

THEMA BRANDVEILIGHEID TEKST IR. RUUD VAN HERPEN

Hoge gebouwen: hoge veiligheidsrisico's?

Het aantal hoge gebouwen in Nederland groeit. Natuurlijk kan daarbij de vraag gesteld worden wat onder hoog verstaan wordt. In het algemeen wordt daarvoor de definitie die het Bouwbesluit geeft in afdeling 2.23 gehanteerd: gebouwen met een verblijfsgebiedvloer hoger dan zeventig meter boven meetniveau worden als hoog aangemerkt. Concrete aanvullende brandveiligheidseisen ontbreken in het Bouwbesluit voor hoge gebouwen.

Figuur 1. Op de grens van hoogbouw: kantoorgebouw La Tour in Apeldoorn.

In Nederland komt hoogbouw niet alleen in de grote steden binnen de Randstad voor, maar ook in middelgrote steden buiten de Randstad.

Lokale overheden hopen met het toepassen van hoogbouw het rijksbeleid van 'de compacte stad' te realiseren. Bijzondere aandachtspunten in dat verband zijn het klimaat en de infrastructuur in de omgeving van hoogbouw, maar ook de infrastructuur in de hoogbouw zelf (Stichting Hoogbouw, 2008).

De infrastructuur in een hoog gebouw is vanzelfsprekend vertikaal. De verkeersruimte voor gebouwgebonden installaties en de verkeersruimte voor personen maken onderdeel uit van deze verticale infrastructuur. Deze moet niet alleen geschikt zijn voor de normale ontsluiting, maar ook voor ontvluchting en inzet van hulpverleners in een brandsituatie.

SBR-PRAKTIJKRICHTLIJN

In de SBR-praktijkrichtlijn brandveiligheid in hoge gebouwen (SBR, 2005) wordt bij vier verschillende ontruimingsconcepten (standaard ontruiming, ontruiming met groter tijdsbeslag, gefaseerde ontruiming met groter tijdsbeslag, gedeeltelijke ontruiming) het bijbehorende voorzieningenniveau ten aanzien van brandveiligheid voorgeschreven. De voorzieningen zijn voorgeschreven op een prescriptieve wijze. Door veel toetsende instanties wordt de richtlijn gehanteerd als concrete invulling van afdeling 2.23 van het Bouwbesluit. Maar vanuit de marktpartijen bestaat er kritiek op de richtlijn, omdat het geëiste voorzieningenniveau aanmerkelijk hoger is dan dat voor standaard situaties het geval is. Er wordt zelfs gesproken van 'dubbele veiligheid'.

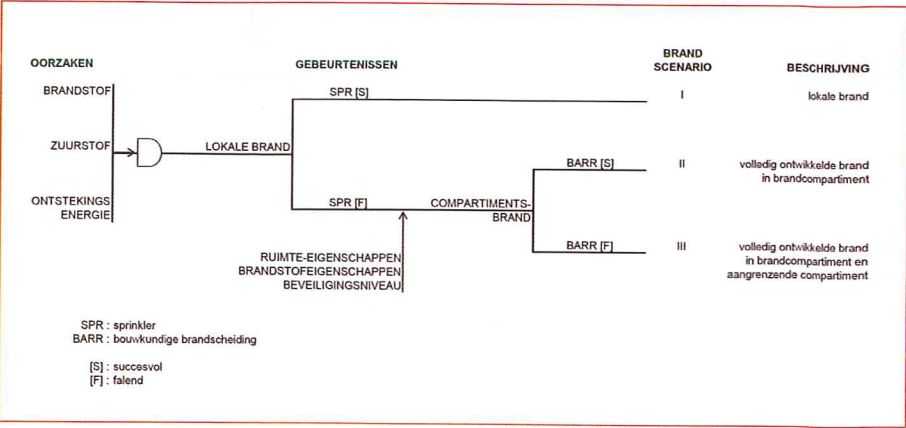
Al met al was dat reden voor SBR om de kritiek te onderzoeken en de richtlijn te herzien. Daarbij bestond de wens om dat niet op basis van prescriptieve eisen, maar op basis van prestatie-eisen met risicodoelen te doen. Door veiligheid in meetbare risicogrenswaarden uit te drukken kunnen brandveiligheidsvoorzieningen en gebouwontwerp optimaal op elkaar worden afgestemd (maatwerk).

