterier för begränsande konstruktioner föreslagits. Utgående från det skyddssystem som väljs bör modeller framtagas för att kunna göra detta.

7. LITTERATUR

1. Laufke, H - Lundquist, S: A method for Quantification of Fire Risk in Industry.
Inlägg vid 2:nd International Symposium Heidelberg 6-9 September, 1977, Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries.
2. Baldwin, R and Thomas, P H, Passive and Active Fire Protection - The Optimum Combination, March 1973.
Fire Research Note No 963, Fire Research Station, England.
3. Bewertung der Brandgefährdung und Ableitung von Schutzmassnahmen, 1973. Brand-Verhütungsdienst für Industrie und Gewerbe, Zürich.
4. Moreels, A, Analyse, Kritik und Verbesserungsvorschlag zu der von Dipl Ing M Gretener vorgeschlagenen Methode "Bewertung der Brandgefährdung und Ableitung von Schutzmassnahmen", December 1975, Vereinigung schweizerischer Hersteller von automatischen Brandmeldeanlagen.
5. Bewertung des Brandrisikos mit Berücksichtigung von Schutzmassnahmen, Ausgabe 8177 3. Interner Entwurf, Brandverhütungs-Dienstes für Industrie und Gewerbe, Zürich.
6. Evalutation du Risque d'Incendie, Juin 1977, Fédérations Nationales du Batiment et des Travaux Public, Paris.
7. General Services Administration, Building Firesafety Criteria, a GSA Handbook, Washington D C 1965, Appendix utgivet 1971 och 1972.
8. General Services Administration, Fire Safety Systems. Seattle Federal Building, odatrad.
9. Russel, R, General Services Administration, Fire Safety Systems. Courthouse and Federal Office Building, Atlanta, Georgia, 1974.
10. Shpilberg, D - Neufville, R, Use of Decision Analyzis for Optimizing Choice of Fire Protection and Insurance. An Airport Study, The Journal of Risk and Insurance, March 1975.
11. Buchbinder, B et al, Evaluating Alternatives for Reducing Upholstered Furniture Fire Losses, Society of Fire Protection Engineers Technology Report 77-9, Boston.
12. Pedersen och Steffensen. Brandrisiko bedømmelse, 1976. Akademiet for de tekniske videnskabers brandgruppe, Köpenhamn.

13. Regler för automatisk vattensprinkleranläggning, 1977. Svenska försäkringsbolags riksförbund, Stockholm.
14. Brandventilation för industri- och lagerbyggnader, 1975. Svenska Brandförsvarsföreringen, Stockholm.
15. Rules for Automatic Sprinkler Installations, 1958. Fire Offices Committee, London.
16. Alpert, Calculation of Response Time of Ceiling Mounted Fire Detectors. Fire Technology, August, 1972.
17. Fire Protection Handbook, 1969. NFPA, Boston.
18. Marryatt, Automatic Sprinkler Performance in Australia and New Zealand 1886-1968. Australian Fire Protection Association, Melbourne.
19. Nash, The Performance of the Sprinkler as Fire Detector. Fire Surveyor February 1974.
20. O'Dogherty m.fl. A Study of the Performance of Automatic Sprinkler Systems. Fire Research Technical Paper No. 17, 1967.
21. Baldwin m.fl., The Number of Sprinkler-Heads opening in Fires. Fire Research Note No. 886, 1971.
22. Smith, Model for Evaluating Fire Hazard. Fire and Flammability 5/74.
23. Thomas m.fl., Investigations into the Flow of Hot Gases in Roof Venting. Fire Research Technical Paper No. 7, 1963.
24. Regler för automatisk brandlarmanläggning 1970. Svenska försäkringsbolagens riksförbund, Stockholm.
25. Bukowski m.fl., Results of Full-Scale Fire Tests with Photoelectric Smoke Detectors. NBSIR 75-700, 1975. National Bureau of Standards.
26. Watanabe, Method of Testing Fire Detectors for Buildings. Fire Research Institute, Tokyo.
27. Einhorn, I. et al, The Physiological and Toxicological Aspects of Smoke Produced during the Combustion of Polymeric Materials, Proceedings of Annual Conference on Fire Research, NBSIR 77-1308.
28. Gross m.fl, Method for Measuring Smoke from Burning Materials. American Society for Testing and Materials, 1966.
29. Chain, Smoke Development at Different Energy Flux Levels in an NBS Smoke Density Chamber. Fire technology 10,1974.

