

dr.ir. A.F. Hamerlinck

Ralph Hamerlinck is senior adviseur bij Bouwen met Staal in Zoetermeer en directeur van Adviesbureau Hamerlinck in Roosendaal.

VROM biedt handreiking voor grote brandcompartimenten

Bij grote, vrije ruimten zoals industrie-, bijeenkomst- of sporthallen is het soms lastig te voldoen aan de maximale vluchtafstanden die in het Bouwbesluit staan genoemd. De door TNO en PRC ontwikkelde methode om met het vultijdenmodel gelijkwaardigheid van de veiligheid aan te tonen, is complex en wordt daarom in de praktijk weinig toegepast. Een nieuwe handreiking van VROM geeft een eenvoudige manier om te bepalen of en met welke maatregelen dubbele vluchtafstanden veilig en toelaatbaar zijn.

In het Bouwbesluit 2003^[1] worden eisen gesteld aan de loopafstanden binnen een rookcompartiment. Deze zijn weergegeven in *tabel 1* en nader toegelicht in *afbeeldingen 1, 2 en 3*. Dit kan betekenen dat een brandcompartiment moet worden opgedeeld in meerdere rookcompartimenten. Bij grote, open ruimten kan het gewenst zijn zo'n opdeling te vermijden. Er moet dan worden gekeken of dat kan zonder dat de veiligheid van vluchtende personen in gevaar komt. Omdat dergelijke ruimten vaak hoog zijn,

bestaan hiervoor goede mogelijkheden. Bij brand verzamelt de rook zich namelijk tegen het plafond in een rookbuffer die steeds dikker en warmer wordt. Bij lage ruimten van ongeveer drie meter hoog, waar de vluchtafstanden in het Bouwbesluit op gebaseerd zijn, daalt deze rookbuffer al na korte brandduur tot op het niveau waar mensen zich bevinden. Bij hoge ruimten duurt dit langer, waardoor er meer tijd beschikbaar is om veilig te vluchten. Dit is te vertalen naar langere toegestane vluchtafstanden.

Vluchtmodel

TNO en PRC hebben in de jaren negentig een model ontwikkeld om het veilig vluchten uit grote, hoge compartimenten te beoordelen^{[2] [3]}. Het vultijdenmodel van TNO berekent hierbij hoe snel een brand zich ontwikkelt. Het brandvermogen en de hoeveelheid rook worden bepaald en het model berekent hoe lang het duurt voor er op een bepaald niveau (waarop mensen vluchten of verblijven) een gevaarlijke situatie ontstaat (te warm, te hoge warmtestraling of te dichte rook). Met het vluchtmodel kan vervolgens worden bepaald wat de minimaal benodigde

vluchttijd is op basis van het bouwkundige ontwerp (geometrie van de ruimte met de vluchtroutes en -afstanden, rekening houdend met een mogelijke blokkade van een uitgang) en het aantal personen dat de ruimte moet verlaten in combinatie met de breedten van de uitgangen. Deze wordt vergeleken met de beschikbare tijd uit het vultijdenmodel. Wanneer de vluchttijd groter is, kan op basis van gelijkwaardigheid worden gesproken van veilig vluchten en hoeft niet te worden voldaan aan de afstanden uit *tabel 1*. Met name door de complexiteit van het vultijdenmodel, wordt deze methode in de praktijk echter nauwelijks gebruikt.

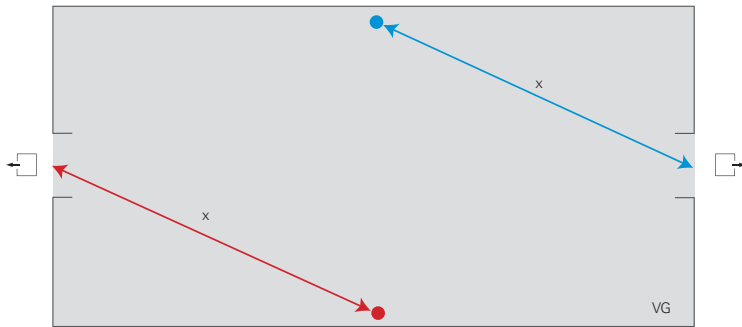
VROM-handreiking

Het Ministerie van VROM heeft een handreiking^{[4] [5] [6]} ontwikkeld waarin deze methode, binnen een bepaald toepassingsgebied, eenvoudig toepasbaar wordt. Er is een groot aantal berekeningen gedaan met het TNO/PRC-model om handige tabellen samen te stellen waarin door de gebruiker kan worden opgezocht of voldaan wordt aan de voorwaarden om met een *dubbele vluchtafstand* te mogen werken (ten opzichte van *tabel 1*).

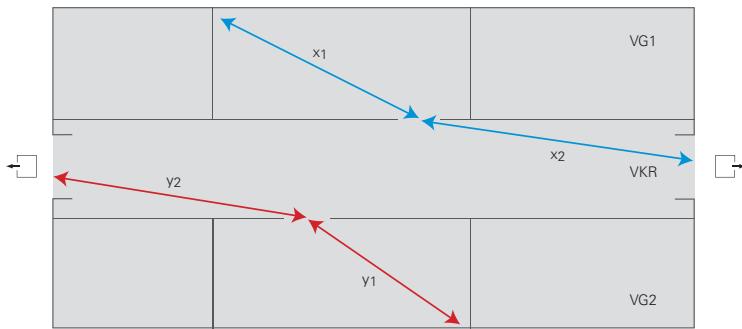
Brandvermogensdichtheid en tijdconstante

In de ontwikkelings- of groeifase van een brand – de fase die vooral voor vluchten van groot belang is – wordt een hoeveelheid energie (en rook) geproduceerd die gekarakteriseerd wordt door de termen brandvermogensdichtheid ('rate of heat release', RHR in W/m^2) en tijdconstante ($t_{0,5}$ in s). Deze twee parameters kenmerken het type brand. De *brandvermogensdichtheid* is gelijk aan de hoeveelheid (warmte)energie die per m^2 vrijkomt zodra de brand zich op een plaats volledig heeft ontwikkeld. De waarden in *tabel 4* zijn bekend uit internationaal onderzoek. *Tabel 5* geeft de waarden die in de handreiking worden gehanteerd. Voor alle gebruiksfuncties uit het Bouwbesluit wordt uitgegaan van een brandvermogensdichtheid van $500.000 W/m^2$. Dit is een veilige benadering.

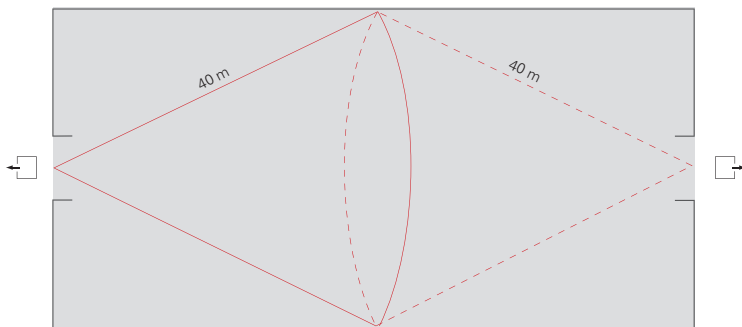
Voor industrie functies is er afhankelijk van het type productie of opslag grote variatie mogelijk. Voor opslag kan als vuistregel uitgegaan worden van een brandvermogensdichtheid van $500.000 W/m^2$ per meter stapelhoogte. Nadere informatie kan gevonden worden in de Richtlijn vultijdenmodel grote brandcompartimenten^[3]. De *tijdconstante* is een maat voor de uitbreidingsnelheid en geeft aan hoelang na het begin van een brand op een plaats een brandvermogen van 1 MW bereikt wordt. Bij de in de handreiking standaard aangehouden brandvermogensdichtheid van $500.000 W/m^2$ (behalve voor industrie functies), komt dit neer op het tijdstip waarop de brand $2 m^2$ beslaat.



1. Vluchtafstanden volgens Bouwbesluit als het rookcompartiment uit één (vrij indeelbaar) verblijfsgebied VG bestaat.



2. Vluchtafstanden volgens Bouwbesluit als het rookcompartiment uit twee (vrij indeelbare) verblijfsgebieden VG1 en VG2 én uit een verkeersruimte VKR bestaat. Voor bezettingsgraadklasse B5: $x_1 \cdot 1,5 + x_2 \leq 60$ m, en $y_1 \cdot 1,5 + y_2 \leq 60$ m.



3. Vluchtafstanden volgens Bouwbesluit als het rookcompartiment uit één (vrij indeelbaar) verblijfsgebied VG bestaat. Voor bezettingsgraadklasse B5: cirkels met een straal van 40 m in een dekkend patroon.

Tabel 1. Toegestane loopafstanden voor nieuwbouw volgens het Bouwbesluit 2003, afhankelijk van de bezettingsgraadklasse. Wanneer een rookcompartiment volledig uit verblijfsgebied bestaat, moeten vanuit de uitgangen cirkels met een straal volgens de tabel kunnen worden getekend in een dekkend patroon om te voldoen aan het voorschrift.

bezettingsgraadklasse	gebruiksoppervlak per persoon (m ²)	maximale loopafstand in een verblijfsgebied (m) ¹
B1	$> 0,8 \leq 2$	20
B2	$> 2 \leq 5$	20
B3	$> 5 \leq 12$	20
B4	$> 12 \leq 30$	30
B5	> 30	40

¹ artikel 2.136 lid 2 van Bouwbesluit 2003, waarbij de afstanden in deze tabel met een factor 1,5 m zijn verlaagd om het vluchten op verblijfniveau rekening houdend met vrije indeling en obstakels te verdisconteren. Wanneer een ruimte bestaat uit verblijfsgebieden en verkeersruimten, mag de afstand in het verblijfsgebied maal 1,5 opgeteld bij de afstand in de verkeersruimte niet groter zijn dan de waarde in de tabel maal 1,5.

Tabel 2. Maatregelpakketten.

pakket	hoogte ruimte / installatie	gebruiksfunctie	maatregelen
A	≥ 5 m	alle	<ul style="list-style-type: none"> • 3 m maximale stapelhoogte goederen of hoogte van de inrichting • bovenzijde tussenvloer maximaal 3 m boven begane grondvloer
B	≥ 7,5 m	alleen industriefunctie	<ul style="list-style-type: none"> • 5,5 m maximale stapelhoogte goederen of hoogte van de inrichting • bovenzijde tussenvloer maximaal 4,5 m boven begane grondvloer
C	≥ 10 m	alleen industriefunctie	<ul style="list-style-type: none"> • 8 m maximale stapelhoogte goederen of hoogte van de inrichting • bovenzijde tussenvloer maximaal 3 m boven begane grondvloer • alleen toegestaan voor bezettingsgraadklasse B4-B5
D	RWA	alle	<ul style="list-style-type: none"> • RWA uitgevoerd volgens NEN 6093 met: <ul style="list-style-type: none"> - gedurende minimaal 90 seconde afvoer van rook na activering installatie; - referentievermogensdichtheid en uitbreidingssnelheid volgens tabel; - oppervlakte brand ≤ 8 m² en omtrek ≤ 10 m (d.w.z. bij snelle uitbreiding en gemiddelde brandvermogensdichtheid na 5 minuten); - rookgastemperatuur ≤ 250 °C.
E	sprinkler ¹	alle	<ul style="list-style-type: none"> • life-safety-sprinkler volgens NFPA 101 en NFPA 13R

¹ Door een life-safety-sprinkler (met snellere reactietijd) wordt de beschikbare vluchttijd minimaal 4 minuten.

De maximale vluchtafstanden uit het Bouwbesluit zijn gebaseerd op een vluchttijd van dertig seconden door rook (met ingehouden adem). De oplossingen in de tabellen garanderen echter allemaal minimaal zestig seconden beschikbare vluchttijd zonder ernstige hinder van door brand veroorzaakte warmtestraling of rook. De vluchtafstand mag daarom ook twee keer zo groot zijn, zonder dat aan de functionele eisen van het Bouwbesluit wordt getornd. Als er voldoende uitgangen aanwezig zijn, kan de diepte van een B5-compartiment worden vergroot van ongeveer 75 m tot zo'n 150 m. Bij een nog grotere vluchtafstanden is het toch nodig een berekening met het vultijdenmodel te maken of een RWA-installatie (rook- en warmteafvoer) toe te passen.

Toepassingsvoorwaarden

Om de VROM-handreiking te mogen toepassen moet aan een aantal algemene voorwaarden worden voldaan.

- Het betreft utiliteitsbouw (geen woningbouw of bouwwerken geen gebouw zijnde).
- De hoogte van de ruimte bedraagt maximaal 15 m.
- Het brandcompartiment geldt als één rookcompartiment.
- Het brandcompartiment heeft een gebruiksoppervlak van maximaal 15.000 m².
- De tussenvloeren beslaan maximaal 25%

van de totale gebruiksoppervlak.

- De totale vuurbelasting van het brandcompartiment bedraagt maximaal 105 kg vurenhout per vierkante meter (2.000 MJ/m²).
- De brandvermogensdichtheid is niet meer dan 4.000.000 W/m² (zie *kader p. 52*).
- Het grote brandcompartiment is voorzien van bewegwijzering van de vluchtroute.
- Het grote brandcompartiment is bij bezettingsgraadklasse B1-B3 uitgerust met een ontruimingsalarminstallatie.
- Aan de eisen van de totale breedte van doorgangen (artikel 2.146) wordt gewoon voldaan. Voor publiekstoegankelijke gebouwen met bezettingsgraadklasse B1-B3 wordt daarnaast geadviseerd de breedtes groter dan anderhalve meter te kiezen om eventuele opstoppingen bij paniek te vermijden.

Vervolgens zijn er specifieke eisen geformuleerd in maatregelpakketten, waaraan de betreffende ruimte moet voldoen. Deze zijn samengevat in *tabel 2*. De handreiking geeft per pakket een tabel waarin met een relevant brandscenario (een combinatie van brandvermogensdichtheid en tijdconstante, zie *kader p. 52*) het maximaal toegestane vloeroppervlak kan worden opgezocht. Indien de ruimte voldoet aan deze oppervlakte-eis, het maatregelpakket en de algemene voorwaarden, mag de dubbele vluchtafstand ten opzichte van *tabel 1* worden gehanteerd.

Deze moet dan worden bepaald met de volgende uitgangspunten.

- Bepaal de loopafstand vanuit het meest ongunstige punt, waarbij de dichtstbijzijnde uitgang geblokkeerd is door de brand (in tegenstelling tot de methode volgens het Bouwbesluit waarbij naar de dichtstbijzijnde deur kan worden gevlucht en er geen rekening wordt gehouden met een blokkade).
- Een uitgang met daarvóór een op de grond gemarkeerde verkeerszone van minimaal 5 bij 5 m² hoeft niet als geblokkeerde uitgang te worden beschouwd.
- Twee uitgangen op minder dan vijf meter afstand van elkaar kunnen gelijktijdig zijn geblokkeerd.
- Een compartiment heeft minimaal twee toegangen (anders is er bij blokkering geen uitgang meer over).

In *tabel 3a tot en met f* zijn de tabellen uit de handreiking gereproduceerd voor de pakketten A, B en C, met en zonder rookdetectie. Deze tabellen zijn geldig wanneer er geen tussenvloeren of afgescheiden ruimten aanwezig zijn; in de handreiking zijn voor die situaties aparte tabellen opgenomen. Als pakket D of E (ook toepasbaar bij ruimten lager dan 5 m) wordt toegepast en aan de algemene voorwaarden is voldaan, dan is een verdubbeling van de vluchtafstand altijd toegestaan.

Tabel 3a tot en met 3f. Maximaal oppervlak (m²) van een groot brandcompartiment zonder tussenvloeren of afgescheiden ruimten, waarbij de dubbele loopafstanden toegestaan zijn als aan de algemene en voor het maatregelenpakket specifieke geldende voorwaarden wordt voldaan en de uitgangspunten worden gehanteerd.

3a. maatregelenpakket A zonder rookdetectie

vermogens- dichtheid	uitbreidingssnelheid (met tijdconstante)			
	traag 600	matig 300	snel 150	zeer snel 75
500.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
1.000.000	15.000	15.000	3.000	n.t.
1.500.000	15.000	15.000	1.300	n.t.
2.000.000	15.000	15.000	n.t.	n.t.
2.500.000	15.000	4.000	n.t.	n.t.
3.000.000	15.000	3.000	n.t.	n.t.
4.000.000	15.000	1.800	n.t.	n.t.

3b. maatregelenpakket A met rookdetectie

vermogens- dichtheid	uitbreidingssnelheid (met tijdconstante)			
	traag 600	matig 300	snel 150	zeer snel 75
500.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
1.000.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
1.500.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
2.000.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
2.500.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
3.000.000	15.000	15.000	3.000	n.t.
4.000.000	15.000	15.000	n.t.	n.t.

3c. maatregelenpakket B zonder rookdetectie

vermogens- dichtheid	uitbreidingssnelheid (met tijdconstante)			
	traag 600	matig 300	snel 150	zeer snel 75
500.000	15.000	15.000	15.000	15.000
1.000.000	15.000	15.000	15.000	2.500
1.500.000	15.000	15.000	15.000	1.300
2.000.000	15.000	15.000	4.500	n.t.
2.500.000	15.000	15.000	3.500	n.t.
3.000.000	15.000	15.000	2.500	n.t.
4.000.000	15.000	15.000	1.600	n.t.

3d. maatregelenpakket B met rookdetectie

vermogens- dichtheid	uitbreidingssnelheid (met tijdconstante)			
	traag 600	matig 300	snel 150	zeer snel 75
500.000	15.000	15.000	15.000	15.000
1.000.000	15.000	15.000	15.000	15.000
1.500.000	15.000	15.000	15.000	1.300
2.000.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
2.500.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
3.000.000	15.000	15.000	15.000	n.t.
4.000.000	15.000	15.000	3.500	n.t.

3e. maatregelenpakket C zonder rookdetectie

vermogens- dichtheid	uitbreidingssnelheid (met tijdconstante)			
	traag 600	matig 300	snel 150	zeer snel 75
500.000	15.000	15.000	15.000	15.000
1.000.000	15.000	15.000	15.000	15.000
1.500.000	15.000	15.000	15.000	4.000
2.000.000	15.000	15.000	15.000	2.500
2.500.000	15.000	15.000	15.000	1.900
3.000.000	15.000	15.000	15.000	1.200
4.000.000	15.000	15.000	4.500	n.t.

3f. maatregelenpakket C met rookdetectie

vermogens- dichtheid	uitbreidingssnelheid (met tijdconstante)			
	traag 600	matig 300	snel 150	zeer snel 75
500.000	15.000	15.000	15.000	15.000
1.000.000	15.000	15.000	15.000	15.000
1.500.000	15.000	15.000	15.000	15.000
2.000.000	15.000	15.000	15.000	2.500
2.500.000	15.000	15.000	15.000	1.900
3.000.000	15.000	15.000	15.000	1.200
4.000.000	15.000	15.000	15.000	n.t.

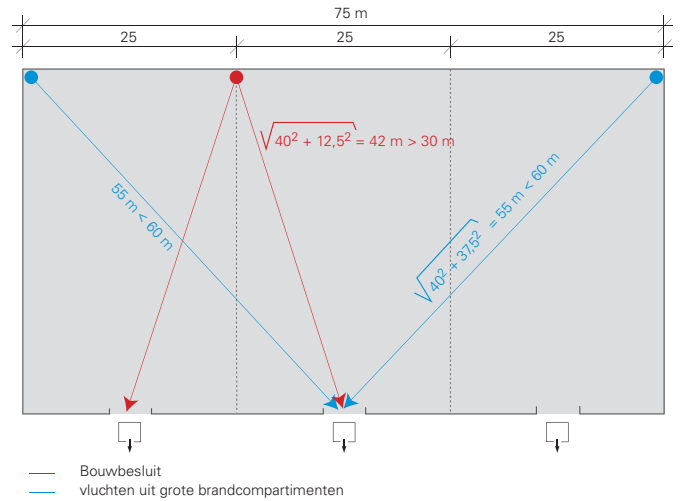
Literatuur

1. *Bouwbesluit 2003*. Laatste wijziging bij Stb. 2006, 586, Den Haag 30 november 2006.
 2. L. van der Graaf en J.W. Pothuis, *Vluchten bij brand uit grote brandcompartimenten. Bepalingsmethode voor veilig vluchten*. PRC Bouwcentrum, Bodegrave februari 1997.

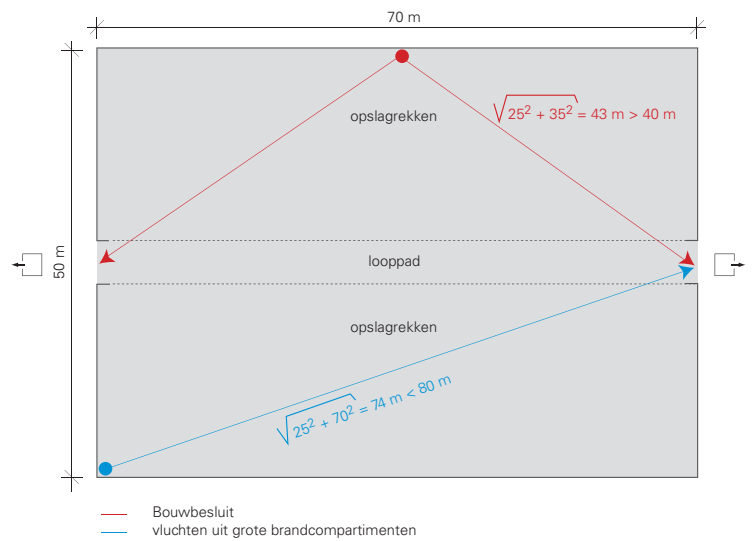
3. *Richtlijn vultijdenmodel grote brandcompartimenten*, TNO-rapport 96-CVB-R0330[1], Rijswijk oktober 1996.
 4. *Handreiking grote brandcompartimenten*, Ministerie van VROM, Den Haag mei 2007.
 5. *Doelstellingen brandveiligheid grote brandcompartimenten*, Ministerie van VROM, Den Haag juli 2007.

6. *Achtergronden van de handreiking grote brandcompartimenten*, Ministerie van VROM, Den Haag juli 2007.
 7. J.B. Schleich en L.-G. Cajot, *Natural fire safety concept*, Profilarbed, Esch/Alzette 2001.

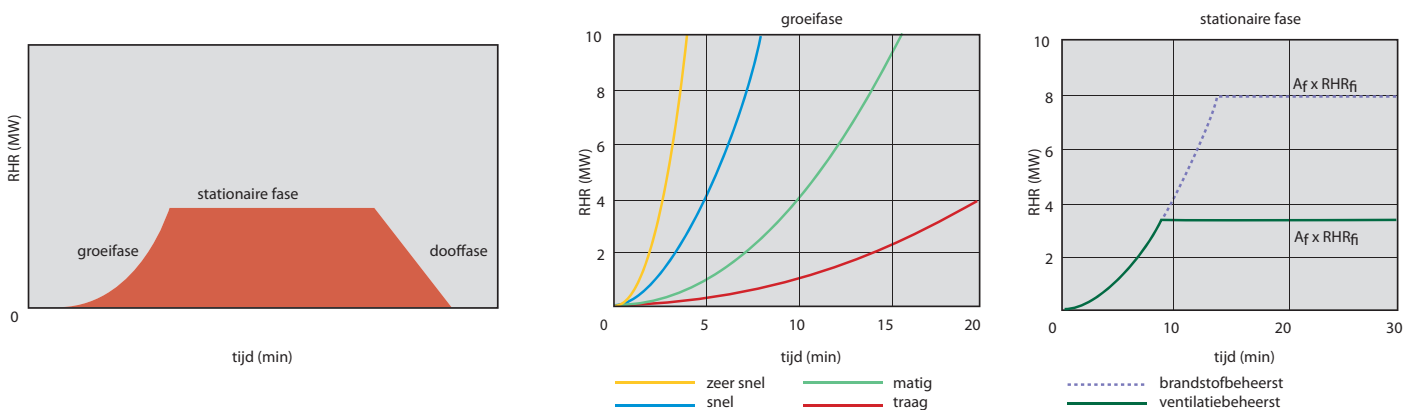
4. Voorbeeld 1. Deze sporthal van $40 \times 75 \text{ m}^2$ voldoet niet aan de vlucht-afstanden uit het Bouwbesluit voor bezettingsgraadklasse B4 (in rood: $42 \text{ m} > 30 \text{ m}$), maar wel aan de afstanden volgens de VROM-handreiking (in blauw: $55 \text{ m} < 60 \text{ m}$, waarbij rekening is gehouden met blokkade van de dichtstbij gelegen uitgang).



5. Voorbeeld 2. Deze opslaghal van $50 \times 70 \text{ m}^2$ voldoet niet aan de vlucht-afstanden uit het Bouwbesluit voor bezettingsgraadklasse B5 (in rood: $43 \text{ m} > 40 \text{ m}$), maar wel aan de afstanden volgens de VROM-handreiking (in blauw: $74 \text{ m} < 80 \text{ m}$, waarbij rekening is gehouden met blokkade van de dichtstbij gelegen uitgang).



6. Tijdens de groeifase ontwikkelt de brand zich kwadratisch in omvang en vermogen. In de stationaire fase wordt de (maximale) brandvermogensdichtheid (afbrandsnelheid) RHR_f bereikt wanneer de brand niet door zuurstofgebrek wordt getemperd (ventilatiebeheerst). In de groeifase is de RHR een functie van (tijd t /tijdconstante t_{α})². Er worden vier ontwikkelingsnelheden van branden onderscheiden: traag ($t_{\alpha} = 600 \text{ s}$), matig ($t_{\alpha} = 300 \text{ s}$), snel ($t_{\alpha} = 150 \text{ s}$) en zeer snel ($t_{\alpha} = 75 \text{ s}$). A_f is het oppervlakte van de brand.



Tabel 4. Gegevens van de tijdconstante, brandvermogensdichtheid en vuurbelasting op basis van statistisch, internationaal onderzoek^[7].

gebruik/activiteit	tijdconstante van de uitbreidings-snelheid van de brand (s)	vermogensdichtheid van de brand (W/m ²)	gemiddelde vuurbelasting 80%-fractiel (MJ/m ²)
woning	300 (matig)	250.000	948
ziekenhuis (kamer)	300 (matig)	250.000	280
hotel (kamer)	300 (matig)	250.000	377
bibliotheek	150 (snel)	250.000	1824
kantoor	300 (matig)	250.000	511
school	300 (matig)	250.000	347
winkelcentrum	150 (snel)	250.000	730
theater (bioscoop)	150 (snel)	500.000	365
transport (publieke ruimten)	600 (traag)	250.000	122

Tabel 5. Gegevens van de in de handreiking aangehouden tijdconstante en brandvermogensdichtheid voor verschillende gebruiksfuncties.

gebruiksfunctie	vermogensdichtheid van de brand (W/m ²)	tijdconstante van de uitbreidings-snelheid van de brand (s)
1 woonfunctie		
2 bijeenkomstgebouw	500.000	150 (snel)
3 celfunctie	500.000	300 (matig)
4 gezondheidszorgfunctie	500.000	300 (matig)
5 industriefunctie		
6 kantoorfunctie	500.000	300 (matig)
7 logiesfunctie	500.000	300 (matig)
8 onderwijsfunctie	500.000	300 (matig)
9 sportfunctie	500.000	600 (traag)
10 winkelfunctie	500.000	150 (snel)
11 overige gebruiksfunctie	500.000	150 (snel)
12 gebouwwerk geen gebouw zijnde		

Voorbeeld 1: Sporthal

Een sporthal (afb. 4) is 40x75 m² en via netten op te delen in drie delen van 40x25 m² (samen 3.000 m²). Elk deel heeft aan één zijde in het midden een uitgang. De inwendige hoogte van de sporthal is 7 m. De bezettingsgraadklasse is B4. De vluchtafstanden zijn 42 m, terwijl maximaal 30 m is toegestaan volgens het Bouwbesluit. Er moeten zo mogelijk uitgangen bij worden gemaakt aan de andere zijde.

Toepassing van de VROM-handreiking

Tabel 4 geeft voor een sportfunctie een brandvermogensdichtheid van 500.000 W/m² en een tijdconstante van 600 s. Uit tabel 3a en 3b volgt bij maatregelpakket A (h ≥ 5 m) een maximale oppervlak van 15.000 m² (met of zonder rookdetectie). Er is dus een verdubbeling van de maximale vluchtafstand (tot 60 m) toegestaan. De langste vluchtafstand treedt op bij de hoeken van de hal tegenover

de uitgangen. Wanneer van hieruit de dichtstbijzijnde uitgang is geblokkeerd, wordt de vluchtafstand naar de middelste uitgang 55 m en voldoet deze oplossing.

Voorbeeld 2: Opslaghal

Een opslaghal (afb. 5) is 50x70 m² (3.500 m²). In het midden van beide korte gevels zit een uitgang. De inwendige hoogte van de hal is 10 m. Er worden tot 8 m hoogte producten opgeslagen (huishoudelijke apparatuur in karton en een beperkte hoeveelheid eps, verpakt en gestapeld op houten pallets). De bezettingsgraadklasse is B5. De vluchtafstanden in het verblijfsgebied zijn volgens Bouwbesluit dus maximaal 40 m. In dit geval zijn de vluchtafstanden echter 43 m. Er wordt dus niet aan de prestatie-eisen uit het Bouwbesluit voldaan en er moeten uitgangen bijgemaakt worden of er moet een rookcompartimentering aangebracht worden.

Toepassing van de VROM-handreiking

Bij opslag tot 8 m hoort een brandvermogensdichtheid van 8-500.000 = 4.000.000 W/m² (vuistregel; zie kader p. 52). De tijdconstante is 150 s volgens het TNO-vultijdenmodel (goederen en verpakking van brandklasse 4 volgens NEN 6065, waarbij een subklasse brandgedrag 3 hoort met een tijdconstante 150 s). Uit tabel 3e volgt bij maatregelpakket C (h ≥ 10 m) zonder rookdetectie, een maximale oppervlak van 4.500 m² (en mét rookdetectie 15.000 m²). Omdat dit groter is dan het brandcompartiment van 3.500 m², is een verdubbeling van de maximale vluchtafstand (tot 80 m) toegestaan. De langste vluchtafstand treedt op bij de hoeken van de hal. Wanneer van hieruit de dichtstbijzijnde uitgang geblokkeerd is, wordt de vluchtafstand naar de tegenoverliggende uitgang 74 m. Dit is minder dan de toegestane 80 m; extra uitgangen, een rookcompartimentering of een RWA-installatie zijn dus niet nodig. •