VEILIGHEIDSDOELEN IN RISICOGRENSWAARDEN

Risico kan worden gedefinieerd als het product van de kans op het optreden van een incident en het effect dat hiervan het gevolg is. Door dat voor alle scenario's waarin dat incident optreedt te doen kan het totale risico bepaald worden en getoetst worden aan een grenswaarde

Risico-subsysteem	Formulering risicodoel
Draagstructuur (hoofddraagconstructie)	Toelaatbare kans op bezwijken onder brandcondities
Compartimentering	Toelaatbare kans op bezwijken onder brandcondities, onderscheid in mechanisch bezwijken en thermisch bezwijken
Vluchtroutes (brand en rookvrij)	Toelaatbare kans op onbruikbaar worden onder brandcondities gedurende de vluchttijd
Aanvalsroutes	Toelaatbare kans op onbruikbaar worden onder brandcondities gedurende de inzet van hulpverleners

Tabel 1. Risico-subsystemen.



Figuur 2. Eenvoudig voorbeeld van mogelijke incidenten bij een brandbeheersingssysteem bestaande uit sprinklers (SPR) en bouwkundige scheidingen (BARR) (bewerkt naar IFEF, 2005).

(toelaatbaar risico):

$$\Sigma (\text{kans} \times \text{effect}) \leq \text{toelaatbaar risico}$$

Het kenmerk van een risicobenadering is een risico-analyse van min of meer waarschijnlijke scenario's. Deze scenario's bestaan uit een aaneenschakeling van oorzaken en gebeurtenissen. Figuur 2 geeft een eenvoudig voorbeeld van het optreden van brand in een gesprinklerd compartiment en de eventuele ontwikkeling tot een compartimentsbrand of erger. Elke oorzaak en elke gebeurtenis heeft een eigen kans van optreden, zodat ook voor de drie scenario's de optredende kansen toegekend kunnen worden. Wanneer daarnaast het effect van elk scenario bekend is kan het totale risico berekend worden. Dit risico moet getoetst worden aan de risicogrenswaarde.

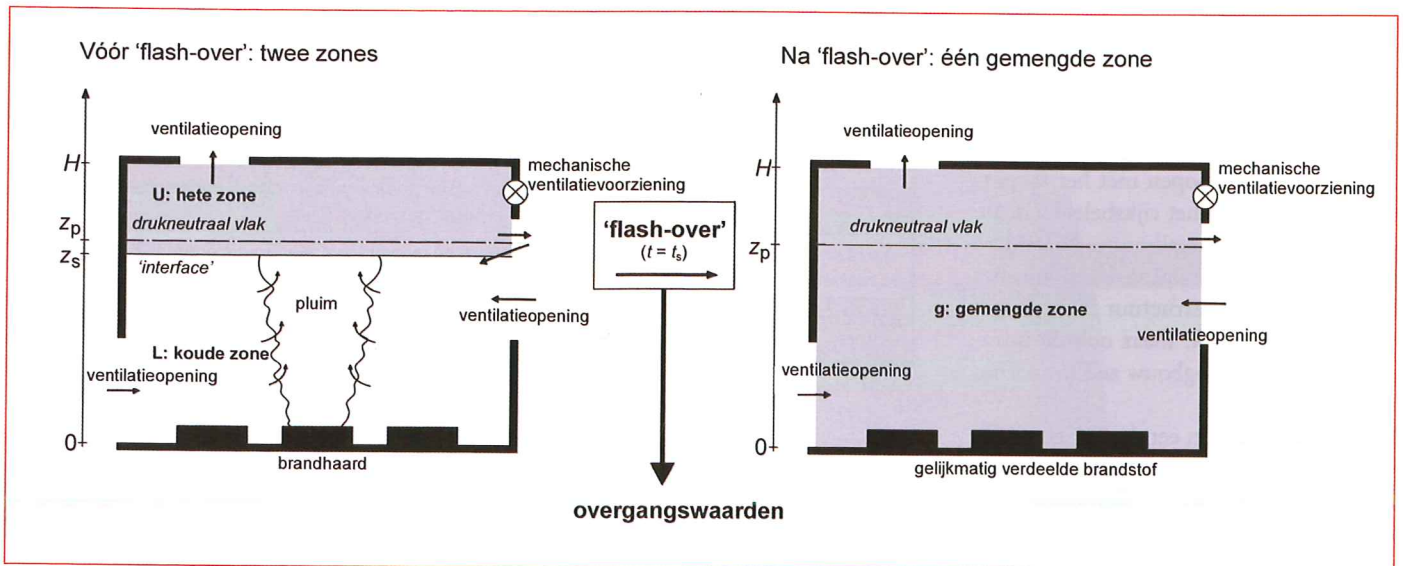
In tegenstelling tot een deterministische benadering, die zich beperkt tot effectbeheersing, maakt een probabilistische benadering een eenduidige toetsing van het veiligheidsniveau mogelijk. Het probleem daarbij is nu wel dat het per definitie onmogelijk is om met een probabilistische benadering een aan het Bouwbesluit gelijkwaardig veiligheidsniveau te definiëren. Daarvoor is een nieuwe definitie van veiligheid noodzakelijk, waarin risicodoelen

worden vastgelegd in bijvoorbeeld (lethale) slachtoffers (veiligheidsgrenswaarde) of kosten (schadegrenswaarde). Veiligheidsrisico's zouden zo in plaatsgebonden risico's of groepsrisico's gedefinieerd kunnen worden. Onderscheid naar gebouwgebruikers, hulpverleners en gebruikers of bewoners in de omgeving is daarbij mogelijk. De wetgever heeft vooralsnog dergelijke risicodoelen niet vastgesteld. In Fire Safety Engineering wordt daarom vaak gebruikgemaakt van risico-subsystemen met eigen risicodoelen. Wanneer de risico-subsystemen zodanig gekozen worden dat er een verband is met groepen van eisen uit de publiekrechtelijke regelgeving (afdelingen in hoofdstuk 2 van het Bouwbesluit), kunnen ook risicodoelen per subsysteem geformuleerd worden, zie tabel 1.

De toelaatbare kans op het maatgevende effect kan in principe worden bepaald door referentiesituaties, die voldoen aan de publiekrechtelijke regelgeving, aan een risicobenadering te onderwerpen.

THERMISCHE BELASTING EN RESPONS VAN CONSTRUCTIES

Wanneer veiligheid in termen van toelaatbaar risico wordt vastgelegd, kan niet worden uitgegaan van standaard brandkrommen voor de temperatuurontwikkeling in



Figuur 3. Zowel een twee-zonemodel (links) als een gemengde zonemodel (rechts) maken onderdeel uit van het fysisch brandmodel (vertikale doorsnede van de brandruimte).

een brandruimte. Immers, de risicobepaling maakt onderdeel uit van een projectspecifieke beschouwing. Er moet dus ook projectspecifiek gerekend worden ten aanzien van brandontwikkeling en uitbreiding.

Het fysisch brandmodel, op basis van een natuurlijk brandconcept, zoals dat in de ontwerp-NEN 6055 is beschreven, maakt dat mogelijk. Daarin spelen de volgende grootheden een rol:

- hoeveelheid en aard van de brandstof (vuurlast, referentie vermogensdichtheid en tijdconstante);
- afmetingen en geometrie van de brandruimte;
- materialisering van de brandruimte;
- openingen in de scheidingsconstructie van de brandruimte.

Bij een lokale brand zal in het algemeen een twee-zonemodel optreden, een gestratificeerde situatie van een hete zone boven een koude zone. De verbrandingsgassen stromen vanaf de brandhaard via een pluim in de hete zone. Door opmenging of flash-over gaat dit na verloop van tijd over in een gemengde zone.

Wanneer de brandstof opraakt treedt de dooffase in. Het brandvermogen neemt dan af tot nul. Dit bepaalt de totale brandduur en daarmee de totale thermische belasting op mens en constructie in de brandruimte. Vervolgens moet de thermische en mechanische respons van constructies, onderverdeeld naar de verschillende risico-subsystemen, worden bepaald. Daarmee kan worden gecontroleerd of falen van de constructies met voldoende zekerheid kan worden voorkomen. Het gaat daarbij zowel om thermisch falen

'In tegenstelling tot een deterministische benadering, die zich beperkt tot effectbeheersing, maakt een probabilistische benadering een eenduidige toetsing van het veiligheidsniveau mogelijk'

(met name voor scheidingsconstructies), als mechanisch falen (met name voor draagconstructies).

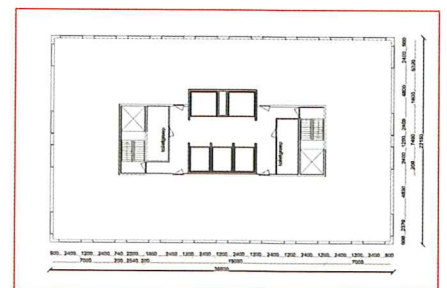
Het natuurlijk brandconcept gaat uit van een brandverloop waarin niet wordt ingegrepen. Echter, met brandbeveiligingsinstallaties en organisatie van de hulpverlening kan worden ingegrepen op dit natuurlijk brandconcept. Feitelijk is daardoor een groot aantal scenario's denkbaar, elk met hun eigen waarschijnlijkheid. In plaats van alle denkbare scenario's te beschouwen wordt een risicofactor (vermenigvuldigingsfactor) op het brandvermogen toegepast. Deze methodiek is beschreven in Eurocode 0 (NEN-EN 1990+NB) en voor de draagstructuur toegepast in Eurocode 1 (NEN-EN 1991-1-2+NB). De methodiek kan ook voor de andere risico-subsystemen worden toegepast, al zullen de risicofactoren daarvoor verschillen van de risicofactoren die in Eurocode 1 zijn vastgelegd. In het achtergronddocument voor de herziening van de SBR-praktijkrichtlijn brandveiligheid in hoge gebouwen is hiervoor een aanzet gegeven in hoogbouwsituaties (Van Herpen, 2010).

CASUS: HOOGBOUW MET KANTOORFUNCTIE

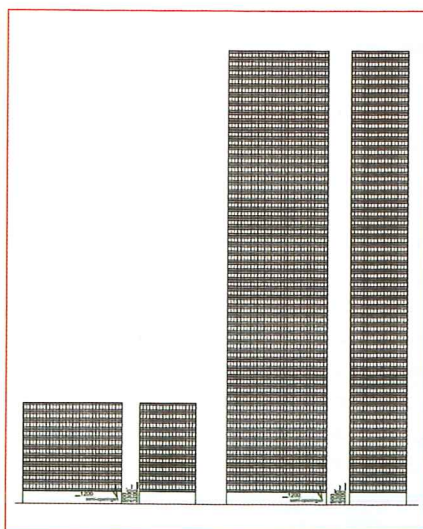
Het fysisch brandmodel is met de risicobepaling zoals in dit artikel beschreven toegepast op een aantal hoogbouwcasussen. Ter illustratie wordt hier een hoogbouw van vijftig verdiepingen met een kantoorfunctie uitgelicht. De lay-out hiervan is weergegeven in figuur 4.

De permanente vuurbelasting is in deze casus besteld op 250 MJ/m^2 . Voor de variabele vuurbelasting, de referentie vermogensdichtheid en de tijdconstante voor branduitbreiding zijn de karakteristieke waarden uit NEN-EN 1991-1-2/NB aangehouden. Als referentiecasus is een gebouw met dezelfde gebruiksfunctie en lay-out aangehouden, maar dan met een hoogte van tien verdiepingen in plaats van vijftig verdiepingen, zie figuur 5.

De vergelijking met de referentiecasus is nodig om het voorzieningenniveau dat volgens de publiekrechtelijke regelgeving



Figuur 4. Lay-out van de kantoorfunctie (verdieping). Elke verdieping is een brandcompartiment. De kern ligt als brand- en rookvrije vluchtroute buiten het brandcompartiment.



Figuur 5. Gevelaanzichten van de referentiecaser (tien verdiepingen) en de hoogbouwcasus (vijftig verdiepingen).

hier noodzakelijk is, te kunnen extrapoleren naar de hoogbouwcasus, met gelijk risicoprofiel voor alle risico-subsystemen. Dat zal leiden tot een hoger voorzieningenniveau.

Het brandvermogensscenario volgens het natuurlijk brandconcept, dat de basis vormt voor de risicobenadering, is weergegeven in figuur 6. Hierin blijkt duidelijk het onderscheid tussen de lokale brand in de ontwikkelfase en de compartimentsbrand na flash-over. Flash-over voor het totale brandcompartiment (kantoorverdieping) treedt op na ongeveer 48 minuten, gerekend vanaf het ontstaan van de brand.

Voor de hoogbouwcasus wordt uitgegaan van hetzelfde installatietechnische beveiligingsniveau als voor de referentiecaser, met als toevoeging een sprinklerinstallatie. Omdat het niet mogelijk is om de hoogbouwcasus voldoende snel te ontruimen wordt van een langere ontruimingstijd uitgegaan, met dientengevolge een hoger beveiligingsniveau van de vluchten en aanvalsroutes (onder andere een overdrukinstallatie).

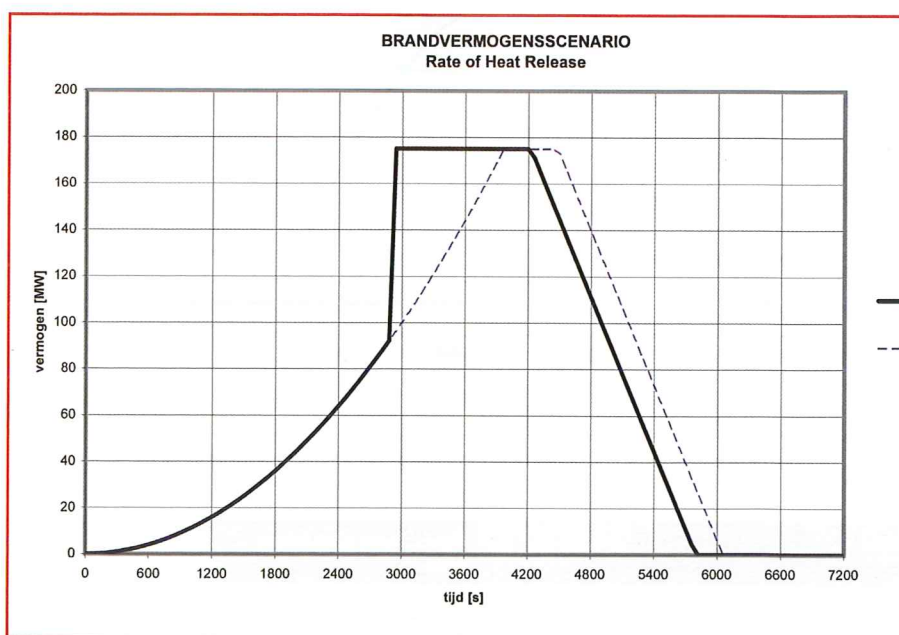
De vermenigvuldigingsfactoren op het ontstaan van een brand en de uitgroei tot een volledig ontwikkelde compartimentsbrand zijn weergegeven in tabel 2. Als gevolgklasse wordt, conform NEN-EN 1990+NB voor gebouwen standaard uitgegaan van CC2. Daar waar het risico-systeem het totale gebouw omvat is voor de hoogbouwcasus uitgegaan van gevolgklasse CC3. Daarnaast is in de hoogbouwcasus de effectiviteit van het brandweeroptreden aanzienlijk lager dan in de referentiecaser. De reden daarvoor is dat vluchtroutes in hoogbouw minder snel

Doel	Situatie	Vermenigvuldigingsfactor kans op compartimentsbrand							
		gevolgklasse	oppervlakte	activering	brandweer	autom. detectie	doormelding	sprinkler	totaal
1 (HDC)	Referentie	CC2: 1	264	1	0,1	-	0,25	-	6,6
	Hoogbouw	CC3: 10	1224	1	0,5	-		0,01	61,2
2 (comp)	Referentie	CC2: 1	24	1	0,1	-	0,25	-	0,6
	Hoogbouw	CC2: 1	24	1	0,5	-		0,01	0,12
3 (routes)	Referentie	CC2: 1	264 / 2	1	0,1	-	0,25	-	3,3
	Hoogbouw	CC3: 10	1224 / 2	1	0,5	-		0,01	30,6

Tabel 2. Kansvermenigvuldigingsfactoren voor de verschillende veiligheidsdoelen

	Situatie	Vermenigvuldigingsfactor kans	Risicofactor brandvermogen
1 (HDC)	Referentie	6,6	1,43
	Hoogbouw	61,2	1,82
2 (comp)	Referentie	0,6	1,01
	Hoogbouw	0,12	0,54
3 (routes)	Referentie	3,3	1,32
	Hoogbouw	30,6	1,69

Tabel 3. Risicofactoren voor verschillende veiligheidsdoelen (conform NEN-EN 1991-1-2/NB)



Figuur 6. Het brandvermogensscenario volgens het natuurlijk brandconcept voor een kantoorverdieping (zowel voor de referentiecaser als de hoogbouwcasus).

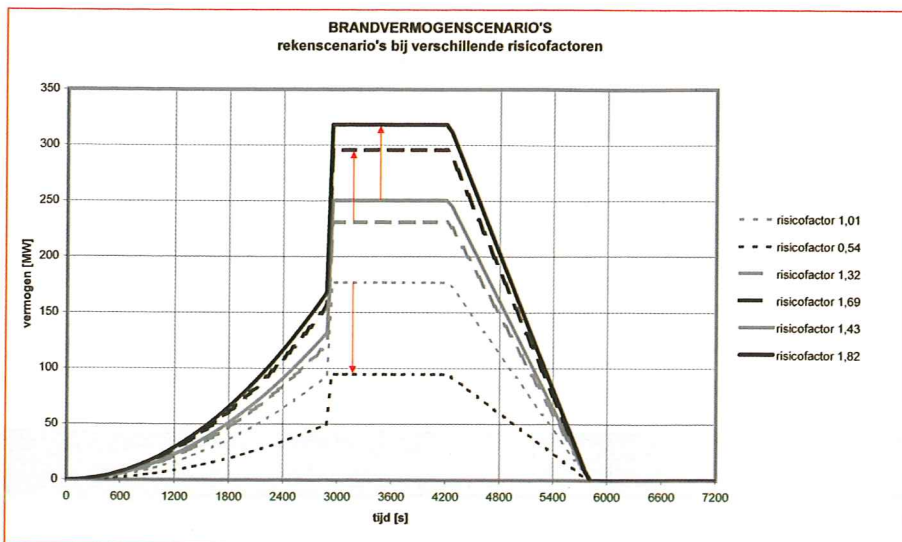
beschikbaar zijn als aanvalsroutes. Ook de doormelding heeft daarom in de hoogbouwssituatie geen effect op het brandscenario (Van Herpen, 2010).

De brandvermogensscenario's die met de verschillende risicofactoren van tabel 3 verkregen worden zijn weergegeven in figuur 7.

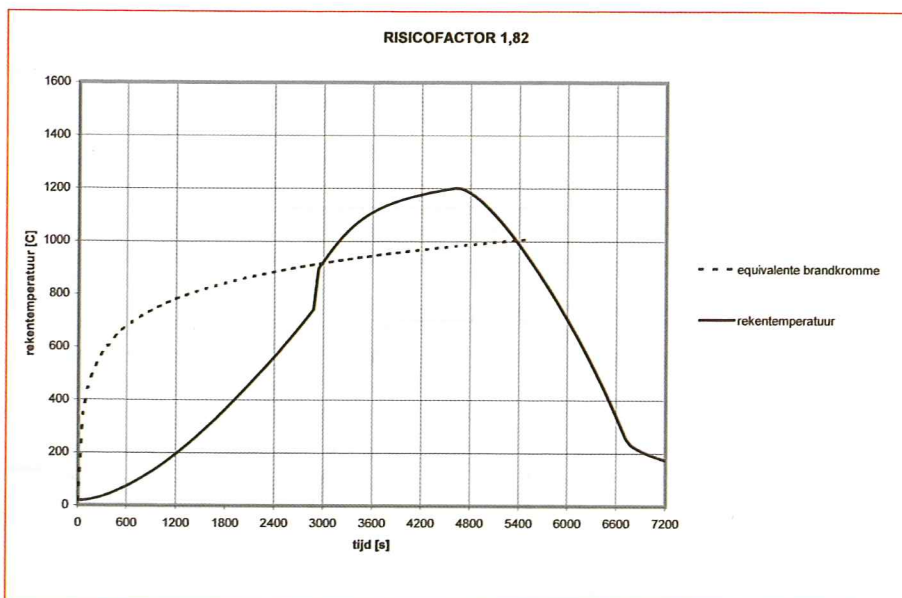
De brandscenario's van figuur 7 worden vervolgens als randvoorwaarden opgelegd in het fysisch brandmodel. Hieruit volgen de gastemperaturen in de brandruimte.

De gastemperaturen in de brandruimte vormen de thermische belasting voor de draagconstructie, brandcompartimentering en de vlucht- en aanvalsroutes. Figuur 8 geeft als voorbeeld de thermische belasting op de hoofdconstructie in de brandruimte voor de hoogbouwcasus (risicofactor 1,82).

De resultaten worden vertaald naar een equivalente brandduur. De equivalente brandduur is gedefinieerd als de brandduur volgens de standaard brandkromme met dezelfde gecumuleerde energie-



Figuur 7. Brandvermogensscenario's na toepassing van de risicofactoren voor de verschillende risico-subsystemen (referentiecasis: grijze lijnen; hoogbouwcasus: zwarte lijnen).



Figuur 8. Thermische belasting op de hoofdconstructie van de hoogbouwcasus (risicofactor op het brandvermogen: 1,82).

Doel	Situatie	Equivalente brandduur [min.]	Eis conform Bouwbesluit [min.]
1 (hoofddraagconstructie)	Referentie	75	60 (R)
	Hoogbouw	91	
2 (compartimentering)	Referentie	65	60 (EIW)
	Hoogbouw	50	
3 (vlucht- en aanvalsroutes)	Referentie	71	60 (EIW)
	Hoogbouw	86	

Tabel 4. Resultaat in equivalente brandduur volgens de standaard brandkromme.

inhoud als de reketemperatuur gedurende het totale brandscenario. De equivalente brandduren voor de verschillende risico-subsystemen zijn voor zowel de referentiecasis als de hoogbouwcasus samengevat in tabel 4.

CONCLUSIE

De rekenresultaten van de casusstudie

geven aan dat, ondanks de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie in de hoogbouwcasus ten opzichte van de referentiecasis, er hogere eisen noodzakelijk zijn aan de brandwerendheid van de hoofdconstructie en de bescherming van vlucht- en aanvalsroutes. Alleen de eis aan de brandcompartimentering (en dus ook het brandoverslagrisico via de gevel) valt

dankzij de sprinklerinstallatie in de hoogbouwcasus lager uit.

Het zal duidelijk zijn dat door de toepassing van het fysisch brandmodel en de risicobenadering een maatwerkoplossing gecreëerd is. Het veiligheidsniveau is optimaal afgestemd op het gebouw, het gebruik en de installatietechnische beveiliging. Bij andere hoogbouwcasussen kan dus een ander voorzieningenniveau noodzakelijk zijn. Dit hangt af van het aantal verdiepingen, de lay-out van de plattegrond, de gevelinvulling, de installatietechnische beveiliging, de gebruiksfunctie, et cetera.

De SBR-praktijkrichtlijn Brandveiligheid in hoge gebouwen wordt aangepast op basis van de hier gepresenteerde aanpak. Uiteraard dringt de vraag zich op of het mogelijk is om maatwerkoplossingen in een richtlijn onder te brengen. Voor wat betreft de aanpak is dat zeker mogelijk. Voor wat betreft de maatregelpakketten kan dat alleen binnen strikte randvoorwaarden met een duidelijk afgebakend toepassingsgebied.

LITERATUUR

- Zandbelt, D., R. van den Berg (2008): Hoogbouw - een studie naar Nederlandse hoogbouwcultuur, Stichting Hoogbouw, Rotterdam
- Veek, J.H. van der, K.M. Horsley (2005): Brandveiligheid in hoge gebouwen - praktijkrichtlijn, Stichting Bouw-Research SBR, Rotterdam
- IFEG (2005): International Fire Engineering Guidelines, International Code Council ICC, USA
- Herpen, R.A.P. van, M.S. Drost-Hofman (2010): Herziening praktijkrichtlijn brandveiligheid in hoge gebouwen - achtergronddocument, Adviesburo Nieman BV, Zwolle
- Herpen, R.A.P. van (2010): Herziening praktijkrichtlijn brandveiligheid in hoge gebouwen - casusstudie kantoorfunctie, Adviesburo Nieman BV, Zwolle



Ir. Ruud van Herpen is technisch directeur bij Adviesburo Nieman BV.
Internet: www.nieman.nl.