

## Sprinklerinstallaties en brandwerendheid op bezwijken van staalconstructies

Status	definitief
Versie	003
Rapport	F.2015.0122.00.R001
Datum	28 juni 2017

DGMR en Efectis samen in brandveiligheid

## Colofon

<b>Opdrachtgever</b>	Bouwen met Staal Louis Braillelaan 80 2719 EK ZOETERMEER	VEBON-NOVB sectie Sprinklertechniek Postbus 190 2700 AD ZOETERMEER
<b>Contactpersoon</b>	de heer ir. R. Hamerlinck 06 - 53259154	de heer J.M.G. van Lierop 06 31 04 16 92
<b>Project</b> Betreft Uw kenmerk	Sprinklerinstallaties en brandwerendheid op bezwijken van staalconstructies Rapportage -	
<b>Rapport</b> Datum Versie Status	F.2015.0122.00.R001 28 juni 2017 003 definitief	
<b>Uitgevoerd door</b>	DGMR Bouw B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem	Efectis Nederland BV Brandpuntlaan Zuid 16 2665 NZ Bleiswijk postbus 554 2665 ZN Bleiswijk
<b>Informatie</b>	R.P.W. (Ronald) Oldengarm 088 346 77 02 ol@dgmr.nl	
<b>Auteur</b>	ing. J.C. (Johan) Hoogeweg 088 346 77 12 jho@dgmr.nl	ir. R.J.M. (Rudolf) van Mierlo (tot 1-1-2017)  Ir. A.D. Lemaire
<b>Verantwoordelijk</b>	R.P.W. (Ronald) Oldengarm 088 346 77 02 ol@dgmr.nl	
<b>Verwerkt door</b>	OL APT	

## Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Aanleiding	5
1.2 Opzet van deze publicatie	6
<b>2. Beoordelingswijze</b>	<b>8</b>
2.1 Doelen achter de eisen	8
2.2 Uitgangspunten	8
2.3 Bestaande bouw en verbouw	8
2.4 Woonfunctie	9
2.5 Brandwerendheid op bezwijken	9
<b>3. Voorbeelden</b>	<b>15</b>
<b>B.1 Relevante regelgeving en uitgangspunten</b>	<b>24</b>
B.1.1 Bouwbesluit 2012	24
B.1.2 Bepalingsmethoden tijdsduur bezwijken	28
B.1.4 Natuurlijk brandconcept/reductie mogelijkheden Eurocode/andere publicaties	29
B.1.5 Internationaal	29
<b>B.2 Gedrag van staalconstructies bij brand</b>	<b>31</b>
B.2.1 Kritieke staaltemperatuur	31
B.2.2 Brandwerendheid van onbeschermd constructies	31
B.2.3 Brandwerendheid van beschermde constructies	33
B.2.4 Componentenbenadering	33
<b>B.3 Werking sprinklerinstallatie</b>	<b>35</b>
B.3.1 Blusprincipe	35
B.3.2 Aandachtspunten ontwerp	36
B.3.3 Waarborging kwaliteit en betrouwbaarheid	36
<b>Bijlagen</b>	
Bijlage 1	Relevante regelgeving en achtergronden
Bijlage 2	Gedrag van staalconstructies bij brand
Bijlage 3	Sprinklerinstallatie

## Samenvatting

Het Bouwbesluit vereist dat een bouwwerk bij brand gedurende redelijke tijd kan worden verlaten en doorzocht. Aan deze eis kan volgens het Bouwbesluit bijvoorbeeld gekwantificeerd worden voldaan met een brandwerendheid op bezwijken van de bouwconstructie bij gegeven warmtebelasting van de brand op de constructie. Het Bouwbesluit 2012 staat afwijken van deze kwantitatieve eis toe indien gelijkwaardige veiligheid kan worden aangetoond.

Door beperken van die warmtebelasting met een sprinklerinstallatie kan een constructie met een lagere brandwerendheid toch de genoemde 'redelijke tijd' standhouden. Indien deze gelijkwaardigheid wordt gebruikt in een bouwproject moet deze aan het bevoegd gezag worden aangetoond. Er is echter tot op heden geen landelijke consensus of, en onder welke voorwaarden, zo'n lagere brandwerendheid toelaatbaar is.

Met deze publicatie wordt voor enkele eenvoudige situaties eenduidigheid gegeven over de reductie op de brandwerendheidseis voor de bouwconstructie bij aanwezigheid van een sprinklerinstallatie, zodat een eenvoudige onderbouwing van gelijkwaardigheid mogelijk is.

Het ligt in de verwachting dat met aanvullende onderbouwing voor meer dan de hier genoemde situaties een gelijkwaardigheid kan worden aangetoond.

## 1. Inleiding

### 1.1 Aanleiding

Het Bouwbesluit 2012 stelt als functionele eis dat een te bouwen bouwwerk bij brand gedurende redelijke tijd kan worden verlaten en doorzocht, zonder dat er gevaar voor instorting is. Deze functionele eis is in het Bouwbesluit vertaald naar prestatie-eisen uitgedrukt in de tijd dat de bouwconstructie niet mag bezwijken bij brand (de 'brandwerendheid met betrekking op bezwijken', afgekort 'BoB'). De hoogte van de eis hangt af van de functie en de hoogte van het gebouw, zonder rekening te houden met een eventuele aanwezigheid van bovenwettelijke brandveiligheidsvoorzieningen zoals een sprinklerinstallatie in het gebouw.