30. Fang, I, Fire Build-up in a Room and the Role of Interior Finish Materials, June 1975, National Bureau of Standards.
31. Jin, Visibility through Fire Smoke, Part 2, 1971. Report of Fire Research Institute of Japan.
32. Rasbash, Sensitivity Criteria for Detectors used to Protect Life. Fire international (1975) 49.
33. The Behaviour of People in Fires. Joint Fire Research Organization, Note No 953.
34. Jin, Visibility through Fire Smoke, Part 5. 1976.
35. Friedman, R, Quantification of Threat from a Rapidly Growing Fire in Terms of Relative Material Properties, Fire and Materials, vol 2, No 1, 1978.
36. Thomas, Use of Water in the Extinction of Large Fires. The Institution of Fire Engineers Quarterly 19, 1959.
37. Baldwin, The Use of Water in the Extinction of Fires by Brigades. Fire Research Note No. 803, 1970.

Några tillämpningar av statistisk teori på brandskyddstekniska situationer

Allmänt:

I (1) visas hur man genom att fysikaliskt mäta frekvensen och varaktigheten hos olika typer av händelser kan bedöma sannolikheten, p , för att dessa inträffar samtidigt.

Under förutsättning att en av händelserna är poissonfördelad och $(a+b) < 1$ erhålls

$$p = f_{\alpha} \cdot f_{\beta} (a + b) \quad (= \text{ekv 2, sid 8})$$

där f_{α} resp f_{β} är frekvensen för de olika händelserna och a resp b motsvarande varaktigheter.

Beräknas det inverterade värdet av p , $(1/p)$, erhålls ett uttryck för "medelvärde för tiden mellan samtidigt inträffade händelser" MBC (meantime between coincidences).

Teorin har i (1) tillämpats på tryckerier där statisk elektricitet och brännbara gaser erfarenhetsmässigt stundom leder till brand eller explosion.

Under vissa förutsättningar är det också möjligt att bedöma sannolikheten för att vidtagna brandskyddsåtgärder, vilka kan vara både av förebyggande och släckande art, har avsedd funktion.

Ex. 1.

Sannolikheten att en väktare upptäcker en brand:

Beroende på - hur ofta ronder görs (1 per α tim)
 - under hur lång tid en tänkbar brandsorsak kan observeras av väktaren (a tim)
 - hur ofta en brand uppstår (1 per β tim)
 - inom vilken tid den måste angripas för att kunna släckas (b tim)

kan sannolikheten för att väktare upptäcker en brand beräknas.

Med $\alpha = 2$ tim
 $a = 0,1$ tim
 $\beta = 8760$ tim (1 år)
 $b = 0,1$ tim

erhålls följande värde p för sökt sannolikhet

$$p = 0,5 \cdot (1/8760) \cdot (0,1 + 0,1) = 1,14 \cdot 10^{-5}$$

eller MBC = 87.700 tim, d v s var 10 brandtillfälle kan beräknas upptäckas i tid.

Görs rond 1 gång/timme i stället, men med för övrigt samma förutsättningar kan var 5:e brand upptäckas tillräckligt snabbt.

Ex. 2.

Sannolikheten att en kommunal brandkår är på brandstationen när en storbrand inträffar:

Med de allt mindre vaktstyrkorna ökar åtminstone i större kommuner, risken att en brandkår redan är upptagen av andra bränder eller olyckor, när larm går att en storbrand har inträffat.

Med hjälp av ekv. 2 kan även denna risk bedömas:

Beroende på - hur ofta en stor brand inträffar, var α tim
 - hur fort en utryckning måste ske för att förhindra storbranden, inom a tim
 - hur ofta vaktstyrkan är fulltalig, var β tim
 - hur länge styrkan är fulltalig, b tim

kan sannolikheten för att förutsättningar finns att bekämpa branden effektivt bedömas.

Med $\alpha = 500$ tim
 $a = 1/60$ tim
 $\beta = 1$ tim
 $b = 1/3$ tim

erhålls följande värde på p

$$p = (1/500) \cdot 1 \cdot (1/60 + 1/3) = 7 \cdot 10^{-4}$$

eller MBC = 1428, d v s vid var 3:e storbrand kan släckangreppet börja tillräckligt fort.

Är i stället vaktstyrkan fulltalig varannan timme ger motsvarande beräkning att var 6:e storbrand kan bekämpas effektivt från början.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740239-5 från
Statens råd för byggnadsforskning till Svenska brandförsvars-
föreningen, Stockholm.**

R44:1979

ISBN 91-540-3012-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600944

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner o. material**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms