



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Toolbox

brandweerinzet

Consequenties per gebouwtype voor opkomsttijden en brandweerinzet

Toolbox brandweerinzet

Consequenties per gebouwtype voor opkomsttijden en brandweerinzet

In opdracht van:

Veiligheidsregio Noord-Holland Noord
Postbus 416
1800 AK ALKMAAR
072 56 75 010

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038 - 467 00 30
 zwolle@nieman.nl
 www.nieman.nl

Uitgevoerd door: ir. Ruud van Herpen FIFireE
 ing. Lieuwe de Witte

Referentie: Wn140848aaA0.rhe
Status: definitief
Datum: 20 april 2015

Samenvatting

In het Besluit Veiligheidsregio's worden eisen gesteld aan de opkomsttijd van de brandweer in geval van brand in een gebouw, afhankelijk van de gebruiksfunctie van dat gebouw. Echter, de brandweerinzet bij branden in inrichtingen, bouwwerken en gebouwen wordt door meer dan alleen de opkomsttijd bepaald. De omvang van de brand, de beschikbare watercapaciteit, de omgevingscondities en de condities van het bouwwerk waarin de brand woedt bepalen samen de inzetmogelijkheden van de brandweer op het moment dat zij operationeel is. De onderlinge verbanden moeten duidelijk zijn voordat een risico-afweging gemaakt kan worden.

Momenteel zijn daarvoor geen tools voor handen en is een risico-afweging niet mogelijk. Er is daarom behoefte aan een uniforme toolbox voor risicobeheersing van branden in inrichtingen, bouwwerken en gebouwen, gerelateerd aan brandweerinzet. In opdracht van de Veiligheidsregio Noord-Holland Noord heeft aan Nieman Raadgevende Ingenieurs een toolbox voor brandweerinzet ontwikkeld. De toolbox houdt rekening met het type object, de gebruiksfunctie en de inzetstrategie volgens het kwadrantenmodel. Hieruit kunnen per object de consequenties voor de opkomsttijden van de brandweer bepaald worden.

Het algemene beeld dat hieruit volgt is dat de brandweer slechts zeer beperkt evacuatie-ondersteuning kan bieden. Voor veel gebouwen zal een defensieve buiteninzet aan de orde zijn. Bij meercompartimentsgebouwen waarin brandscheidingen voldoende betrouwbaar zijn (Bouwbesluit 2012, niveau bestaande bouw) zal dat verschuiven naar een defensieve binneninzet. Een offensieve binneninzet is alleen bij bijzondere preventieve maatregelen zoals een automatische blusinstallatie mogelijk.

Zwolle, 20 april 2015

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.



Ir. Ruud van Herpen FIFireE

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding	3	
1.1	Probleemstelling	3
1.2	Publieke veiligheidsdoelen	3
1.3	Doelstelling	5
Hoofdstuk 2 Doelen en risico's bij brand	6	
2.1	De veiligheidsketen	6
2.2	Natuurlijk brandconcept	6
2.3	Repressief optreden volgens het kwadrantenmodel	8
2.4	Veiligheidsdoelen en faalrisico's	9
2.5	Cascademodel: AST en RST	10
Hoofdstuk 3 AST volgens het natuurlijk brandconcept	14	
3.1	Randvoorwaarden en uitgangspunten	14
3.1.1	<i>Maatgevende kenmerken</i>	14
3.1.2	<i>Overige kenmerken</i>	15
3.2	Toetscriteria	16
3.3	Resultaten	17
Hoofdstuk 4 RST voor brandweerinzet	20	
4.1	Randvoorwaarden en uitgangspunten	20
4.2	Toetscriteria	23
4.3	Resultaten	24
Hoofdstuk 5 Evaluatie	26	
5.1	Vergelijking van AST en RST	26
5.2	Consequenties voor gebouwgebruikers	27
5.3	Consequenties voor brandweerinzet en opkomsttijden	27
5.4	Aanvullende condities voor brandweerinzet	28
Hoofdstuk 6 Conclusie	30	
6.1	Algemeen	30
6.2	Toolbox voor maatwerk	31
Bibliografie	32	



Bijlagen:

1. Doelen en regels voor brandveiligheid
2. Flashover matrix voor bepaling van AST
3. Normatieve operationele tijden voor bepaling van RST

Losse bijlage:

Spreadsheet toolbox brandweerinzet

Hoofdstuk 1 Inleiding

De Veiligheidsregio Noord-Holland Noord heeft aan Nieman Raadgevende Ingenieurs opdracht verleend om een toolbox voor brandweerinzet te ontwikkelen, waaruit de consequenties voor de opkomsttijden van de brandweer bepaald kunnen worden. In dit rapport zijn de resultaten weergegeven. Als basis voor de toolbox zijn het *Operationeel organisatieplan Noord-Holland Noord "Oranje 2013" (versie 0.4, 2013)* en de *Handreiking Beargumenteerd afwijken wettelijke opkomsttijden 1^e basisbrandweereenheid (versie 0.2, 2011)* gehanteerd.

1.1 Probleemstelling

In het Besluit Veiligheidsregio's worden eisen gesteld aan de opkomsttijd van de brandweer in geval van brand in een gebouw, afhankelijk van de gebruiksfunctie van dat gebouw. Echter, de brandweerinzet bij branden in inrichtingen, bouwwerken en gebouwen wordt door meer dan alleen de opkomsttijd bepaald. De omvang van de brand, de beschikbare watercapaciteit, de omgevingscondities en de condities van het bouwwerk waarin de brand woedt bepalen samen de inzetmogelijkheden van de brandweer op het moment dat zij operationeel is. De onderlinge verbanden moeten duidelijk zijn voordat een risico-afweging gemaakt kan worden.

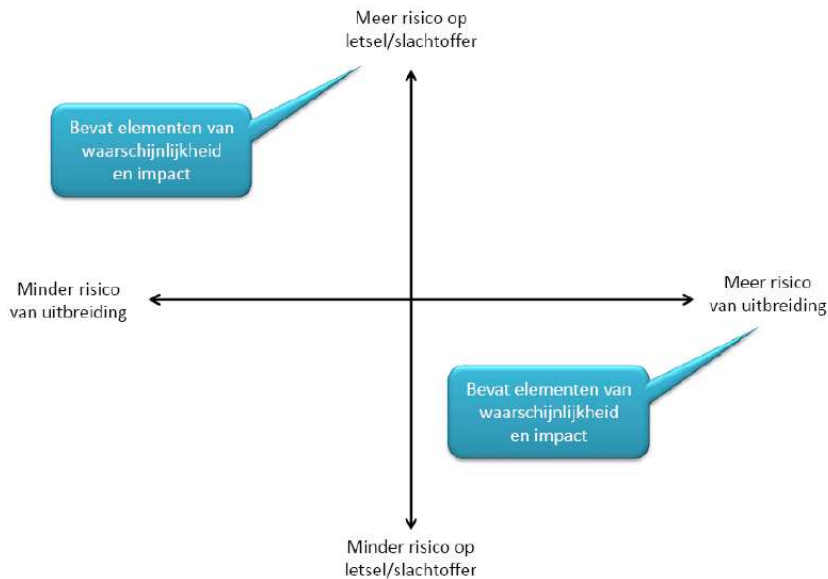
Momenteel zijn daarvoor geen tools voor handen en is een risico-afweging niet mogelijk. Er is daarom behoefte aan een uniforme toolbox voor risicobeheersing van branden in inrichtingen, bouwwerken en gebouwen, gerelateerd aan brandweerinzet.

1.2 Publieke veiligheidsdoelen

Brandveiligheid van bouwwerken en gebouwen is wettelijk verankerd in de Woningwet. Het Bouwbesluit geeft als AMvB (Algemene Maatregel van Bestuur) onder de Woningwet een meer concrete invulling hieraan. Die bovenliggende doelen van die concrete invulling zijn volgens de Nota van Toelichting bij het Bouwbesluit:

- Persoonlijke veiligheid (gebouwgebruikers, hulpverleners, omstanders)
- Schadebeperking aan derden (buurpercelen)

Figuur 1.1 geeft de bovenstaande hoofddoelen weer in een risicovlak.



Figuur 1.1 De dominante dimensies van risico bij brand

Het kenmerk van het Bouwbesluit is dat de voorschriften dienen voor beheersing van het (maximale) effect van een brand. Kansen van incidenten en kansen van effecten worden niet beschouwd. De regels zijn daarnaast concreet, voor elke afzonderlijke grootheid is er een eigen grenswaarde zonder de onderlinge verbanden tussen die grootheden te beschouwen. De bouwregelgeving in Nederland is daarmee prescriptief van aard.

Zo is het onderdeel vluchtveiligheid uitgesplitst in afzonderlijke eisen ten aanzien van loopafstanden, uitgangen, instandhouding vluchtroute, redundante vluchtroute, capaciteit, inrichting en afwerking van de vluchtroute. Echter, de vluchtveiligheid hangt niet af van die afzonderlijke eisen, maar van de onderlinge samenhang, beschouwd in combinatie met brand- en rookuitbreiding. Vluchtveiligheid hangt dus af van projectspecifieke kenmerken.

Wat voor veilig vluchten geldt is ook aan de orde bij de andere subdoelen van het Bouwbesluit. Het Bouwbesluit streeft impliciet de volgende subdoelen na, die gezamenlijk invulling geven aan de eerder genoemde doelen van de Woningwet. Het gaat om de volgende subdoelen:

- Veilige omgeving (geen overslag van brand naar buurpercelen)
- Veilig gebouw (geen bezwijken van de draagstructuur van het gebouw)
- Veilige compartimenten (beperken van het uitbreidingsgebied van brand en rook)
- Veilige vluchtroute (extra beschermde vluchtroute)
- Veilige aanvalsroute (extra beschermde vluchtroute)

Voor alle subdoelen van het Bouwbesluit is de compartimentsbrand het uitgangspunt, het maatgevende incident dus. Figuur 1.2 geeft een voorbeeld van een compartimentsbrand in een woonfunctie. Vaak zijn uitslaande vlammen het gevolg van een compartimentsbrand, zeker wanneer die brand zuurstofbeheerst (ventilatiebeheerst) is.



Figuur 1.2 Compartimentsbrand in een woonfunctie. De compartimentsbrand kan als uitgangspunt van de publiekrechtelijke regelgeving gezien worden

Het voordeel van het formuleren van brandveiligheid in (sub)doelen in plaats van in voorschriften is dat maatwerkoplossingen mogelijk zijn. Dat houdt een projectspecifieke benadering in, waarin de verschillende doelen op acceptabele faalrisico's of faalkansen worden getoetst.

Een dergelijke projectspecifieke aanpak, in dit geval misschien beter uit te drukken als *objectspecifieke aanpak*, kan ook soelaas bieden voor risicobeheersing van branden in inrichtingen, bouwwerken en gebouwen, gerelateerd aan brandweerinzet.

1.3 Doelstelling

Het doel van de toolbox brandweerinzet is om op een gestructureerde wijze met behulp van een aantal eenvoudige tools een risico-afweging te maken voor repressieve brandweerinzet, op basis van brandstofkenmerken en bouwkundige kenmerken, rekening houdend met het tijdsverloop dat nodig is om water op het vuur te brengen.

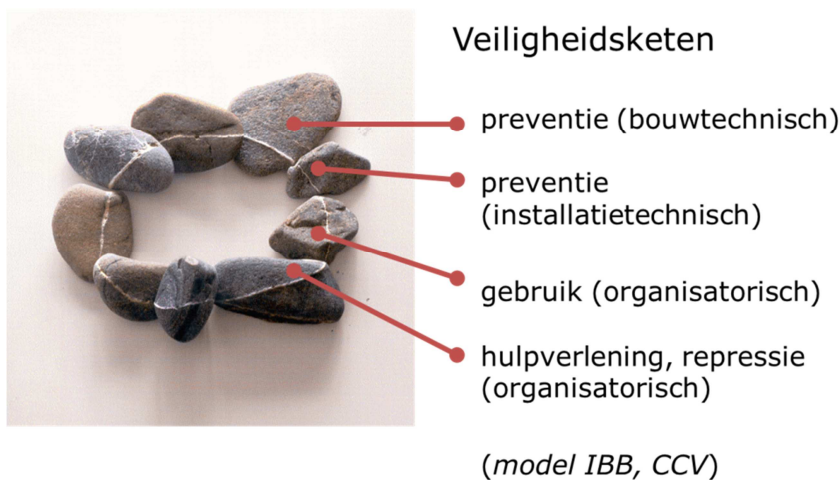
Daarmee kunnen de consequenties van realistische opkomsttijden worden vergeleken met normatieve opkomsttijden.

Hoofdstuk 2 Doelen en risico's bij brand

2.1 De veiligheidsketen

Preventieve voorzieningen ten aanzien van brandveiligheid liggen onder andere vast in de Woningwet en de Wet Milieubeheer. In de daarbij behorende AMvB's (respectievelijk Bouwbesluit en Besluit Algemene Regels voor Inrichtingen Milieubeheer, ook wel Activiteitenbesluit) zijn daarvoor concrete voorschriften opgenomen.

Echter, brandveiligheid wordt niet alleen geborgd door preventieve voorschriften. Ook repressie is een belangrijke schakel in de veiligheidsketen. Bij zowel preventie als repressie kan het gaan om bouwkundige, installatietechnische en organisatorische maatregelen, conform het model IBB (Integrale brandveiligheid van bouwwerken) van het CCV.



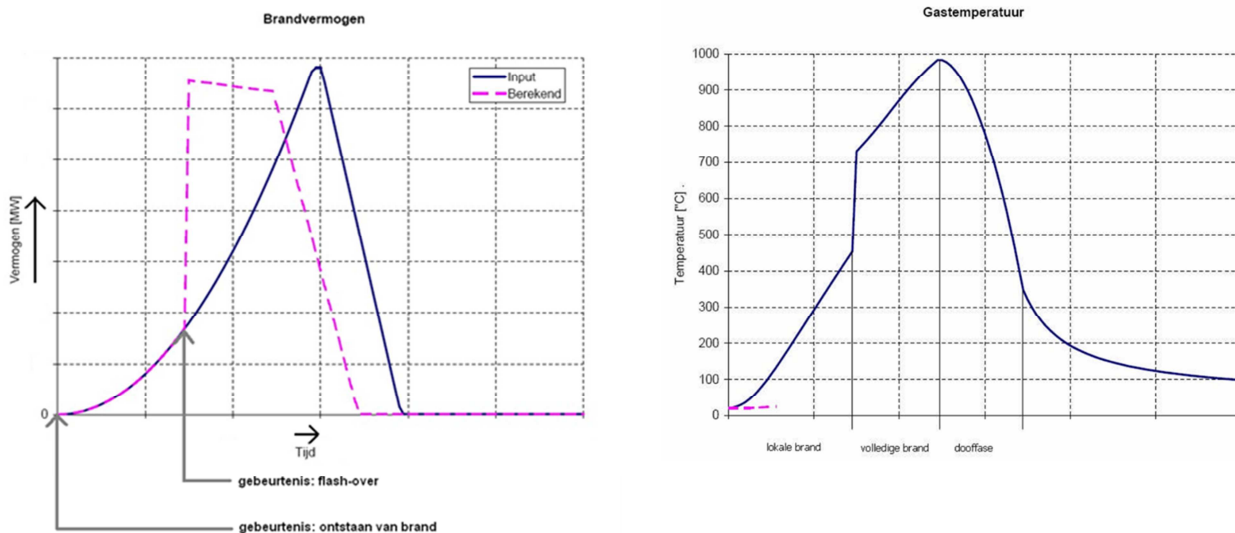
Figuur 2.1 De veiligheidsketen, in dit geval zijn de preventieve en repressieve voorzieningen benoemd.

2.2 Natuurlijk brandconcept

NEN 6055 geeft een bepalingsmethode voor de thermische belasting op personen en constructies op basis van het natuurlijk brandconcept. Dit maakt het mogelijk om de temperatuur- en rookontwikkeling in een brandruimte te berekenen aan de hand van het brandvermogensscenario. Dit brandvermogensscenario wordt bepaald door brandstofeigenschappen enerzijds en gebouweigenschappen anderzijds. Door deze projectspecifieke kenmerken zal de temperatuur- en rookontwikkeling ook projectspecifiek zijn; de resultaten verschillen per project.

De term 'natuurlijk brandconcept' houdt een realistisch brandscenario in een gebouw in, vanaf het ontstaan van brand tot en met de dooffase van die brand. Actief ingrijpen in het brandscenario is in het natuurlijk brandconcept niet voorzien, maar kan relatief eenvoudig worden opgenomen wanneer de invloed van dat ingrijpen op het brandvermogen bekend is.

Het natuurlijk brandconcept leidt tot een meer realistische temperatuurontwikkeling van een gegeven brand in een gegeven brandruimte dan de voorgedefinieerde temperatuurcurves, zoals de standaard brandkromme. Wanneer naast het brandvermogen ook de rookproductie bekend is (bijvoorbeeld door dit via het rookpotentieel te koppelen aan het brandvermogen) kan eveneens de optische dichtheid in de rook worden bepaald.



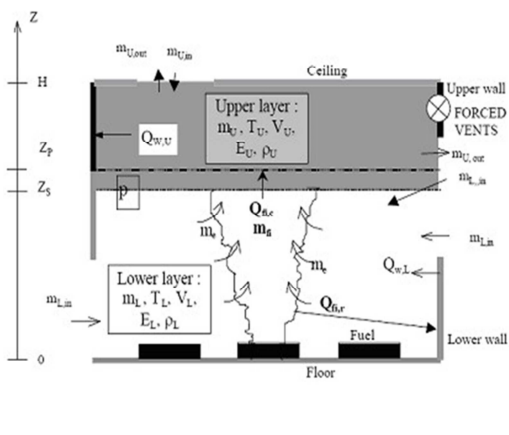
Figuur 2.2 Brandvermogensscenario (links) en het daaruit volgende temperatuurverloop in een brandruimte, bepaald op basis van project specifieke brandstofkenmerken en gebouwkenmerken volgens NEN 6055.

Kenmerkend voor het natuurlijk brandconcept is dat bij een lokale brand de brandruimte in eerste instantie grofweg in twee zones kan worden verdeeld: een hete (verontreinigde) zone bovenin de ruimte en een koude (schone) zone daaronder. Wanneer de brand verder ontwikkelt en de hete zone in temperatuur en massa verder wordt opgebouwd zal op een gegeven moment flashover optreden in de brandruimte. Dat houdt in dat alle aanwezige brandstof door straling vanaf de hete zone of convectieve (direct contact met de hete zone) gelijktijdig wordt ontstoken. De lokale brand wordt dan een compartimentsbrand. De consequentie hiervan is dat het twee-zone model overgaat in een gemengde zone model.

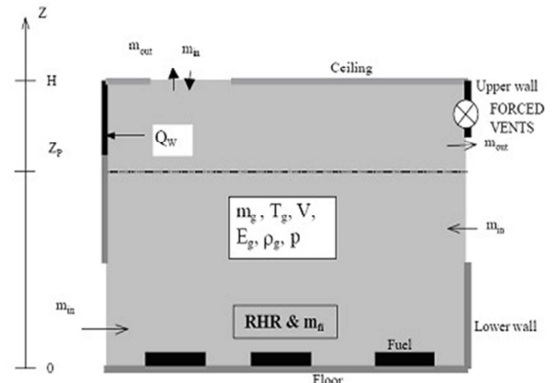
In de pre flashover fase zijn de thermische en optische effecten van een lokale brandstofbeheerste brand op de mens van belang en het lokale thermische effect op constructies. In de pre flashover fase is een repressieve inzet in de brandruimte onder bepaalde condities mogelijk.

In de post flashover fase zijn de thermische effecten van een (zuurstofbeheerste) compartimentsbrand op draag- en scheidingsconstructies van belang i.v.m. de veiligheid van de directe omgeving. Dit kunnen andere compartimenten of extra beschermde vluchtroutes binnen het eigen gebouw of het eigen perceel zijn, maar het kan ook gaan om andere gebouwen op buurpercelen. In de post flashover fase is een repressieve inzet in de brandruimte niet meer mogelijk.

Pre flashover: two zones



Post flashover: one mixed zone



flashover

Flashover conditions

Figuur 2.3 Doorsnede van de brandruimte in de pre flashover fase (links) en de post flashover fase (rechts).

2.3 Repressief optreden volgens het kwadrantenmodel

Brandweer Nederland heeft samen met het IFV (Instituut Fysieke Veiligheid) de brandweerdoctrine ontwikkeld.

Onderdeel van de brandweerdoctrine is de onderverdeling in vier aanvalstactieken, waartussen geschakeld kan worden:

- Defensieve buiteninzet
 - o Bestrijding branduitbreiding naar andere percelen (overslag)
 - o Beperking van effecten op milieu en maatschappij
- Offensieve buiteninzet
 - o Overlevingscondities in het compartiment verbeteren en een veilige betreding mogelijk maken
 - o Flashover en uitbreiding in het compartiment voorkomen
 - o Mogelijk maken van een offensieve of defensieve binneninzet
- Defensieve binneninzet
 - o Ontruiming en redding van aangrenzende compartimenten
 - o Bestrijding branduitbreiding naar buiten het compartiment
- Offensieve binneninzet
 - o Redding
 - o Bestrijding van brand binnen het (sub)brandcompartiment

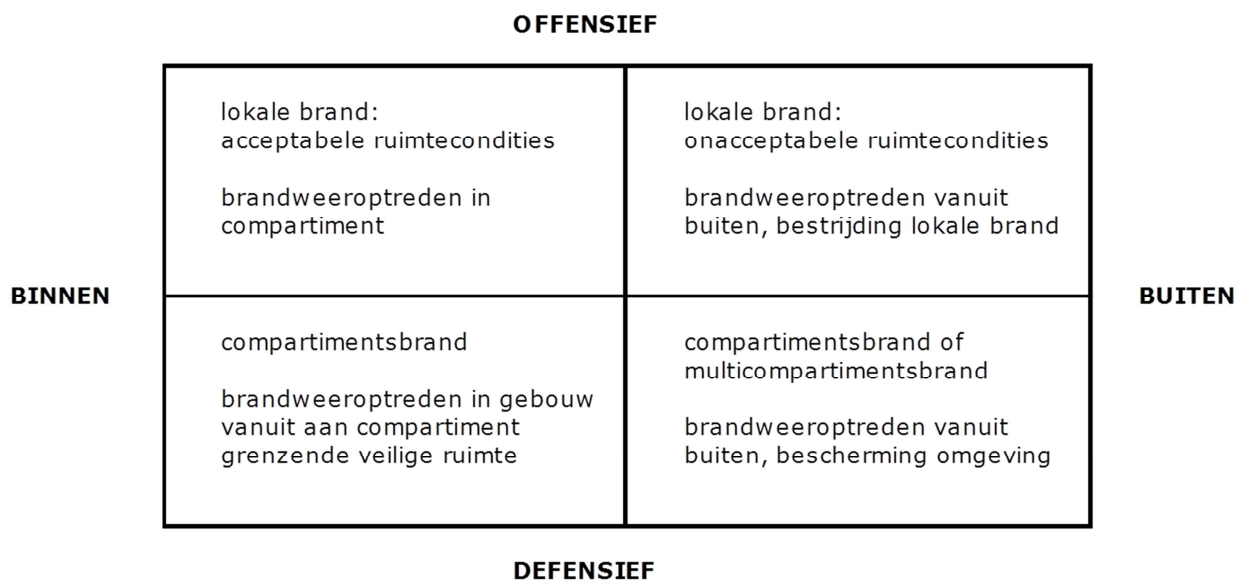
Onder een offensieve binneninzet wordt verstaan dat de brandweer voor brandrepressie het compartiment van de brand betreedt om de brand te blussen. Dat is alleen mogelijk bij een lokaal

brandscenario met acceptabele ruimtecondities. In de praktijk kan dat met een automatische blusinstallatie worden gewaarborgd. Echter, ook in grote compartimenten kan een offensieve binneninzet mogelijk zijn vanwege de grote buffercapaciteit in de rooklaag (hete zone), waardoor flashover wordt uitgesteld en de ruimtecondities voor mensen langer acceptabel blijven.

Onder een defensieve binneninzet wordt verstaan dat de brandweer wel het gebouw betreedt, maar niet het compartiment van de brand. In feite wordt vanuit de aangrenzende compartimenten de uitbreiding naar buiten het compartiment tegengegaan, bijvoorbeeld door de betreffende brandscheidingen (of de zwakke schakels hierin) te koelen. De defensieve inzet past het beste bij de preventieve voorschriften van de publiekrechtelijke regelgeving (Bouwbesluit), waarin de compartimentsbrand het uitgangspunt is.

Een offensieve buiteninzet is relatief nieuw. In dat geval wordt van buiten het gebouw met speciale hulpmiddelen de brand in het compartiment bestreden. Hiermee is nog weinig ervaring opgedaan. Bovendien bezit niet elk brandweerkorps over de juiste hulpmiddelen hiervoor.

Een defensieve buiteninzet komt neer op het gecontroleerd laten uitbranden of afbranden van het gebouw en daarbij de risico's voor de omgeving te beperken.



Figuur 2.4 Kwadrantenmodel voor brandweerinzet, schematisch weergegeven. Een defensieve binneninzet past het beste bij de uitgangspunten van het Bouwbesluit.

2.4 Veiligheidsdoelen en faalrisico's

In paragraaf 1.2 zijn de publieke veiligheidsdoelen beschreven. In aansluiting op het Bouwbesluit zijn de volgende functionele veiligheidsdoelen (risicosubsystemen) onderscheiden:

1. Voorkomen van branduitbreiding naar buurpercelen (in risicotermen: toelaatbaar falen van branduitbreiding naar buurpercelen).
2. Instandhouding bouwwerk of gebouw (in risicotermen: toelaatbaar falen van de draagstructuur).
3. Beperken uitbreidingsgebied van brand en rook (in risicotermen: toelaatbaar falen van de compartimentering).
4. Instandhouding vluchtroutes (in risicotermen: toelaatbaar falen van de vluchtroutes).
5. Instandhouding aanvalsroutes (in risicotermen: toelaatbaar falen van de aanvalsroutes).

Met deze veiligheidsdoelen kan invulling gegeven worden aan de hoofddoelen zoals vermeld in paragraaf 1.2.

Het eerste veiligheidsdoel geeft direct invulling aan het beperken van branduitbreiding naar eigendommen van derden. Beperking van schade aan de openbare ruimte of het milieu is in het Bouwbesluit 2012 niet expliciet aanwezig. Het gaat dus alleen om de buurpercelen. In het Bouwbesluit is dit geconcretiseerd in een weerstand tegen brandoverslag (WBO) naar een in de perceelgrens gespiegelde fictieve situatie.

Dat beperking van schade aan openbare ruimte en milieu niet in Bouwbesluit 2012 als doel is opgenomen, betekent niet dat er in het geheel geen voorzieningen hoeven worden opgenomen om die openbare ruimte te beschermen. Immers, de veiligheid van vlucht- en aanvalsroutes in die openbare ruimte (vierde en vijfde veiligheidsdoel) moet wel kunnen worden geborgd.

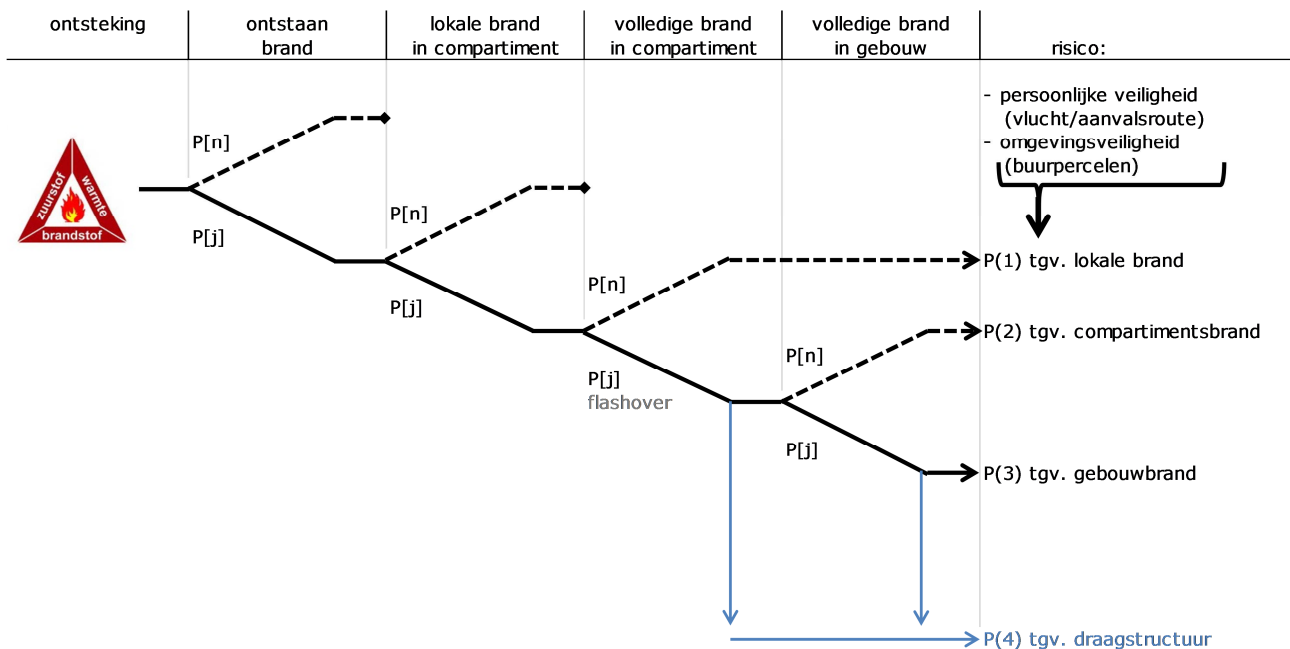
Het vijfde veiligheidsdoel is overigens niet expliciet benoemd in de regelgeving. Omdat voor hulpverlening in Nederland dezelfde routes worden gebruikt als voor vluchten vanuit het gebouw, kunnen het vierde en vijfde doel worden samengenomen. Deze veiligheidsdoelen geven direct invulling aan het beperken van slachtoffers onder zowel gebouwgebruikers als hulpverleners in geval van brand. Dit houdt in dat alle vluchtroutes tevens als aanvalsroutes dienst moeten kunnen doen.

De overige veiligheidsdoelen 2 en 3 kunnen worden gezien als extra lines of defense in het beperken van slachtoffers en branduitbreiding naar eigendommen van derden. Overigens kunnen deze veiligheidsdoelen ook goed worden ingezet voor privaatrechtelijke eisen aan schadebeperking, continuïteit, prestige, duurzaamheid en robuustheid.

2.5 Cascademodel: AST en RST

Het natuurlijk brandconcept laat twee belangrijke incidenten (risicomomenten ten). Het eerste incident is het ontstaan van een lokale brand die potentieel bedreigend kan zijn voor aanwezige personen en constructie-elementen. Het tweede incident is het optreden van flashover, gegeven de lokale brand. Na flashover zijn er geen overleefbare condities meer in de brandruimte en is de thermische belasting op constructies hoog.

Behalve deze twee incidenten die rechtstreeks passen in een natuurlijk brandconcept kunnen er nog meer stappen in branduitbreiding worden gedefinieerd. Dit is visueel weergegeven in het cascademodel van figuur 2.5.



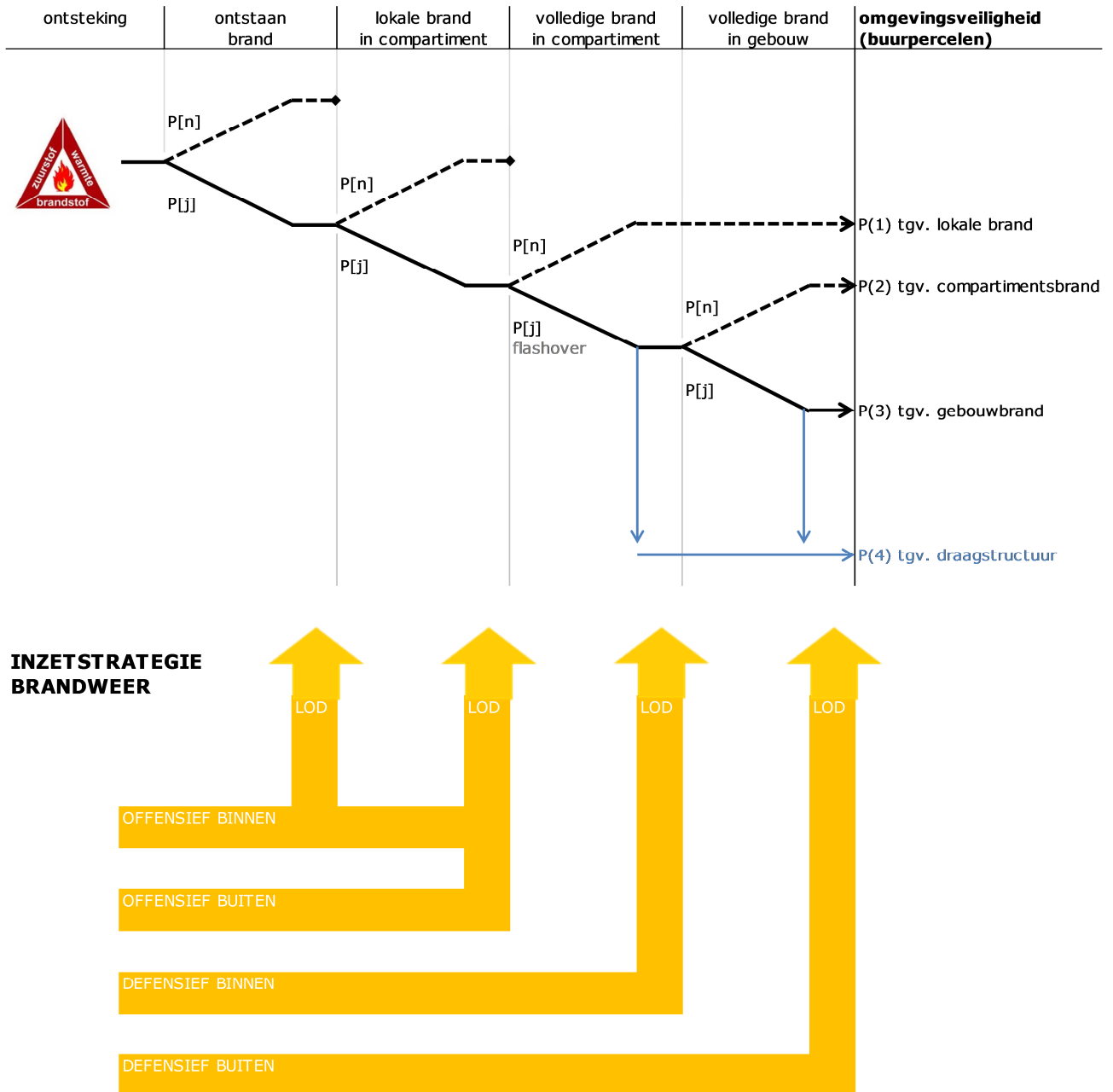
Figuur 2.5 Lines of defense in het branduitbreidingsproces, weergegeven in het cascademodel. De maatgevende line of defense die aansluit op de publiekrechtelijke voorschriften van het Bouwbesluit is de compartimentering (volledige brand in een compartiment).

De lines of defense in het cascademodel zijn bouwkundige scheidingen, al dan niet brandwerend. In het algemeen geldt dat een scheiding met een hoge brandwerendheid tevens een hoge mate van betrouwbaarheid heeft onder brandcondities. Hoe hoog de betrouwbaarheid precies is hangt af van de mate waarin de constructie de aangeboden energie kan bufferen zonder dat de scheidende of dragende functie in gevaar komt. Dat levert de beschikbare veilige tijdsduur op (AST: available safe time).

In de AST gaat het niet alleen om scheidingsconstructies als lines of defense in branduitbreiding. Ook draagconstructies vervullen hierin een rol. Het bezwijken van de draagstructuur van een gebouw betekent vrijwel altijd een branduitbreiding naar buiten het compartiment.

Tenslotte moet de AST worden vergeleken met de RST (required safe time), de tijd die benodigd is voor de persoonlijke veiligheid van gebouwgebruikers en hulpverleners (brandweer). Daarmee wordt het verband met repressie gelegd: bij elke cascade past een ander niveau van repressief optreden.

Uiteindelijk kan het cascademodel zo uitgebreid worden voor de twee hoofddoelen 'veiligheid omgeving' (figuur 2.6) en 'persoonlijke veiligheid' (figuur 2.7) met compartimentering en draagstructuur als lines of defense. Met de inzet van de brandweer kunnen die lines of defense worden versterkt en de brand worden geblust, waarbij de inzetstrategie zodanig wordt gekozen dat de persoonlijke veiligheid van de hulpverleners niet in het geding komt.

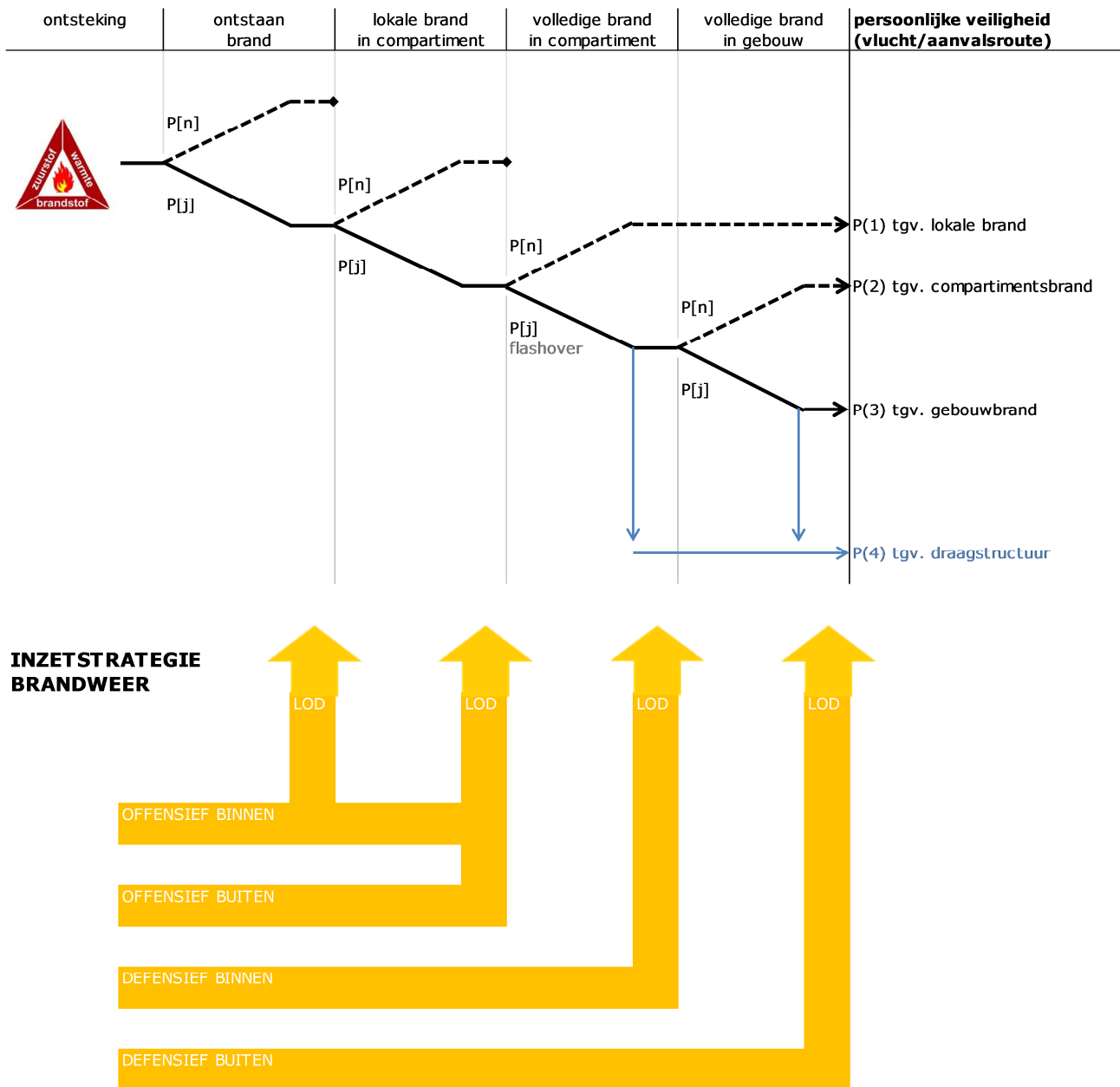


Figuur 2.6 Inzetstrategie van de brandweer, afgestemd op de lines of defense m.b.t. omgevingsveiligheid (branduitbreidingsrisico naar buurpercelen)

Figuren 2.6 en 2.7 laten zien dat een offensieve binneninzet alleen in bijzondere gevallen mogelijk is. De brand moet in elk geval lokaal zijn en gecontroleerd kunnen worden door één TAS bemanning. In gesprinklerde compartimenten is dat doorgaans het geval. In niet gesprinklerde compartimenten is er alleen enige kans van slagen wanneer het een groot compartiment is met een aanzienlijke interne hoogte, voorzien van RWA, waarin alleen lokale vuurlasten aanwezig zijn, of een vuurlast met een trage brandontwikkeling.

Ook de offensieve buiteninzet is alleen in bijzondere gevallen mogelijk. Dat wordt sterk bepaald door het object, het type brand en de repressieve voorzieningen waarover de brandweer bezit (blusbom, cobra, cold cutter, etc.). De offensieve buiteninzet bevindt zich momenteel nog in een experimenteel stadium.

Meer gebruikelijk zijn de defensieve binnenzet wanneer de brand op het moment van brandweerinzet niet groter is dan één compartiment, of de defensieve buiteninzet wanneer de brand meerdere compartimenten omvat.



Figuur 2.7 Inzetstrategie van de brandweer, afgestemd op de lines of defense m.b.t. persoonlijke veiligheid (bezwijkrisico van vlucht- en aanvalsroutes)

Hoofdstuk 3 AST volgens het natuurlijk brandconcept

3.1 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Om de AST (available safe time) te kunnen vaststellen is een groot aantal situaties met bij behorende brandstof- en gebouwkenmerken gesimuleerd volgens het natuurlijk brandconcept. De maatgevende kenmerken zijn in stappen gevarieerd, met als doel om een database op te bouwen waarin per object de AST kan worden vastgesteld. In tabel 3.1 zijn de diverse maatgevende brandstof- en gebouwkenmerken met bijbehorende variatie weergegeven.

Tabel 3.1 Maatgevende kenmerken.

Kenmerk	Variatie			
	100	500	1000	2000
Oppervlak compartiment (A_{comp}), [m ²]	100	500	1000	2000
Hoogte compartiment (H_{comp}), [m]	3	5	10	15
Referentie vermogensdichtheid (RHR), [kW/m ²]	250	500		
Tijdconstante (t_c), [s]	75	150	300	

Voor het bepalen van de AST zijn de kenmerken van tabel 3.1 het belangrijkste. Met de hierboven gegeven variatie per kenmerk resulteert dit in 96 varianten. Deze variatie is voor reguliere gebouwen voldoende groot.

Voor bijzondere gebouwen dient de AST projectspecifiek te worden bepaald. Hierbij valt te denken aan grotere compartimenten en hoge referentie vermogensdichtheden (industrie), maar ook aan andere kenmerken zoals installaties die het moment van flashover kunnen beïnvloeden (rook- en warmte-afvoer installaties en automatische blussystemen).

3.1.1 Maatgevende kenmerken

Vooralsnog wordt rekening gehouden met de maatgevende kenmerken en variatie daarin volgens tabel 3.1. Onderstaand worden deze kenmerken nader toegelicht.

Oppervlak en hoogte compartiment

Deze ruimte kenmerken zijn maatgevend voor de zoneverdeling en de warmtebuffering in de brandruimte en daarmee bepalend voor het moment van flashover. Bij een compartiment met een geringe oppervlakte en een beperkte hoogte zal er sneller sprake zijn van flashover dan bij een compartiment met een grote oppervlakte en een behoorlijke hoogte.

Referentie vermogensdichtheid en tijdconstante

Deze brandstofkenmerken zijn mede maatgevend voor de opbouw van het brandvermogen in de ruimte. De referentie vermogensdichtheid is een parameter voor het vermogen dat per vierkante meter tot ontwikkeling kan komen. De tijdconstante beschrijft de branduitbreiding van de brand in alle richtingen. Bij een snellere branduitbreiding zal ook de temperatuur van de hete zone in de brandruimte sneller toenemen. Dit heeft tot gevolg dat het moment van flashover ook eerder optreedt.

Standaard kan worden uitgegaan van een referentie vermogensdichtheid van 250 kW/m² en een tijdconstante van 300 s (medium), zie bijvoorbeeld NEN-EN 1991-1-2/NB.

3.1.2 Overige kenmerken

Uiteraard zijn meer projectspecifieke kenmerken van belang dan de in paragraaf 3.1.1 opgenomen kenmerken. De overige projectspecifieke kenmerken zijn hieronder toegelicht.

Vuurbelasting

In de maatgevende kenmerken is geen onderscheidt gemaakt in verschillende vuurbelastingen, terwijl deze per gebruiksfunctie sterk kunnen verschillen. In de simulaties wordt als uitgangspunt een standaard vuurbelasting van 60 kg/m² vurenhoutequivalent (1050 MJ/m²) gehanteerd. Dit is voor de meeste functies overigens een conservatief uitgangspunt. Voor de pre flashover fase is de vuurbelasting niet relevant. Dat geldt ook voor het moment van flashover. De vuurbelasting is feitelijk een maat voor de hoeveelheid energie in de brandruimte en zegt dus vooral iets over de te verwachten brandduur. Bij een hoge vuurbelasting dient dus rekening te worden gehouden met een potentiëel lange brandduur.

Openingspercentage

Het openingspercentage in de omhulling van de brandruimte is (veelal) maatgevend voor de post flashover fase. Na flashover is een brand veelal ventilatiebeheerst door het gebrek aan zuurstof in de brandruimte of door een tekort aan toevoer van zuurstof via de openingen. Voor het moment van flashover is het openingspercentage van onder geschikt belang. In de pre flashover fase is er door de aanwezigheid van voldoende zuurstof in de brandruimte veelal sprake van een brandstofbeheerste brand. Alleen bij een zeer goede luchtdichte en thermisch geïsoleerde gebouwschil, inclusief de gevelopeningen (b.v. triple glas) kan door het gebrek aan zuurstof de brand gesmoord worden. In de simulaties wordt er vanuit gegaan dat 1% van de totale omhulling van de brandruimte open is. Dit uitgangspunt is conform NEN 6055 en wordt niet gevarieerd omdat dit als worst-case gezien kan worden.

Materiaaleigenschappen omhulling

De toegepaste materialen in de omhulling van de brandruimte zijn van invloed op de ruimtecondities in deze brandruimte. Zo voorkomen goed geïsoleerde constructies warmtetransmissie vanuit de brandruimte. Wanneer de constructies thermisch zwaar zijn kunnen ze warmte accumuleren, dus opnemen vanuit de brandruimte. De worst case situatie bestaat uit goed geïsoleerde constructies met weinig accumulerend vermogen. Dan vindt er geen afkoeling van de hete zone plaats aan deze constructies. In de pre flashover fase is dit wat minder relevant vanwege het relatief korte tijdsbestek van deze fase. In de simulaties wordt daarom rekening gehouden met adiabatiese constructies (worst case) en wordt dit uitgangspunt niet gevarieerd.

Interne scheidingsconstructies

Een brandcompartiment wordt beschouwd als één ruimte. Niet-brandwerende interne scheidingen worden dus verwaarloosd. Dat is een conservatief uitgangspunt, de vertraging in branduitbreiding die de interne scheidingen veroorzaken wordt hiermee immers ook verwaarloosd.

Hoewel door interne scheidingen eerder flashover kan optreden vanwege de beperking van het buffervolume, blijft het flashover-effect beperkt tot een enkele ruimte in het brandcompartiment. Uitbreiding naar het totale brandcompartiment zal pas plaatsvinden wanneer de interne scheidingen zoveel energie doorgeven dat ontsteking van vuurlast buiten de oorspronkelijke brandruimte optreedt. Het optreden van een compartimentsbrand wordt ten gevolge van aanwezige interne scheidingen dus vertraagd.

Pluimmodel

Het pluimmodel bepaalt samen met het brandvermogen en de brandioppervlakte de opbouw van de hete zone. In alle situaties wordt het pluimmodel van Heskestad gehanteerd. Dit pluimmodel past het beste bij branden in gebouwen. Alleen in geval van industriebranden kan een ander pluimmodel (Thomas) meer passend zijn. Deze variatie is in de simulaties buiten beschouwing gebleven.

Met de simulaties kan per gebruiksfunctie onder andere het te verwachten moment van flash over worden bepaald. In tabel 3.2 zijn per gebruiksfunctie de meest voorkomende gebouw- en brandstofkenmerken weergegeven. De brandstofkenmerken zijn bepaald op basis van de uitgangspunten uit de nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-2. Het betreft nationaal genormeerde waarden die aansluiten bij het Bouwbesluit 2012.

Tabel 3.2 Meest voorkomende kenmerken per gebruiksfunctie.

Kenmerk	Gebouwenkenmerken		Brandstofkenmerken	
	Acomp [m ²]	Hcomp [m]	RHR [kW/m ²]	tc [s]
Woonfunctie	100	3	250	300
Bijeenkomstfunctie	1000	3	250 – 500	150 - 600
Celfunctie	500	3	250	300
Gezondheidszorgfunctie	1000	3	250	300
Industriefunctie	500 - >2000	3- >15	100 - >500	75 – 600
Kantoorfunctie	1000	3	250	300
Logiesfunctie	500	3	250	300
Onderwijsfunctie	1000	3	250	300
Winkelfunctie	1000	5	250 – 500	150

De gebruiksfuncties sportfunctie, overige gebruiksfunctie en bouwwerk geen gebouw zijnde zijn niet opgenomen in tabel 3.2 vanwege het ontbreken van betrouwbare statische gegevens met betrekking tot de brandstofkenmerken. Daarvoor is het daadwerkelijke gebruik binnen deze gebruiksfuncties te projectspecifiek. Dit geldt in feite ook voor de industriefunctie en in mindere mate ook voor bijeenkomst- en winkelfuncties.

3.2 Toetscriteria

Zoals eerder aangegeven is het moment van flashover bepalend voor de wijze van repressieve inzet door de brandweer. Als flashover in de brandruimte heeft plaatsgevonden is een repressieve inzet in de brandruimte niet meer mogelijk. Echter als flashover nog niet heeft plaatsgevonden is een repressieve inzet in de brandruimte nog wel mogelijk, mits de ruimtecondities dit toelaten.

Pre flashover fase

Voor de vluchtveiligheid in gebouwen geldt in basis dat deze gedurende de benodigde vluchttijd (RSET: required safe egress time) bruikbaar moeten zijn. De beschikbare vluchttijd (ASET: available safe egress time) in de brandruimte is de tijd dat de ruimtecondities voor gebouwgebruikers acceptabel zijn, zodat zij zonder gezondheidsschade kunnen vluchten. Daarvoor worden de volgende criteria gehanteerd:

- Rookvrije hoogte van tenminste 2,5 m;
- Warmtestraling van de rooklaag op 1,8 m boven begane grond vloer kleiner dan 2,5 kW/m².

Voor het bepalen van de tijd voor een repressieve inzet in de brandruimte kunnen de criteria iets worden opgerek, omdat de hulpverleners zich hiertegen beter kunnen beschermen dan gebouwgebruikers:

- Rookvrije hoogte van tenminste 2,5 m;
- Warmtestraling van de rooklaag op 1,8 m boven begane grond vloer kleiner dan 3,5 kW/m².

Moment van flashover

Als toetskader voor het moment van flashover worden voor cellulose-achtige brandstof, kenmerkend voor branden in gebouwen, de volgende flashover criteria conform NEN 6055 gehanteerd:

- Ontsteking door convectie: verbrandingsgassen $T_c > 300$ °C (convectieve temperatuur)
- Ontsteking door warmtestraling: verbrandingsgassen $T_s > 500$ °C (stralingstemperatuur)

3.3 Resultaten

Op basis van tabel 3.1 zijn 96 simulaties uitgevoerd rekening houdend met de uitgangspunten uit paragraaf 3.2. In bijlage 2 zijn de resultaten opgenomen. De samenvatting in tabel 3.3 geeft per gebouwtype het moment van flashover in het brandcompartiment weer.

Tabel 3.3 Berekende flashover tijden.

Comp [m ²]	RHR [kW/m ²]	Tijdconstante											
		Ultra fast (75 s)				Fast (150 s)				Medium (300 s)			
		Hcomp [m]		Hcomp [m]		Hcomp [m]		Hcomp [m]		Hcomp [m]		Hcomp [m]	
3	5	10	15	3	5	10	15	3	5	10	15		
100	250	0:02:05	0:02:34	0:03:11	0:03:43	0:03:30	0:04:16	0:05:46	0:06:48	0:06:13	0:07:42	0:11:03	0:12:59
100	500	0:01:59	0:02:27	0:03:36	0:03:56	0:03:21	0:04:28	0:07:18	0:08:17	0:06:15	0:09:10	0:14:01	0:16:50
500	250	0:03:40	0:04:29	0:05:45	0:06:34	0:06:22	0:07:48	0:10:38	0:12:08	0:11:40	0:14:23	0:19:45	0:23:15
500	500	0:04:11	0:05:19	0:06:59	0:08:18	0:07:52	0:09:46	0:13:02	0:15:45	0:14:57	0:18:57	0:25:04	0:30:28
1000	250	0:04:45	0:05:49	0:07:32	0:08:31	0:08:25	0:10:18	0:14:03	0:15:53	0:15:47	0:19:32	0:25:22	0:30:29
1000	500	0:05:31	0:06:56	0:09:05	0:10:44	0:10:16	0:12:54	0:17:04	0:20:24	0:19:39	0:24:42	0:32:53	0:39:24
2000	250	0:06:17	0:07:39	0:09:55	0:11:07	0:11:18	0:13:46	0:18:43	0:20:54	0:21:41	0:25:55	0:36:04	0:40:13
2000	500	0:07:04	0:09:05	0:11:53	0:13:58	0:13:17	0:17:04	0:22:30	0:26:32	0:32:54	0:32:54	0:43:23	0:51:17

Onderstaand worden 4 voorbeelden uitgewerkt. In deze voorbeelden is geen automatisch brandblussysteem en geen RWA-installatie opgenomen. Dergelijke installatietechnische voorzieningen zullen het resultaat in positieve zin beïnvloeden.

Standaard woonfunctie

In het eerste voorbeeld wordt een standaard woning met de volgende kenmerken beschouwd:

- Gebouwkenmerken: $A_{\text{comp}} = 100 \text{ m}^2$ en $H_{\text{comp}} = 3 \text{ m}$;
- Brandstofkenmerken: $\text{RHR} = 250 \text{ kW/m}^2$ en $t_c = 300 \text{ s}$.

Uit de resultaten in de matrix blijkt dat het te verwachten moment van flashover tussen 6 tot 7 minuten na ontstaan van brand zal optreden. Het beoordelen van het toetskader voor de pre flashover met betrekking tot een repressieve inzet in de brandruimte is voor deze situatie niet relevant. Immers de beschikbare tijd (AST) is naar verwachting kleiner dan de (RST). Gesteld kan worden dat een succesvolle repressieve inzet in de brandruimte op basis van de simulaties niet tot de mogelijkheden behoort. Dit betekent ook dat de repressieve dienst veelal te laat komt om nog een succesvolle redding van achtergebleven personen in het compartiment uit te voeren.

Veel voorkomende kantoorfunctie

In het tweede voorbeeld wordt een standaard compartiment van een kantoorfunctie met de volgende kenmerken beschouwd:

- Gebouwkenmerken: $A_{\text{comp}} = 1000 \text{ m}^2$ en $H_{\text{comp}} = 3 \text{ m}$;
- Brandstofkenmerken: $\text{RHR} = 250 \text{ kW/m}^2$ en $t_c = 300 \text{ s}$.

Uit de resultaten in de matrix blijkt dat het te verwachten moment van flashover tussen 15 tot 16 minuten na ontstaan van brand zal optreden. Het beoordelen van het toetskader voor de pre flashover met betrekking tot een repressieve inzet in de brandruimte is voor deze situatie ook niet relevant. Immers de beschikbare tijd (AST) is naar verwachting kleiner dan de (RST). Voor de beschikbare tijd bedraagt op basis van het toetskader (rookvrije hoogte) voor een repressieve inzet in het compartiment ongeveer 5 minuten. Gesteld kan worden dat een succesvolle repressieve inzet in de brandruimte op basis van de simulaties niet tot de mogelijkheden behoort. Dit betekent ook dat de repressieve dienst veelal te laat komt om nog een succesvolle redding van achtergebleven personen in het compartiment uit te voeren.

Veel voorkomende winkelfunctie

Binnen de winkelfunctie is sprake van een grotere diversiteit. In dit voorbeeld wordt een veel voorkomende winkelfunctie met de volgende kenmerken beschouwd:

- Gebouwkenmerken: $A_{\text{comp}} = 1000 \text{ m}^2$ en $H_{\text{comp}} = 5 \text{ m}$;
- Brandstofkenmerken: $\text{RHR} = 500 \text{ kW/m}^2$ en $t_c = 150 \text{ s}$.

Uit de resultaten in de matrix blijkt dat het te verwachten moment van flashover tussen 12 tot 13 minuten na ontstaan van brand zal optreden. Het beoordelen van het toetskader voor de pre flashover met betrekking tot een repressieve inzet in de brandruimte is voor deze situatie ook niet relevant. Immers de beschikbare tijd (AST) is naar verwachting kleiner dan de (RST). Voor de beschikbare tijd bedraagt op basis van het toetskader (rookvrije hoogte) voor een repressieve inzet in het compartiment ongeveer 8 minuten. Gesteld kan worden dat een succesvolle repressieve inzet in de brandruimte op basis van de simulaties niet tot de mogelijkheden behoort. Dit betekent ook dat de repressieve dienst

veelal te laat komt om nog een succesvolle redding van achtergebleven personen in het compartiment uit te voeren.

Willekeurige industriefunctie

Binnen de industriefunctie is sprake van een nog grotere diversiteit. In dit voorbeeld wordt een willekeurige industriefunctie met de volgende kenmerken beschouwd:

- Gebouwenkenmerken: $A_{\text{comp}} = 2000 \text{ m}^2$ en $H_{\text{comp}} = 10 \text{ m}$;
- Brandstofkenmerken: $\text{RHR} = 500 \text{ kW/m}^2$ en $t_c = 150 \text{ s}$.

Uit de resultaten in de matrix blijkt dat het te verwachten moment van flashover tussen 22 tot 23 minuten na ontstaan van brand zal optreden. In deze situatie is het beoordelen van het toetskader voor de pre flashover met betrekking tot een repressieve inzet in de brandruimte wel degelijk relevant. Het toetskader (rookvrije hoogte) voor een repressieve inzet in het compartiment wordt binnen 19 minuten onderschreden. Indien de benodigde tijd voor brandweerinzet (RST) kleiner is dan de beschikbare tijd voor brandweerinzet (AST) behoort een inzet in het compartiment tot de mogelijkheden. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de brandomvang al dermate groot kan zijn dat een effectieve inzet mogelijk niet meer realistisch is in verband met de primaire bluswatercapaciteit.

Hoofdstuk 4 RST voor brandweerinzet

4.1 Randvoorwaarden en uitgangspunten

De RST wordt bepaald door de tijd die nodig is om operationeel te kunnen optreden en water op het vuur te brengen, kortweg operationele tijd. Die operationele tijd bestaat uit een sommatie van de ontdekkings- en meldtijd, de opkomsttijd en de inzettijd. De gehanteerde normwaarden hiervoor zijn weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Normatieve tijden

Nr.	Kenmerk	Gebouwsoort	Norm opkomsttijd	Norm ontdekkings- en meldingstijd	Norm inzettijd
1	Personen zelfredzaam	Winkelfunctie met gesloten constructie	5	15	7
		Onderwijsfunctie	8	15	7
		Winkelfunctie	8	15	7
		Kantoorfunctie	8	15	7
		Overige gebruiksfunctie	10	15	7
		Overige	10	15	7
		bijeenkomstfunctie			
		Sportfunctie	10	15	7
		Industriefunctie	10	15	7
2	Personen zelfredzaam en slapen	Logiesfunctie	8	1	7
3	Personen niet zelfredzaam en slapen	Celfunctie	5	1	7
		Gezondheidszorgfunctie	8	1	7
		Bijeenkomstfunctie kinderopvang	8	1	7
4	Bewoners zelfredzaam en slapen	Woonfunctie boven winkel	5	15	7
		Woonfunctie portiek	6	15	7
		Woonfunctie wonen met zorg	6	1 of 15	7
		Overige woonfunctie	8	15	7

De normatieve opkomsttijden in tabel 4.1 zijn afkomstig uit het 'Besluit veiligheidsregio's'. De overige normatieve tijden zijn afkomstig uit het document 'Basis voor brandveiligheid' van het IFV.

De normatieve ontdekkings- en meldtijden worden onderscheiden naar gebruiksfuncties met een automatische brandmeldinstallatie die doormeldt naar de regionale alarmcentrale RAC (1 minuut) en gebruiksfuncties met een ander type melding (15 minuten). Voor gebruiksfuncties met een automatische brandmeldinstallatie met doormelding naar een particuliere alarmcentrale PAC, voor gebruiksfuncties met

een niet-automatische brandmeldinstallatie zonder doormelding, en gebruiksfuncties zonder brandmeldinstallatie moet dus worden uitgegaan van een maximale tijd van 15 minuten. Vaak zal de ontdekkings- en meldingstijd korter zijn dan die 15 minuten, zeker in het geval van automatische doormelding naar een PAC.

De normatieve inzettijden zijn in alle gevallen aangehouden op 7 minuten, maar ook hier is een aanzienlijke spreiding mogelijk, afhankelijk van de complexiteit van het gebouw en de brand.

Kortom, alle componenten in de operationele tijd (RST) bevatten een aanzienlijke spreiding. De normatieve tijden vertegenwoordigen hierin geen gemiddelde tijden (met een overschrijdingskans van 50%) maar bezitten een kleinere overschrijdingskans. Dat betekent dat de gemiddelde waarde lager ligt dan de normatieve waarde. Tabel 4.2 geeft een overzicht van de gemiddelde waarden die behoren bij de normatieve waarden, ervan uitgaande dat de normatieve waarden 80% fractielwaarden betreffen.

Tabel 4.2 Normatieve tijden, gemiddelde tijden en standaard deviaties

Tijdsinterval	Normatief 80% fractiel [min]	Gemiddeld 50% fractiel [min]	Standaard deviatie [min]
meldtijd	15	10	6,0
	1	1	0,0
opkomsttijd	5	2	3,6
	6	3	3,6
	8	5	3,6
	10	7	3,6
inzettijd	7	5	2,4

Met behulp van tabel 4.2 is het mogelijk om de gemiddelde operationele tijd te bepalen en de standaard deviatie hierin, zodat ook de 80% fractielwaarde van de operationele tijd kan worden bepaald als 'normatieve operationele tijd'. Deze normatieve operationele tijd is voor alle combinatiemogelijkheden van tabel 4.1 bepaald (zie bijlage 3) en samengevat in tabel 4.3

Tabel 4.3 Combinatiemogelijkheden meldtijd, opkomsttijd en inzetijd met berekende 80% fractielwaarden voor de operationele tijd

Combinatie	Inzettijd normatief [min]	Meldtijd normatief [min]	Opkomsttijd normatief [min]	Operationele tijd 80% fractiel [min]
A	7	15	5	23,2
B	7	15	6	24,2
C	7	15	8	26,2
D	7	15	10	28,2
E	7	1	5	11,6
F	7	1	6	12,6
G	7	1	8	14,6
H	7	1	10	16,6

De waarden uit tabel 4.3 kunnen worden toegevoegd aan tabel 4.1. Daarmee ontstaat tabel 4.4.

Tabel 4.4 Normatieve operationele tijden (80% fractiel)

Nr.	Kenmerk	Gebouwsoort	Norm opkomst- tijd	Norm ontdekkings- en meldingstijd	Norm inzettijd	Norm operationele tijd
1	Personen zelfredzaam	Winkelfunctie met gesloten constructie	5	15	7	23,2
		Onderwijsfunctie	8	15	7	26,2
		Winkelfunctie	8	15	7	26,2
		Kantoorfunctie	8	15	7	26,2
		Overige gebruiksfunctie	10	15	7	28,2
		Overige bijeenkomstfunctie	10	15	7	28,2
		Sportfunctie	10	15	7	28,2
		Industriefunctie	10	15	7	28,2
2	Personen zelfredzaam en slapen	Logiesfunctie	8	1	7	14,6
3	Personen niet zelfredzaam en slapen	Celfunctie	5	1	7	11,6
		Gezondheidszorgfunctie	8	1	7	14,6
		Bijeenkomstfunctie kinderopvang	8	1	7	14,6
4	Bewoners zelfredzaam en slapen	Woonfunctie boven winkel	5	15	7	23,2
		Woonfunctie portiek	6	15	7	24,2
		Woonfunctie wonen met zorg	6	1 of 15	7	12,6 of 24,2
		Overige woonfunctie	8	15	7	26,2

Tabel 4.4 geeft invulling aan het document 'Basis voor brandveiligheid' (IFV) ten aanzien van opkomsttijden en de daaruit volgende operationele tijden. Dit document vermeldt het volgende hierover:

Met de brandweezorg zijn kosten gemoeid waarover het bestuur van een veiligheidsregio besluiten moet nemen. In de algemene toelichting van het Besluit veiligheidsregio's is voor de opkomsttijden van de basisbrandweezorg onder meer gesteld dat de inrichting van de zorg het resultaat is van een bestuurlijke kosten-batenafweging; deze afweging wordt gemaakt op grond van een brandrisico-inschatting als onderdeel van het risicoprofiel dat het bestuur van de veiligheidsregio op grond van de Wet veiligheidsregio's (artikel 15) vaststelt. Op basis van de brandrisico's kan in samenhang met de opkomsttijden de meest optimale spreiding van de brandweerkazernes en -posten worden bepaald. Het bestuur heeft de bevoegdheid om andere tijden vast te stellen als de kosten-batenafweging daartoe aanleiding geeft. Bij het vaststellen van de opkomsttijden zijn de in het besluit opgenomen normen het vertrekpunt (artikel 3.2.1). Hierbij is rekening gehouden met de bestaande bouwregelgeving. Het Bouwbesluit 2003 en het Besluit brandveilig gebruik bouwwerken vormen hiervoor de basis. Waar de bouwregelgeving gericht is op gebruikers en ondernemers, is het Besluit veiligheidsregio's uitsluitend gericht op het bevoegd gezag van de brandweer. Bij de vergunningverlening voor bouwwerken wordt ervan uitgegaan dat de brandweer binnen 30 minuten na aanvang van de brand ter plaatse is om met de bestrijding te beginnen (zie ook uitgangspunten bouwregelgeving). Het effect van de brandbestrijding en de mogelijkheden tot redding van eventuele slachtoffers nemen af met de tijd die verstrijkt. Hoe eerder de brandweer dus arriveert en begint met de bestrijding, hoe groter de effectiviteit.

De bestuurlijke kosten-batenafweging op grond van de brandrisico-inschatting waarbij rekening is gehouden met de bestaande bouwregelgeving zorgt voor een bepaalde balans. Over het algemeen leidt dit tot gangbare en evenredige inzetten van de brandweer. Onbalans kan niet gangbare en onevenredige inzetten tot gevolg hebben. Het in onbalans geraken, kan gebeuren als het huidige brandweersysteem en de huidige bouwregelgeving niet meer met elkaar in de pas lopen. Bijvoorbeeld door in de bouwregelgeving de omvang van de brandcompartimenten te vergroten met als resultaat dat de brandweer in geval van brand grotere inspanningen moet leveren dan thans gangbaar is en waardoor de kosten van de brandweezorg stijgen.

De normstelling van de opkomsttijden uit het Besluit veiligheidsregio's is van oudsher gebaseerd op ervaring. Telkens is voortgeborduurd op bestaande methoden. Ze werden, en worden nog steeds, vooral gebruikt als rekenmethode voor de meest optimale situering van kazernes en niet als harde minuten in de zin van 'als je er binnen zoveel tijd bent, heb je nog zoveel kans om mensenlevens te redden'.

4.2 Toetscriteria

Offensieve binneninzet (bij automatisch blussysteem of groot compartiment met RWA)

In compartimenten met een standaard verdiepingshoogte is offensieve binneninzet niet mogelijk. Echter, wanneer de compartimenten voorzien zijn van automatisch blussysteem (sprinklerinstallatie) kan bij goed functioneren hiervan vrijwel altijd een offensieve binneninzet uitgevoerd worden. In feite wordt hier impliciet uitgegaan van AST >> RST. Toetsing hierop kan achterwege blijven.

In grote compartimenten met een grotere hoogte dan de standaard verdiepingshoogte kan een offensieve binneninzet mogelijk zijn. Een RWA-installatie vergroot de succeskans. Een projectspecifieke beschouwing is hier noodzakelijk, ook voor de dimensionering van de RWA-installatie. Die projectspecifieke beschouwing houdt in dat wordt getoetst aan AST > RST. Hierin is:

- AST: de beschikbare tijd, met inachtneming van de criteria voor ruimtecondities volgens paragraaf 3.2.
- RST: de operationele tijd.

Defensieve binneninzet (bij volledige bewaking)

Indien er volledige bewaking (automatische detectie met doormelding) aanwezig is, is de opkomsttijd een doorslaggevende factor in de normatieve operationele tijd. Evacuatie-ondersteuning kan geboden worden voor gebouwgebruikers buiten het brandende compartiment. De gebouwgebruikers binnen het brandende compartiment zijn aangewezen op de eigen hulpverleningsorganisatie (BHV).

In deze gevallen past het beste een defensieve binneninzet. Om zeker te zijn van voldoende betrouwbare brandscheidingen en draagstructuur is het noodzakelijk dat die inzet uiterlijk kort na flashover (circa 5 minuten) operationeel is. In formulevorm: $AST > RST$. Hierin is:

- AST: de beschikbare tijd, bestaande uit de tijdsduur tot flashover, vermeerderd met 5 minuten; de criteria voor ruimtecondities volgens paragraaf 3.2 zijn hier dus niet relevant.
- RST: de operationele tijd.

Defensieve buiteninzet (bij geen volledige bewaking)

Indien geen volledige bewaking (automatische detectie met doormelding) aanwezig is, is de opkomsttijd van de brandweer geen doorslaggevende factor in de normatieve operationele tijd. De brandweer kan in die gevallen geen ondersteuning bieden bij het in veiligheid brengen van gebouwgebruikers. Er moet dan gefocust worden op het voorkomen van branduitbreiding naar buurpercelen. Dat is mogelijk met een defensieve buiteninzet. Daarvoor is het van belang dat voldoende snel kan worden opgeschaald en dat er voldoende secundair en tertiair bluswater beschikbaar is. De opkomsttijd van de eerste TAS is minder van belang.

Uiteraard kan de bevelvoerder besluiten om de defensieve buiteninzet in defensieve binneninzet te veranderen, wanneer blijkt dat brandscheidingen en draagstructuur daarvoor voldoende betrouwbaar zijn.

4.3 Resultaten

Onderstaand worden de 4 voorbeelden van paragraaf 3.3 beschouwd. In deze voorbeelden is geen automatisch brandblussysteem en geen RWA-installatie opgenomen.

Standaard woonfunctie

In een standaard woonfunctie is geen volledige bewaking aanwezig. Dat houdt in dat de normatieve operationele tijd ligt tussen 23 en 26 minuten. Flashover kan al optreden in 6 a 7 minuten (zie paragraaf 3.3). Normatieve operationele tijd en flashover tijd liggen hier zover uit elkaar dat hier een defensieve buiten- of binneninzet past, afhankelijk van de betrouwbaarheid van de brandscheidingen.

Woningscheidende constructies zijn relatief betrouwbaar. Daardoor is een defensieve binneninzet in woongebouwen denkbaar en bovendien wenselijk voor evacuatie-ondersteuning aan bewoners in de niet-brandende woonfuncties.

Veel voorkomende kantoorfunctie

In een veel voorkomende kantoorfunctie is geen volledige bewaking aanwezig. Dat houdt in dat de normatieve operationele tijd ligt rond 26 minuten. Flashover kan al optreden in 15 a 16 minuten (zie paragraaf 3.3). Ook hier past alleen een defensieve buiten- of binneninzet past, afhankelijk van de betrouwbaarheid van de brandscheidingen.

Wanneer de kantoorfunctie is uitgerust met een automatisch blussysteem kan een offensieve binneninzet worden uitgevoerd.

Veel voorkomende winkelfunctie

In een veel voorkomende winkelfunctie is geen volledige bewaking aanwezig. Dat houdt in dat de normatieve operationele tijd ligt rond 26 minuten. Flashover kan optreden in 12 a 13 minuten (zie paragraaf 3.3). Hier past een defensieve buiten- of binneninzet, afhankelijk van de betrouwbaarheid van de brandscheidingen.

Wanneer de winkelfunctie is uitgerust met een automatisch blussysteem of van een RWA-installatie kan een offensieve binneninzet worden uitgevoerd. In dat laatste geval (RWA) is daarvoor een projectspecifieke beschouwing noodzakelijk.

Willekeurige industriefunctie

In een willekeurige industriefunctie is geen volledige bewaking aanwezig. Dat houdt in dat de normatieve operationele tijd ligt rond 28 minuten. Flashover kan optreden in 22 a 23 minuten (zie paragraaf 3.3). Hier past een defensieve binneninzet.

Wanneer de industriefunctie is uitgerust met een automatisch blussysteem of van een RWA-installatie kan een offensieve binneninzet worden uitgevoerd. In dat laatste geval (RWA) is daarvoor een projectspecifieke beschouwing noodzakelijk.

Hoofdstuk 5 Evaluatie

5.1 Vergelijking van AST en RST

In paragraaf 4.2 is aangegeven dat een vergelijking van AST met RST de basis vormt voor de toetsing. Hierin is RST de operationele tijd; daarin is de opkomsttijd opgenomen. AST wordt bepaald door de aanvalstactiek.

- Offensieve binneninzet: $AST > RST$.
AST is de beschikbare tijd, met inachtneming van de criteria voor ruimtecondities volgens paragraaf 3.2.
- Defensieve binneninzet: $AST > RST$.
AST is de beschikbare tijd, bestaande uit de tijdsduur tot flashover, vermeerderd met 20 minuten¹; de criteria voor ruimtecondities volgens paragraaf 3.2 zijn hier dus niet relevant.
- Defensieve buiteninzet: $AST < RST$.
Als extra voorwaarde geldt hierbij dat voldoende secundair en tertiair bluswater beschikbaar moet zijn om in repressieve inzet te kunnen opschalen. Dat zal in vrijwel alle gevallen noodzakelijk zijn.

Voor de standaard woonfunctie, een veel voorkomende kantoorfunctie, een veel voorkomende winkelfunctie en een willekeurige industriefunctie zijn de resultaten in paragraaf 4.3 ten aanzien van de RST voor brandweerinzet vergeleken met de AST volgens het natuurlijk brandconcept (zie paragraaf 3.3). Tabel 5.1 geeft een samenvatting hiervan.

Tabel 5.1 Vergelijking van flashover tijd en operationele tijd voor de vier voorbeeldcasussen

Casus	flashover [min]	operationeel [min]	AST – RST [min]	Inzet strategie
Standaard woonfunctie 100 m ² , H=3 m	7	23	4	Defensieve binneninzet
Veel voorkomende kantoorfunctie 1000 m ² , H=3 m	16	26	10	Defensieve binneninzet
Veel voorkomende winkelfunctie 1000 m ² , H=5 m	13	26	7	Defensieve binneninzet
Willekeurige industriefunctie 2000 m ² , H=10 m	23	28	15	Defensieve binneninzet

¹ De AST is gelijk aan de flashover tijd, vermeerderd met 20 minuten. Die extra 20 minuten is de prestatie van de brandwerende scheiding van het compartiment (Bouwbesluit 2012, niveau bestaande bouw). Wanneer die prestatie niet kan worden gegarandeerd, zou in plaats van 20 minuten daarvoor 5 minuten gehanteerd kunnen worden.

De voorbeelden in tabel 5.1 betreffen gebouwen zonder automatische blusinstallatie of RWA-installatie en zonder automatische detectie en doormelding. Blijkbaar past de defensieve binneninzet het beste bij de preventieve voorschriften van Bouwbesluit 2012, mits het veiligheidsniveau voor bestaande bouw kan worden gegarandeerd. Indien de brandscheidingen daarvoor niet voldoende betrouwbaar zijn neemt de AST zodanig af (volgens voetnoot 1 met 15 minuten) dat de kolom AST-RST in tabel 5.1 negatieve waarden geeft. Bij onvoldoende betrouwbare brandscheidingen past dus alleen nog een defensieve buiteninzet. Dan speelt de opkomsttijd geen rol meer voor de inzetstrategie.

5.2 Consequenties voor gebouwgebruikers

Gebouwgebruikers zijn aangewezen op zichzelf of hun eigen interne BHV organisatie. De brandweer komt in alle gevallen te laat om gebouwgebruikers uit het brandende compartiment te redden. Of de gebouwgebruikers zelfredzaam zijn of niet is voor de brandweer dan ook niet relevant. Uiteraard is dat wel relevant voor de eigen interne hulpverleningsorganisatie (BHV), voor zover aanwezig.

In het redden van gebouwgebruikers uit aangrenzende compartimenten kan de brandweer nog wel assistentie verlenen, mits een defensieve binneninzet mogelijk is.

5.3 Consequenties voor brandweerinzet en opkomsttijden

Uit tabel 5.1 blijkt dat bij voldoende betrouwbare preventieve voorzieningen (Bouwbesluit 2012, niveau bestaande bouw) in het algemeen een defensieve binneninzet het best passend is. De kolom AST-RST in tabel 5.1 geeft daarbij aan welke marge in minuten beschikbaar is voor een defensieve binneninzet. Die marge kan worden gebruikt om een eventuele overschrijding van de werkelijke opkomsttijd ten opzichte van de normatieve opkomsttijd op te vangen. Indien die marge niet toereikend is moet van inzetstrategie worden veranderd. Dat kan niet zonder meer worden toegestaan.

Voor alle normatieve tijden is een betrouwbaarheid aangenomen van 80% (80%-fractielwaarden). Dat geldt dus ook voor de normatieve opkomsttijd. De werkelijke (gemeten of berekende) opkomsttijd mag als minstens even betrouwbaar beschouwd worden en dus worden geïnterpreteerd als 80%-fractielwaarde.

Voor de standaard woonfunctie, zoals gedefinieerd in paragraaf 3.3, met:

- Gebruiksoppervlakte = 100 m²
- Verdiepingshoogte = 3 m
- Vermogensdichtheid = 250 kW/m²
- Tijdconstante = 300 s

bedraagt de flashover tijd circa 7 minuten en de operationele tijd 26 minuten. Hierin is dus 1 minuut marge beschikbaar (zie tabel 5.1: AST-RST=1 min). Dat houdt in dat een werkelijke opkomsttijd die 1 minuut langer is dan de normatieve opkomsttijd (16 minuten in plaats van 15) nog juist toelaatbaar is. Immers, een defensieve binneninzet is dan met voldoende betrouwbaarheid mogelijk. Wordt de werkelijke opkomsttijd langer dan 16 minuten, dan is een defensieve binneninzet niet meer mogelijk. In dat geval is een andere inzetstrategie noodzakelijk (defensieve buiteninzet), hetgeen niet zonder meer kan worden toegestaan.

Dit voorbeeld van de standaard woonfunctie is alleen relevant voor een woonfunctie in een woongebouw, waarin het gebouw meerdere brandcompartimenten (woningen) omvat. Voor grondgebonden eengezinswoningen is dat niet aan de orde; daar zal altijd een defensieve buiteninzet van toepassing zijn. Opkomsttijden spelen voor grondgebonden eengezinswoningen dan ook geen rol van betekenis.

5.4 Aanvullende condities voor brandweerinzet

Met behulp van de flashover matrix in tabel 2 kan de beschikbare tijd AST bepaald worden, in relatie tot de inzetstrategie. Zie hiervoor paragraaf 5.1 met de voorbeelden in tabel 5.1. Wanneer de benodigde tijd (operationele tijd) RST korter is dan de beschikbare tijd AST is de beoogde inzetstrategie succesvol.

Voor een offensieve binneninzet en een defensieve buiteninzet zijn daarbij enkele aanvullende randvoorwaarden van belang.

Offensieve binneninzet

Voor een offensieve binneninzet is niet alleen de flashover tijd van belang, maar vooral de tijdsduur waarin de ruimtecondities offensief optreden toelaten. Wanneer een sprinklerinstallatie aanwezig is mag ervan worden uitgegaan dat de ruimtecondities bij een succesvolle sprinkler acceptabel blijven. Bij een RWA-installatie is daarvoor een projectspecifieke beschouwing nodig, waarbij moet worden gecontroleerd op:

- Rookvrije hoogte boven aanvalsroute > 2,5 m
- Rooklaagtemperatuur < 300 °C

Ten slotte moet bij een offensieve binneninzet ook worden gecontroleerd of de brandomvang door 1 TAS nog beheersbaar is. Met andere woorden: kan er voldoende water op het vuur gebracht worden om de brand te beheersen en te blussen? De waterbehoefte daarvoor hangt af van het brandvermogen op het moment dat water op het vuur gebracht kan worden:

$$Q = 23,7 \times F \quad [l/min]$$

De factor F is een efficiëntiefactor, die als volgt kan worden aangehouden:

- Automatische blussing (sprinkler): F=0,25
- Manuele blussing (hoge druk, kleine brand): F=0,60
- Manuele blussing (lage druk, grote brand): F=1,00

Defensieve buiteninzet

De defensieve buiteninzet is, gezien vanuit persoonlijke veiligheid van hulpverleners, de minst risicovolle inzet. Er is voldoende tijd om op te schalen, maar dan moet daarvoor wel voldoende secundair en tertiair bluswater beschikbaar zijn. De primaire bluswatercapaciteit (30 a 60 m³/h) kan hierin niet voorzien.

Bij een defensieve buiteninzet wordt uitgegaan van een gebouwbrand, de compartimentering in het gebouw zal namelijk op enig moment falen. Wanneer de gebouwgevels niet of slechts beperkt

brandwerend zijn, kan als bronstralingsflux vanaf die gevels worden uitgegaan van circa 100 kW/m². Met lage druk stralen moet die stralingsflux worden opgevangen. De waterbehoefte daarvoor bedraagt:

$$Q = 2,3 \times A_{\text{brongevel}} \text{ [l/min]}$$

Hierin is $A_{\text{brongevel}}$ de totale geveloppervlakte van het gebouw in brand. Voor het koelen van de omgeving is uitgegaan van lage druk stralen, er is dus impliciet een efficiëntiefactor van $F=1,00$ gehanteerd.

Hoofdstuk 6 Conclusie

6.1 Algemeen

Uit hoofdstuk 5 kunnen de onderstaande conclusies getrokken worden:

Offensieve binneninzet

Een offensieve binneninzet is alleen mogelijk onder de volgende voorwaarden:

- Automatische blusinstallatie; of
- Groot en hoog compartiment met RWA-installatie

In dat laatste geval is altijd een projectspecifieke beschouwing noodzakelijk. In andere gevallen mag niet worden uitgegaan van een offensieve binneninzet.

Evacuatie-ondersteuning eventuele gebouwgebruikers of bewoners is bij een offensieve binneninzet niet mogelijk. Gebouwgebruikers zijn voor hun vluchtveiligheid aangewezen op de preventieve voorzieningen in het gebouw en de eventuele eigen hulpverleningsorganisatie (BHV).

Defensieve binneninzet

De defensieve binneninzet kan worden gezien als de standaard inzet die het beste past bij het preventieve voorzieningenniveau volgens Bouwbesluit 2012. Het gebouw moet tenminste voldoen aan Bouwbesluit 2012, niveau bestaande bouw. De brandscheidingen moeten dus voldoende betrouwbaar zijn.

De brandweer kan evacuatie-ondersteuning bieden aan gebouwgebruikers of bewoners buiten het brandende compartiment. Uiteraard is dit alleen aan de orde wanneer het gebouw uit meerdere compartimenten bestaat waarin nog gebouwgebruikers of bewoners achtergebleven zijn. Met name in appartementengebouwen zal dat in toenemende mate aan de orde zijn, gezien het overheidsbeleid (langer zelfstandig wonende ouderen).

Defensieve buiteninzet

Voor gebouwen die slechts uit één compartiment bestaan (daaronder vallen ook de grondgebonden eengezinswoningen) en voor gebouwen uit meerdere compartimenten waarin de compartimentsscheidingen niet betrouwbaar zijn of de compartimenten klein zijn is alleen nog een defensieve buiteninzet mogelijk. Dat komt neer op een afbrandscenario, waarbij de belendingen en de omgeving door brandweerinzet moet worden veilig gesteld.

Evacuatie-ondersteuning aan gebouwgebruikers of bewoners is bij een defensieve buiteninzet niet mogelijk. Gebouwgebruikers zijn voor hun vluchtveiligheid aangewezen op de preventieve voorzieningen in het gebouw en de eventuele eigen hulpverleningsorganisatie (BHV).

6.2 Toolbox voor maatwerk

Om afhankelijk van object en gebruiksfunctie te kunnen bepalen welk type brandweerinzet het meest passend is, zowel volgens de normatieve tijden als met werkelijke tijden, is een toolbox ontwikkeld. Deze toolbox is als spreadsheet beschikbaar en combineert bijlagen 2 en 3 van dit rapport. Het voordeel van een spreadsheet is dat deze eenvoudig aan te passen is aan de wensen van de gebruikers of aan andere inzichten en randcondities ten aanzien van brandweerinzet.

De toolbox geeft niet alleen inzicht in het type brandweerinzet dat het meest passend is voor het betreffende object, het is ook mogelijk om de marge te bepalen die beschikbaar is voordat een andere inzetstrategie van toepassing is. Daarmee kunnen afwijkende opkomsttijden worden gemotiveerd.

Zolang afwijkende (gemeten of berekende) opkomsttijden binnen de marge passen zijn er geen consequenties voor brandweerinzet en kunnen deze worden toegestaan. Natuurlijk betekent het verkleinen van de marge dat het veiligheidsniveau bij de gegeven inzetstrategie afneemt. Echter, wanneer de ontstaanskans op brand eveneens afneemt is dat toelaatbaar. Met campagnes als 'brandveilig leven' en met de toenemende aandacht van verzekeraars voor brandgevaar, worden gebouwgebruikers steeds meer bewust van brandgevaarlijke activiteiten. Dit verkleint de ontstaanskans op brand.

Wanneer een afwijkende opkomsttijd de marge overschrijdt leidt dat tot een andere brandweerinzet, wat tot een ander veiligheidsniveau voor de gebouwgebruikers leidt en een ander (groter) beroep doet op de repressieve ondersteuning. Dat kan niet zonder meer worden toegestaan. Extra preventieve maatregelen (in bouwtechnische, installatietechnische of organisatorische voorzieningen) zijn ter compensatie daarvan noodzakelijk. Enkele voorbeelden van compenserende maatregelen:

- Organisatorisch (preventief, brandstof): beperking van de branduitbreidingssnelheid door brandvertragend geïmpregneerde inrichting. Hierdoor kan voor de tijdconstante een langzamere klasse gehanteerd worden.
- Organisatorisch (preventief, brandstof): beperking van opslaghoogte en/of opslagoppervlakte in industriegebouwen om flashover uit te stellen of te voorkomen.
- Organisatorisch (repressief): bedrijfsbrandweer of opgepluste BHV (alleen realistisch in industriegebouwen).
- Bouwtechnisch (preventief, gebouw): hogere betrouwbaarheid van brandscheidingen door een hogere WBDBO-prestatie (> 20 min.) in combinatie met een robuuste detaillering (belendende constructies).
- Installatietechnische (preventief/repressief, gebouw): automatische blusinstallatie toepassen of een RWA-installatie toepassen om flashover uit te stellen.

Bibliografie

Cieraad, C.D.J. – Reken-/beslismodel beheersbaarheid van brand – Ministerie BiZa, Den Haag, 1995

Handreiking – Beargumenteed afwijken wettelijke opkomsttijden 1^e basisbrandweereenheid – Concept NVBR, 2011

Oranje 2013 – Operationeel organisatieplan Noord-Holland Noord – Veiligheidsregio Noord-Holland Noord, 2013

Handreiking – Toolbox maatregelen bij overschrijding wettelijke opkomsttijd – Veiligheidsregio Midden- en West-Brabant, 2013

Herpen, R.A.P. van – Position paper duurzaam brandveilige gebouwen – Nieman R.I., Zwolle, 2015

NEN 6055 – Thermische belasting op basis van het natuurlijk brandconcept – bepalingmethode – Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2011

NEN-EN 1991-1-2_C1/NB – Nationale bijlage bij Eurocode 1: Belastingen op constructies – belasting bij brand – Nederlands Normalisatie-Instituut, Delft, 2011



Bijlage 1

Doelen en regels voor brandveiligheid

Doelen en regels

Twee verschillende benaderingen van veiligheid

Ruud van Herpen MSc. FIFireE
Eindhoven University of technology

Introductie

In veel landen worden doelen die in wetgeving vastliggen vertaald in regels die in publiekrechtelijke regelgeving (zoals besluiten, algemene maatregelen van bestuur – AMvB's) worden geconcretiseerd. De bouwgerelateerde wet- en regelgeving ligt in Nederland op deze wijze vast in de Woningwet en het Bouwbesluit als AMvB onder de Woningwet. De doelen van de Woningwet worden met de concrete voorschriften van het Bouwbesluit toetsbaar gemaakt.

Van doelen naar regels

Beschouw de koorddanser in de onderstaande figuur:



De koorddanser heeft als doel om aan de andere zijde van de krokodillenpoel te geraken. Iedereen is het er vrij snel over eens dat de wijze waarop hij dat doet risicovol is. Dat daarover weinig discussie zal zijn komt omdat de kans op een misstap relatief groot is terwijl het effect van die misstap dramatisch is. De kans op overleving is in dat geval gering. Aangezien risico zowel met faalkans als faaleffect te maken heeft en deze in dit geval allebei groot zijn is het risico in de perceptie van iedereen hoog.

Het doel kan ook worden bereikt met een lager risico door maatregelen te treffen die de faalkans reduceren of maatregelen die het faaleffect reduceren.

Kansreducerende maatregelen zijn bij voorbeeld:

- Beter trainen van de koorddanser
- Windscherm plaatsen om versturende invloeden (wind) te beperken
- Dikker koord toepassen
- Tweede koord toepassen (redundante voorziening) voor zijn handen
- Een loopplank toepassen in plaats van een koord
- Etc...

Effectreducerende voorzieningen zijn bij voorbeeld:

- Krokodillen weghalen.
- Tandem trekken of bek dichttappen van de krokodillen
- Vangnet onder het loopkoord plaatsen
- Krokodillenpoel dempen
- Etc...

Uit het bovenstaande blijkt dat er een scala aan mogelijkheden is om het risico te reduceren. Er zijn ook combinaties van voorzieningen mogelijk. Door gelijktijdig de faalkans en het faaleffect te reduceren kunnen zeer efficiënte oplossingen gegenereerd worden. In elk geval zijn er altijd meerdere oplossingsrichtingen mogelijk.

Dat is met het toepassen van regels of voorschriften doorgaans niet het geval. Door regels toe te passen (in plaats van doelen na te streven) is meestal slecht één oplossing mogelijk. Zie de onderstaande figuur:



Doel:
Verplaatsing van A naar B met een voldoende lage kans op letsel of gezondheidsschade

Regels:

- Beloopbare route in de buitenlucht
- Uitsluitend voerend over een vlakke vloer, trap of hellingbaan
- Geen obstakels in de route van A naar B
- Vloerafscheiding
- Afscherming tegen invloeden van buitenaf
-?

B

A

In dit geval zullen de voorschriften leiden tot een oplossing van een loopbrug of een dijk met vloerafscheiding en afscherming van invloeden van buitenaf. Zeker een veilige maar ook kostbare oplossing. Wellicht niet de meest kostenefficiënte oplossing!

Van regels naar doelen

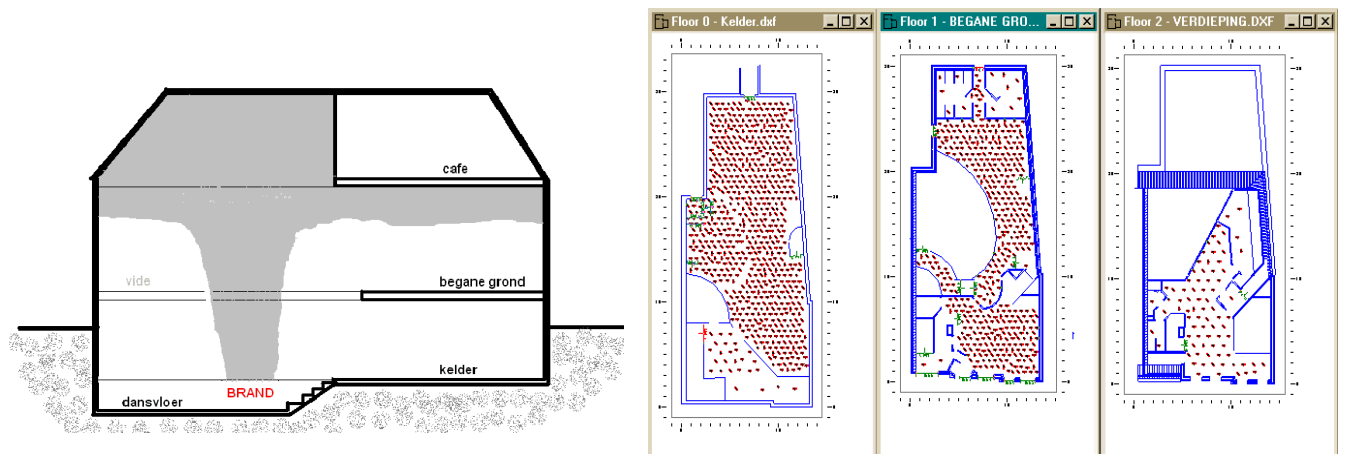
Met de generieke voorschriften van het Bouwbesluit ligt het publiekrechtelijke brandveiligheidsniveau vast. Door toepassing te geven aan die voorschriften mag worden aangenomen dat de beoogde veiligheidsdoelen worden bereikt. Een bouwwerk dat voldoet aan alle voorschriften wordt dan ook geïnterpreteerd als een brandveilig bouwwerk.

Het op deze wijze beschouwen van brandveiligheid is regelgericht. De bovenliggende doelen zijn niet expliciet benoemd en feitelijk ook niet belangrijk, omdat de voorschriften van het Bouwbesluit de doelen garanderen met een voldoende klein faalrisico. Regelgerichte brandveiligheid vindt toepassing in ontwerp, realisatie en handhaving. Ook brandveiligheidsinspecties zijn dus regelgericht.

In plaats van de voorschriften na te leven is het ook mogelijk om op een andere wijze invulling te geven aan de veiligheidsdoelen van de publiekrechtelijke regelgeving. Brandveiligheid wordt dan niet meer regelgericht maar doelgericht benaderd.

Onderstaand volgt een voorbeeld van een doelgerichte benadering van brandveiligheid. Het gaat hier om een discotheek, ingericht als één brandcompartiment (tevens subbrandcompartiment) met een volgens de voorschriften van het Bouwbesluit onvoldoende uitgangsbreedte. De consequentie hiervan is dat de ontruimingstijd van het compartiment toeneemt. Dit is alleen toelaatbaar als de condities in het compartiment ook gedurende langere tijd acceptabel blijven. De benodigde ontruimingstijd wordt dus vergeleken met de beschikbare ontruimingstijd, rekening houdend met projectspecifieke uitgangspunten.

De beschikbare vluchttijd (de tijdsduur totdat de condities in de brandruimte bedreigend worden voor de gebouwgebruikers) kan worden bepaald met een natuurlijk brandconcept of een vultijdmodel. De benodigde vluchttijd kan worden bepaald met een evacuatiesimulatiemodel of met een zonemodel voor evacuatie van gebouwgebruikers.



Bepaling van de beschikbare vluchttijd met een vultijdmodel (links) en de benodigde vluchttijd met een evacuatiesimulatie (rechts)

Kortom, de vluchtveiligheid is verzekerd indien:

$$ASET > RSET$$

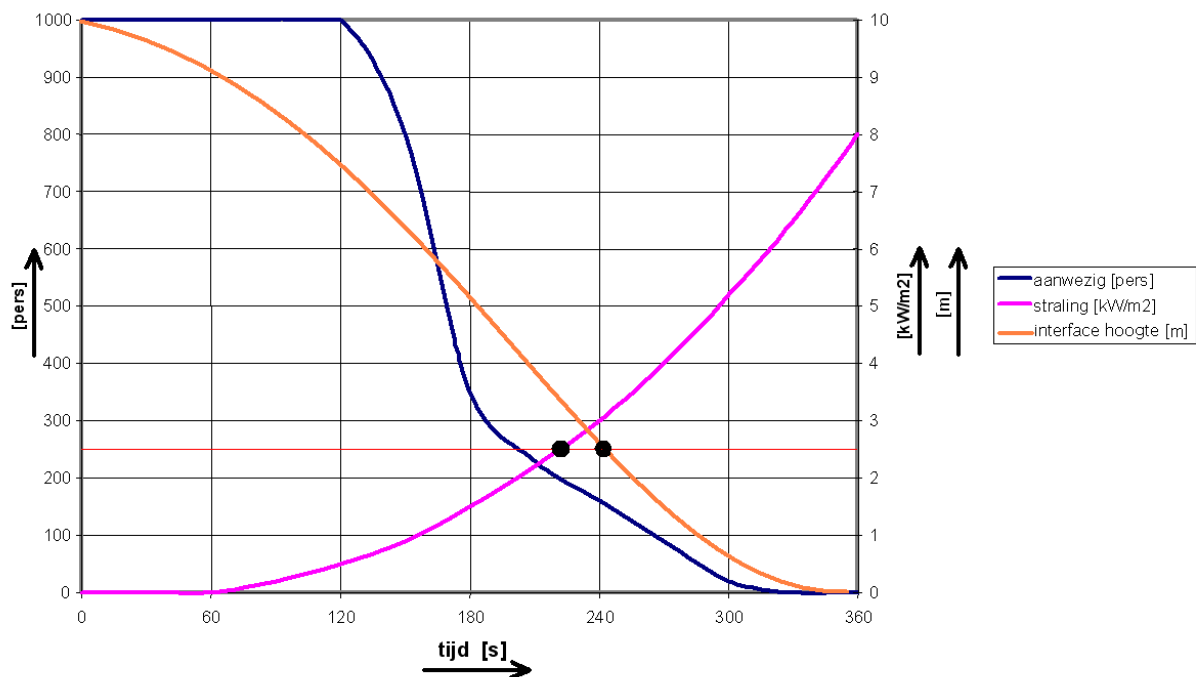
Met:

ASET: available safe egress time (beschikbare vluchttijd)

RSET: required safe egress time (benodigde vluchttijd)

De beschikbare en benodigde vluchttijd zijn weergegeven in de onderstaande grafiek. Hieruit blijkt dat het stralingscriterium (grenswaarde 2,5 kW/m²) maatgevend is en dat bij overschrijding van dit criterium de discotheek nog niet leeg is. 20% van de aanwezigen (200 personen) worden blootgesteld aan een te hoge stralingsflux. Met andere woorden: $ASET < RSET$, een onveilige situatie dus.

EVACUATIE TIJD EN VULTIJD



Net als bij de koorddanser in het eerste voorbeeld is er ten aanzien van de bedreiging door rook in dit voorbeeld een scala aan mogelijkheden om tot een veilige situatie te komen:

- Beperken van de stralingflux:
 - o Door een minder snel ontwikkelende brand (voorwaarden aan de inrichting)
 - o Door een RWA installatie (afvoer van rook en warmte)
 - o Door een grotere inwendige hoogte te realiseren (optillen van het dak)
- Beperken van de evacuatie tijd:
 - o Minder aanwezigen toelaten in de discotheek (gebruiksbeperking)
 - o Sneller starten met de ontruiming (BHV organisatie)
 - o De (nood)uitgangen efficiënter benutten gedurende de totale evacuatie tijd (BHV organisatie)

Ook in dit geval kunnen weer allerlei combinaties van maatregelen gemaakt worden. Een scala van mogelijkheden dus, rekening houdend met de projectspecifieke kenmerken.

Zo kan het doel 'veilig vluchten' gerealiseerd worden zonder de generieke voorschriften van het Bouwbesluit toe te passen.



Bijlage 2

Flashover matrix voor bepaling van AST



Flashovermatrix

Tijdsverloop vanaf ontstaan van brand tot flashover, afhankelijk van gebouwkenmerken:

- oppervlakte compartiment Acomp [m²]
- hoogte compartiment Hcomp [m]

en brandstofkenmerken:

- brandvermogensdichtheid RHR [kW/m²]
- tijdconstante voor brandontwikkeling tc [s]

Flashover matrix [s]													
Acomp [m ²]	RHR [kW/m ²]	Tijdconstante [s]											
		Ultra fast				Fast				Medium			
		Hcomp [m]				Hcomp [m]				Hcomp [m]			
		3	5	10	15	3	5	10	15	3	5	10	15
100	250	125	154	191	223	210	256	346	408	373	462	663	779
100	500	119	147	216	236	201	268	438	497	375	550	841	1010
500	250	220	269	345	394	382	468	638	728	700	863	1185	1395
500	500	251	319	419	498	472	586	782	945	897	1137	1504	1828
1000	250	285	349	452	511	505	618	843	953	947	1172	1522	1829
1000	500	331	416	545	644	616	774	1024	1224	1179	1482	1973	2364
2000	250	377	459	595	667	678	826	1123	1254	1301	1555	2164	2413
2000	500	424	545	713	838	797	1024	1350	1592	1974	1974	2603	3077

Flashover matrix [h:m:s]													
Acomp [m ²]	RHR [kW/m ²]	Tijdconstante [s]											
		Ultra fast				Fast				Medium			
		Hcomp [m]				Hcomp [m]				Hcomp [m]			
		3	5	10	15	3	5	10	15	3	5	10	15
100	250	0:02:05	0:02:34	0:03:11	0:03:43	0:03:30	0:04:16	0:05:46	0:06:48	0:06:13	0:07:42	0:11:03	0:12:59
100	500	0:01:59	0:02:27	0:03:36	0:03:56	0:03:21	0:04:28	0:07:18	0:08:17	0:06:15	0:09:10	0:14:01	0:16:50
500	250	0:03:40	0:04:29	0:05:45	0:06:34	0:06:22	0:07:48	0:10:38	0:12:08	0:11:40	0:14:23	0:19:45	0:23:15
500	500	0:04:11	0:05:19	0:06:59	0:08:18	0:07:52	0:09:46	0:13:02	0:15:45	0:14:57	0:18:57	0:25:04	0:30:28
1000	250	0:04:45	0:05:49	0:07:32	0:08:31	0:08:25	0:10:18	0:14:03	0:15:53	0:15:47	0:19:32	0:25:22	0:30:29
1000	500	0:05:31	0:06:56	0:09:05	0:10:44	0:10:16	0:12:54	0:17:04	0:20:24	0:19:39	0:24:42	0:32:53	0:39:24
2000	250	0:06:17	0:07:39	0:09:55	0:11:07	0:11:18	0:13:46	0:18:43	0:20:54	0:21:41	0:25:55	0:36:04	0:40:13
2000	500	0:07:04	0:09:05	0:11:53	0:13:58	0:13:17	0:17:04	0:22:30	0:26:32	0:32:54	0:32:54	0:43:23	0:51:17

Combinatiemogelijkheden van brandvermogensdichtheid RHR [kW/m²] en tijdconstante voor brandontwikkeling [s] worden per gebruiksfunctie en gebouwtype gegeven in NEN-EN 1991-1-2/NB (Nationale Bijlage bij Eurocode 1). De tabellen op de volgende pagina's zijn hieruit afkomstig.

Tabel: Branduitbreidingsnelheid (tijdconstante in [s]) voor diverse gebruiksfuncties en gebouwtypen

Gebruiksfunctie/gebouwtype	Branduitbreidings-snelheid	t_a [s]
Woonfunctie	Matig	300
Bijeenkomstfunctie		
theater, bioscoop	Snel	150
Kinderopvang	Matig	300
museum (schilderijen)	Traag	600
Celfunctie	Matig	300
Gezondheidszorgfunctie		
slaapkamer	Matig	300
Industriefunctie		
opslag: slecht brandbaar of kleine hoeveelheden	Traag	600
opslag: katoen, polyester, veren matrassen	Matig	300
opslag: posterijen, kunststofschuim, houtopslag	Snel	150
opslag: alcohol, gestoffeerde meubels	Ultra snel	75
productie: werkplaats (kleine hoeveelheden)	Traag	600
chemische fabriek	Ultra snel	75
Kantoorfunctie	Matig	300
Logiesfunctie		
hotelkamer	Matig	300
hotel (standaard)	Matig	300
Onderwijsfunctie		
klaslokaal	Matig	300
Winkelfunctie		
Bibliotheek	Snel	150
Winkelcentrum	Snel	150
winkel (detailhandel, supermarkt, bouwmarkt)	Snel	150
Overige gebruiksfunctie voor het personenvervoer		
publieke ruimte	Traag	600
OPMERKING	Voor de sportfunctie is geen informatie beschikbaar	

Tabel: Brandvermogensdichtheid (RHR in [kW/m²]) voor diverse gebruiksfuncties en gebouwtypen

Gebruiksfunctie/gebouwtype	Klasse	RHR [kW/m²]
Woonfunctie	Normaal	250
Bijeenkomstfunctie		
theater, bioscoop	Hoog	500
kinderopvang	Normaal	250
museum (schilderijen)	Normaal	250
Celfunctie	Normaal	250
Gezondheidszorgfunctie		
slaapkamer	Normaal	250
Industriefunctie		
opslag: per m opslaghoogte	Hoog/zeer hoog	500 per m hoogte
opslag: bulkopslag fijnkorrelig, vuurbelasting: > 5700 MJ/m ²	Laag	100
productie: werkplaats (kleine hoeveelheden)	Normaal	250
Kantoorfunctie	Normaal	250
Logiesfunctie		
hotelkamer	Normaal	250
hotel (standaard)	Normaal	250
Onderwijsfunctie		
klaslokaal	Normaal	250
Winkelfunctie		
bibliotheek	Hoog	500
winkelcentrum	Normaal	250
winkel (detailhandel, bouwmarkt, supermarkt)	Hoog	500
Overige gebruiksfunctie voor het personenvervoer		
publieke ruimte	Normaal	250
OPMERKING	Voor de sportfunctie is geen informatie gegeven	



Bijlage 3

Normatieve operationele tijden voor bepaling RST

PROBABILISTISCHE BEREKENING
OPERATIONELE TIJD BRANDWEERINZET

Kenmerk: A

randcondities			gemiddeld
			tijdsduur x
Tmeld	ontdekkings/meldtijd	min	10
Topkomst	opkomsttijd	min	2
Tinzet	inzettijd	min	5
Ttotaal	operationele tijd	min	17

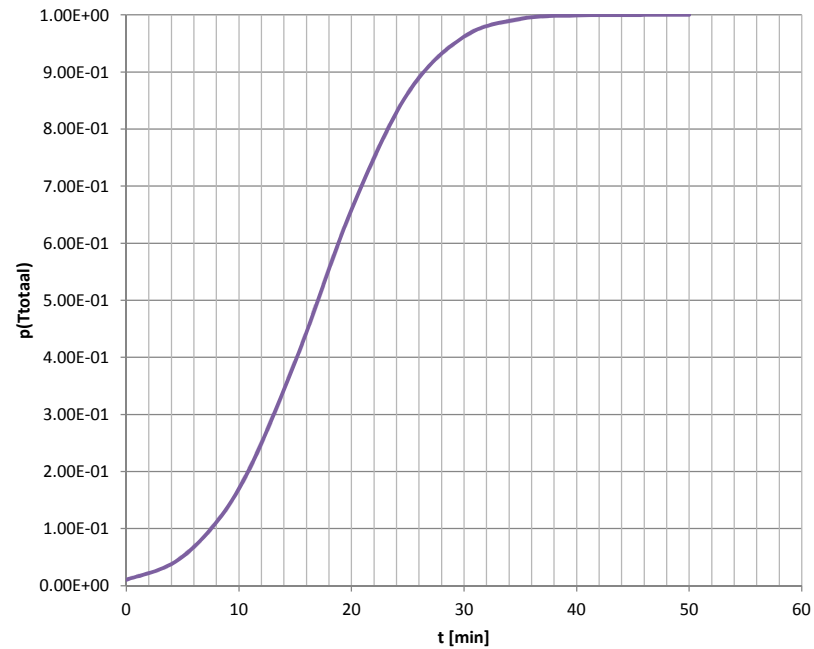
gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	normatief x + dx	Ttotaal t [min]
0.50	5.95	15	22.0
1.50	3.57	5	20.0
0.40	2.38	7	19.0
			17.0

variantie en standaard deviatie		
dt/dx	s-dt/dx	(s-dt/dx) ²
1	5.945	35.347
1	3.567	12.725
1	2.378	5.655
variantie(t) =		53.727
s(t) =		7.330

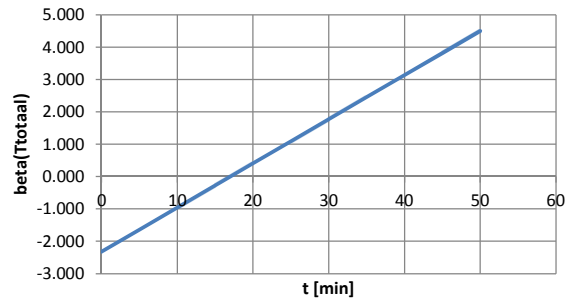
Resultaat operationele tijd (80% fractiel) min. **23.2**

betrouwbaarheid en kansverdeling (Ttotaal)		
t [min]	beta(Ttotaal)	p(Ttotaal)
0	-2.319	1.02E-02
5	-1.637	5.08E-02
10	-0.955	1.70E-01
15	-0.273	3.92E-01
20	0.409	6.59E-01
25	1.091	8.62E-01
30	1.774	9.62E-01
35	2.456	9.93E-01
40	3.138	9.99E-01
45	3.820	1.00E+00
50	4.502	1.00E+00

kansverdeling operationele tijd



betrouwbaarheidsindex



PROBABILISTISCHE BEREKENING
OPERATIONELE TIJD BRANDWEERINZET

Kenmerk: B

randcondities			gemiddeld
			tijdsduur x
Tmeld	ontdekkings/meldtijd	min	10
Topkomst	opkomsttijd	min	3
Tinzet	inzettijd	min	5
Ttotaal	operationele tijd	min	18

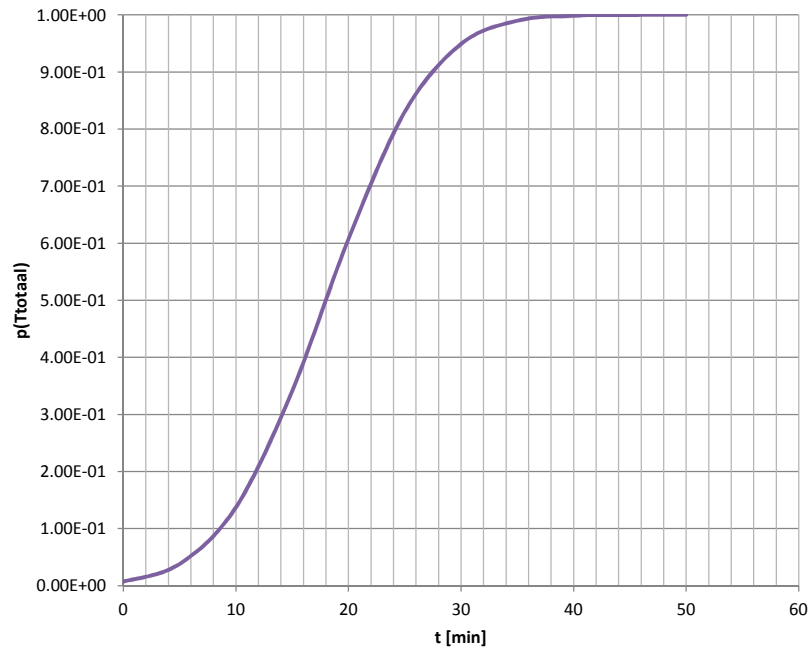
gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	normatief x + dx	Ttotaal t [min]
0.50	5.95	15	23.0
1.00	3.57	6	21.0
0.40	2.38	7	20.0
			18.0

variantie en standaard deviatie		
dt/dx	s-dt/dx	(s-dt/dx) ²
1	5.945	35.347
1	3.567	12.725
1	2.378	5.655
variantie(t) =		53.727
s(t) =		7.330

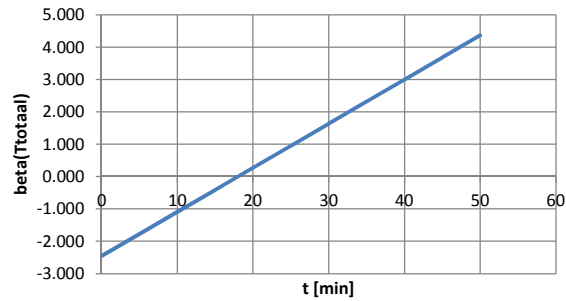
Resultaat operationele tijd (80% fractiel) min. **24.2**

betrouwbaarheid en kansverdeling (Ttotaal)		
t [min]	beta(Ttotaal)	p(Ttotaal)
0	-2.456	7.03E-03
5	-1.774	3.81E-02
10	-1.091	1.38E-01
15	-0.409	3.41E-01
20	0.273	6.08E-01
25	0.955	8.30E-01
30	1.637	9.49E-01
35	2.319	9.90E-01
40	3.001	9.99E-01
45	3.684	1.00E+00
50	4.366	1.00E+00

kansverdeling operationele tijd



betrouwbaarheidsindex



PROBABILISTISCHE BEREKENING
OPERATIONELE TIJD BRANDWEERINZET

Kenmerk: C

randcondities			gemiddeld
			tijdsduur
Tmeld	ontdekkings/meldtijd	min	10
Topkomst	opkomsttijd	min	5
Tinzet	inzettijd	min	5
Ttotaal	operationele tijd	min	20

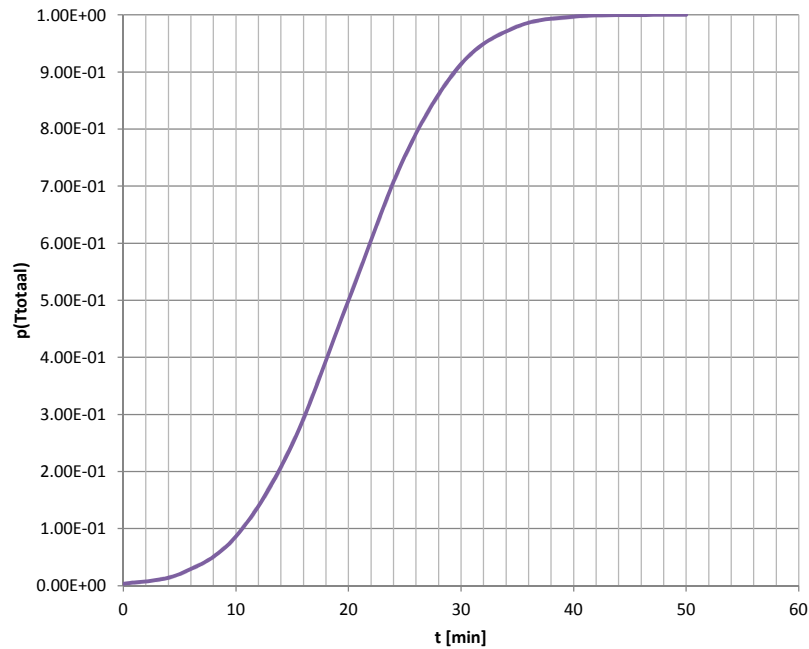
Resultaat operationele tijd (80% fractiel) min. **26.2**

gevoeligheidsanalyse			
variatie	st. deviatie	normatief	Ttotaal
V	s	x + dx	t [min]
0.50	5.95	15	25.0
0.60	3.57	8	23.0
0.40	2.38	7	22.0
			20.0

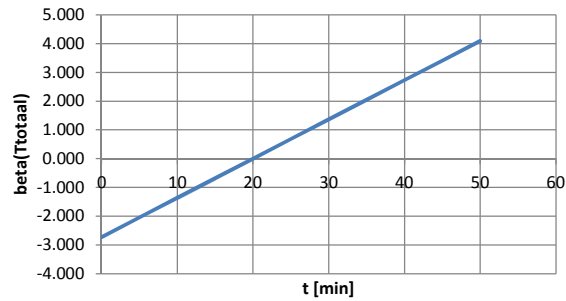
variantie en standaard deviatie		
dt/dx	s-dt/dx	(s-dt/dx) ²
1	5.945	35.347
1	3.567	12.725
1	2.378	5.655
variantie(t) =		53.727
s(t) =		7.330

betrouwbaarheid en kansverdeling (Ttotaal)		
t [min]	beta(Ttotaal)	p(Ttotaal)
0	-2.729	3.18E-03
5	-2.046	2.04E-02
10	-1.364	8.62E-02
15	-0.682	2.48E-01
20	0.000	5.00E-01
25	0.682	7.52E-01
30	1.364	9.14E-01
35	2.046	9.80E-01
40	2.729	9.97E-01
45	3.411	1.00E+00
50	4.093	1.00E+00

kansverdeling operationele tijd



betrouwbaarheidsindex



PROBABILISTISCHE BEREKENING
OPERATIONELE TIJD BRANDWEERINZET

Kenmerk: D

randcondities			gemiddeld
			tijdsduur x
Tmeld	ontdekkings/meldtijd	min	10
Topkomst	opkomsttijd	min	7
Tinzet	inzettijd	min	5
Ttotaal	operationele tijd	min	22

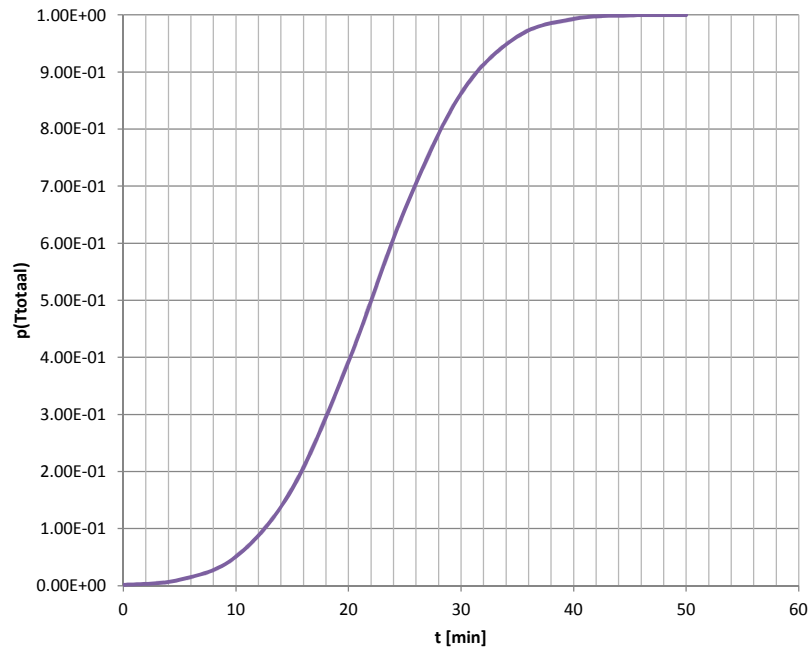
Resultaat operationele tijd (80% fractiel) min. **28.2**

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	normatief x + dx	Ttotaal t [min]
0.50	5.95	15	27.0
0.43	3.57	10	25.0
0.40	2.38	7	24.0
			22.0

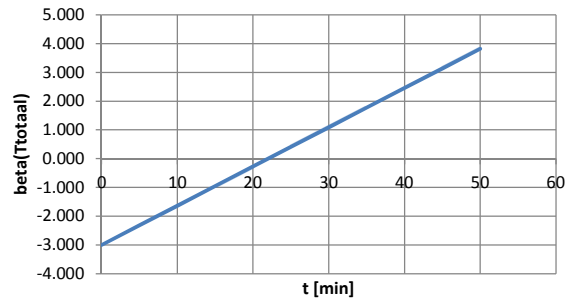
variantie en standaard deviatie		
dt/dx	s-dt/dx	(s-dt/dx) ²
1	5.945	35.347
1	3.567	12.725
1	2.378	5.655
variantie(t) =		53.727
s(t) =		7.330

betrouwbaarheid en kansverdeling (Ttotaal)		
t [min]	beta(Ttotaal)	p(Ttotaal)
0	-3.001	1.34E-03
5	-2.319	1.02E-02
10	-1.637	5.08E-02
15	-0.955	1.70E-01
20	-0.273	3.92E-01
25	0.409	6.59E-01
30	1.091	8.62E-01
35	1.774	9.62E-01
40	2.456	9.93E-01
45	3.138	9.99E-01
50	3.820	1.00E+00

kansverdeling operationele tijd



betrouwbaarheidsindex



PROBABILISTISCHE BEREKENING
OPERATIONELE TIJD BRANDWEERINZET

Kenmerk: E

randcondities			gemiddeld
			tijdsduur
			x
Tmeld	ontdekkings/meldtijd	min	1
Topkomst	opkomsttijd	min	2
Tinzet	inzettijd	min	5
Ttotaal	operationele tijd	min	8

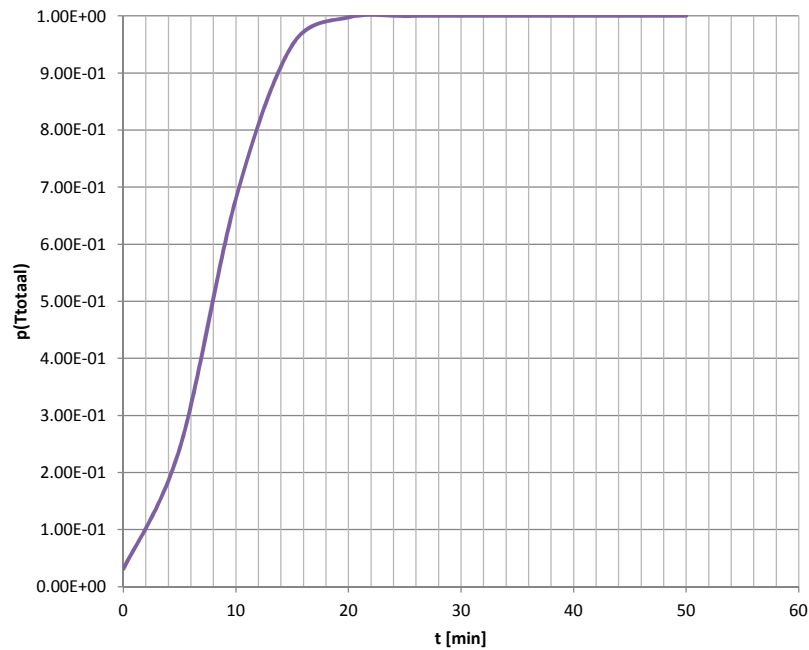
gevoeligheidsanalyse			
variatie	st. deviatie	normatief	Ttotaal
V	s	x + dx	t [min]
0.00	0.00	1	8.0
1.50	3.57	5	11.0
0.40	2.38	7	10.0
			8.0

variantie en standaard deviatie		
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ²
1	0.000	0.000
1	3.567	12.725
1	2.378	5.655
variantie(t) =		18.380
s(t) =		4.287

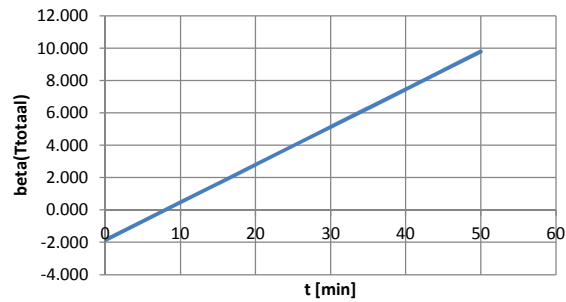
Resultaat operationele tijd (80% fractiel) min. **11.6**

betrouwbaarheid en kansverdeling (Ttotaal)		
t [min]	beta(Ttotaal)	p(Ttotaal)
0	-1.866	3.10E-02
5	-0.700	2.42E-01
10	0.467	6.80E-01
15	1.633	9.49E-01
20	2.799	9.97E-01
25	3.965	1.00E+00
30	5.132	1.00E+00
35	6.298	1.00E+00
40	7.464	1.00E+00
45	8.630	1.00E+00
50	9.797	1.00E+00

kansverdeling operationele tijd



betrouwbaarheidsindex



PROBABILISTISCHE BEREKENING
OPERATIONELE TIJD BRANDWEERINZET

Kenmerk: F

randcondities			gemiddeld
			tijdsduur
Tmeld	ontdekkings/meldtijd	min	1
Topkomst	opkomsttijd	min	3
Tinzet	inzettijd	min	5
Ttotaal	operationele tijd	min	9

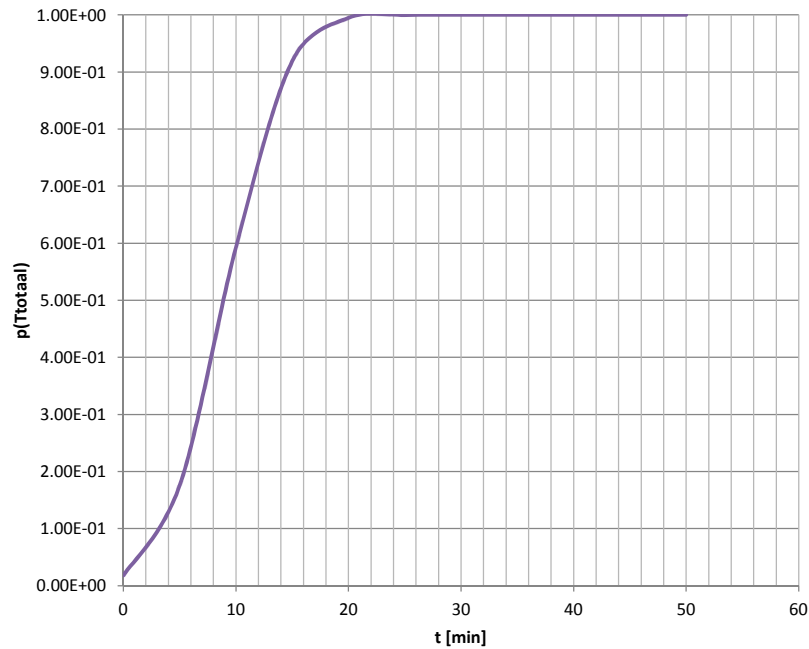
Resultaat operationele tijd (80% fractiel) min. **12.6**

gevoeligheidsanalyse				
variatie	st. deviatie	normatief	Ttotaal	
V	s	x + dx	t [min]	
0.00	0.00	1	9.0	
1.00	3.57	6	12.0	
0.40	2.38	7	11.0	
			9.0	

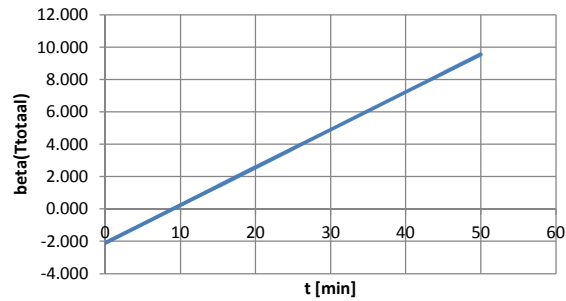
variantie en standaard deviatie		
dt/dx	s-dt/dx	(s-dt/dx) ²
1	0.000	0.000
1	3.567	12.725
1	2.378	5.655
variantie(t) =		18.380
s(t) =		4.287

betrouwbaarheid en kansverdeling (Ttotaal)		
t [min]	beta(Ttotaal)	p(Ttotaal)
0	-2.099	1.79E-02
5	-0.933	1.75E-01
10	0.233	5.92E-01
15	1.400	9.19E-01
20	2.566	9.95E-01
25	3.732	1.00E+00
30	4.898	1.00E+00
35	6.065	1.00E+00
40	7.231	1.00E+00
45	8.397	1.00E+00
50	9.563	1.00E+00

kansverdeling operationele tijd



betrouwbaarheidsindex



PROBABILISTISCHE BEREKENING
OPERATIONELE TIJD BRANDWEERINZET

Kenmerk: G

randcondities			gemiddeld
			tijdsduur
			x
Tmeld	ontdekkings/meldtijd	min	1
Topkomst	opkomsttijd	min	5
Tinzet	inzettijd	min	5
Ttotaal	operationele tijd	min	11

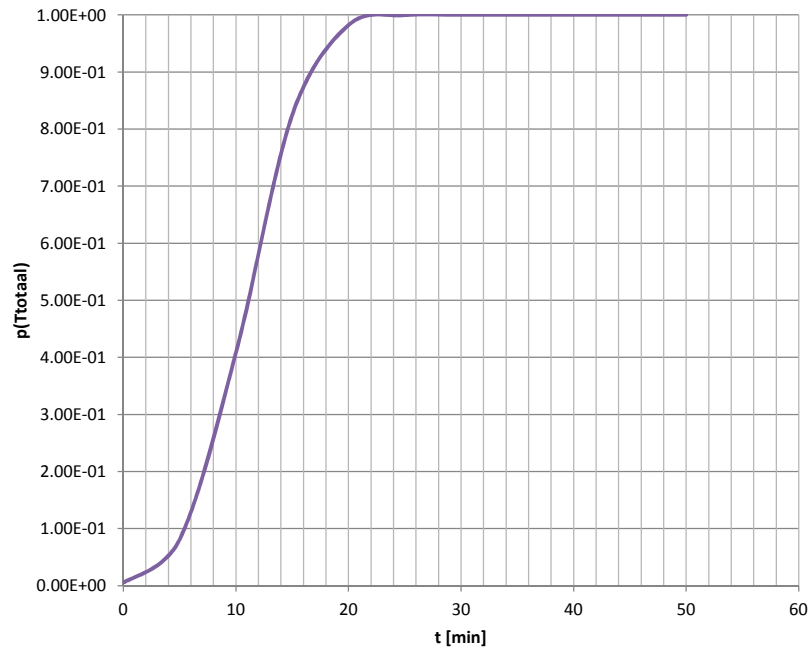
gevoeligheidsanalyse			
variatie	st. deviatie	normatief	Ttotaal
V	s	x + dx	t [min]
0.00	0.00	1	11.0
0.60	3.57	8	14.0
0.40	2.38	7	13.0
			11.0

variantie en standaard deviatie		
dt/dx	s-dt/dx	(s-dt/dx) ²
1	0.000	0.000
1	3.567	12.725
1	2.378	5.655
variantie(t) =		18.380
s(t) =		4.287

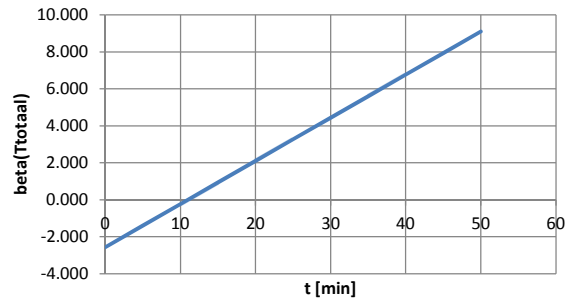
Resultaat operationele tijd (80% fractiel) min. **14.6**

betrouwbaarheid en kansverdeling (Ttotaal)		
t [min]	beta(Ttotaal)	p(Ttotaal)
0	-2.566	5.15E-03
5	-1.400	8.08E-02
10	-0.233	4.08E-01
15	0.933	8.25E-01
20	2.099	9.82E-01
25	3.266	9.99E-01
30	4.432	1.00E+00
35	5.598	1.00E+00
40	6.764	1.00E+00
45	7.931	1.00E+00
50	9.097	1.00E+00

kansverdeling operationele tijd



betrouwbaarheidsindex



PROBABILISTISCHE BEREKENING
OPERATIONELE TIJD BRANDWEERINZET

Kenmerk: H

randcondities			gemiddeld
			tijdsduur x
Tmeld	ontdekkings/meldtijd	min	1
Topkomst	opkomsttijd	min	7
Tinzet	inzettijd	min	5
Ttotaal	operationele tijd	min	13

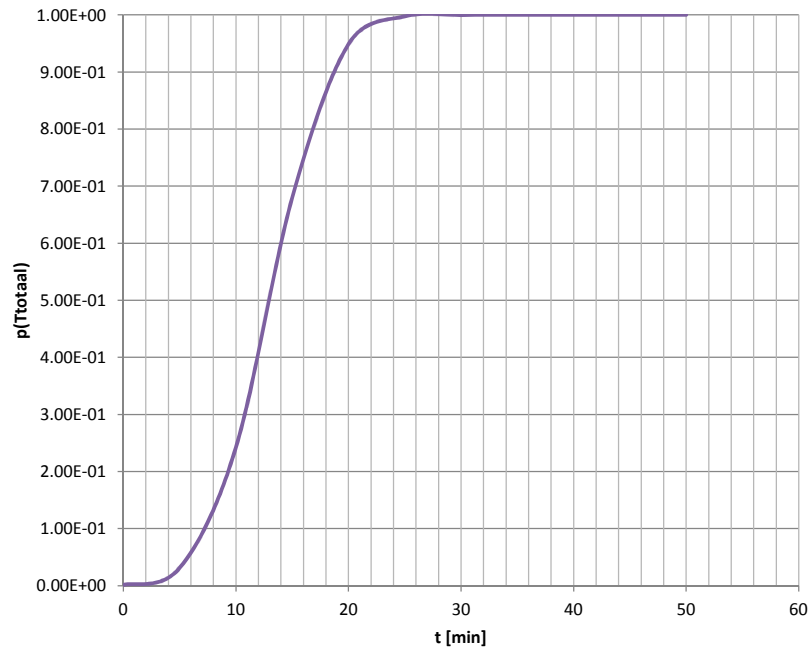
Resultaat operationele tijd (80% fractiel) min. **16.6**

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	normatief x + dx	Ttotaal t [min]
0.00	0.00	1	13.0
0.43	3.57	10	16.0
0.40	2.38	7	15.0
			13.0

variantie en standaard deviatie		
dt/dx	s-dt/dx	(s-dt/dx) ²
1	0.000	0.000
1	3.567	12.725
1	2.378	5.655
variantie(t) =		18.380
s(t) =		4.287

betrouwbaarheid en kansverdeling (Ttotaal)		
t [min]	beta(Ttotaal)	p(Ttotaal)
0	-3.032	1.21E-03
5	-1.866	3.10E-02
10	-0.700	2.42E-01
15	0.467	6.80E-01
20	1.633	9.49E-01
25	2.799	9.97E-01
30	3.965	1.00E+00
35	5.132	1.00E+00
40	6.298	1.00E+00
45	7.464	1.00E+00
50	8.630	1.00E+00

kansverdeling operationele tijd



betrouwbaarheidsindex