'De vereiste BoB wordt vaak behaald met alleen de prestatie van de draagconstructie bij blootstelling aan een standaardbrand (BoB<sub>con</sub>). Als echter de warmtebelasting op de draagconstructie wordt beperkt kan met een lagere prestatie-eis aan de constructie worden volstaan, terwijl toch nog voldaan wordt aan de vereiste BoB-tijd.

In gebouwen wordt een sprinklerinstallatie vaak aangebracht in het kader van gelijkwaardige veiligheid zoals bedoeld in artikel 1.3 van het Bouwbesluit 2012. De installatie wordt vaak aangebracht voor het realiseren van grote brandcompartimenten, maar beperkt ook de warmtebelasting op de draagconstructie. De aanwezigheid van de installatie wordt daarom ook vaak 'beloond' met een reductie op de BoB<sub>con</sub>-eis.

Er is geen landelijke consensus of, en onder welke voorwaarden, zo'n beloning met een reductie op de BoB<sub>con</sub>-eis toelaatbaar is. Aangezien elke gelijkwaardigheid gemotiveerd moet worden aangevraagd en moet worden beoordeeld door het bevoegd gezag, leidt dit tot onduidelijkheid bij de marktpartijen en bevoegd gezag.

De Eurocodes, die vanuit het Bouwbesluit worden aangewezen, lijken een goede kandidaat om zonder discussie gelijkwaardigheid te onderbouwen. Berekeningen met de Eurocodes vereisen echter nog aannames voor de invoergegevens en een selectie van de brandscenario's die voor de berekeningen gehanteerd moeten worden. Over die aannames bestaat nog geen landelijke consensus, zodat deze aanpak hetzelfde bezwaar heeft.

Met deze publicatie wordt een landelijke consensus verkregen over de reductie op de BoB<sub>con</sub> bij aanwezigheid van een sprinklerinstallatie, zodat een eenvoudige onderbouwing van gelijkwaardigheid mogelijk is. Dit document is een richtlijn en geen wet- en regelgeving. Per situatie kan de methode door de indiener als gelijkwaardige oplossing worden ingediend en door het bevoegd gezag en/of diens adviseur (bijvoorbeeld de brandweer) beoordeeld, in samenhang met het gekozen integrale brandveiligheidsconcept.

Deze kennispublicatie is bestemd voor medewerkers van brandweer, gemeenten (Bouw- en Woningtoezicht), private bouwplantoetsers, architecten, aannemers, constructeurs, adviseurs, gebouw eigenaren. Uitgangspunt is dat zonder directe kennis van de constructieve normen en de hierbij behorende begrippen deze kennispublicatie toepasbaar is.

De toepassing van de methode in dit document betreft een voor het specifieke gebruik geldende maatwerkoplossing. Bij transformatie naar een andere gebruiksfunctie in de toekomst of bij andere fundamentele wijzigingen, zal de methode in de gewijzigde situatie opnieuw toegepast moeten worden. De eigenaar/gebruiker van het gebouw dient hiervan bewust te zijn.

De gebruiker van de hier gepresenteerde methode zal altijd moeten nagaan of het gebruik ervan past binnen het totale veiligheidsconcept van het betreffende gebouw.

## 1.2 Opzet van deze publicatie

Reductie van de brandwerendheid op bezwijken van een bouwconstructie is toelaatbaar als het bouwwerk, anders dan door het volgen van de prestatie-eisen van het Bouwbesluit, alsnog aan de doelen van het Bouwbesluit voldoet. Deze publicatie geeft daarom aan onder welke condities de combinatie van een bouwconstructie met gereduceerde brandwerendheid en een sprinklerinstallatie de doelen behaalt op hetzelfde niveau als volgens de prestatie-eisen. Voor die vergelijking is het nodig de prestaties en de faalkansen voor beide oplossingen te kwantificeren.

Het in zijn algemeenheid kwantificeren van prestaties en faalkansen is niet triviaal en vereist een veel betere onderbouwing dan in deze publicatie gegeven. Voor situaties binnen het toepassingsgebied van deze publicatie kan de gelijkwaardigheid van een bouwconstructie met gereduceerde brandwerendheid in combinatie met een sprinklerinstallatie echter zonder uitgebreide onderbouwing voldoende zeker worden aangetoond.

Het toepassingsgebied van deze publicatie is:

- Gebouwen waar de gevolgen van bezwijken van de draagconstructie beperkt zijn (overeenkomend met de gevolklassen CC1 en CC2 volgens de Eurocodes);
- Nieuwbouw, verbouw en bestaande bouwsituaties zoals bedoeld in Bouwbesluit 2012;
- Staalconstructies in combinatie met een sprinklerinstallatie in gebouwen die qua eisenpakket geheel vallen onder het Bouwbesluit 2012.

Het toepassingsgebied van deze publicatie is niet:

- Sprinklerinstallaties die rechtstreeks de staalconstructie koelen;
- Gebouwen waar de gevolgen van bezwijken van de draagconstructie groot zijn (overeenkomend met de gevolklassen CC3 volgens de Eurocodes);
- Gebouwen hoger dan 70 meter boven of meer dan 8 meter onder meetniveau en verkeerstunnels.
- Brandcompartimenten die binnen de invloedssfeer vallen van de PGS 15.

Deze publicatie geeft aan met welke sprinklerinstallaties en bijkomende condities een reductie op de brandwerendheid van een stalen bouwconstructie zonder uitgebreide onderbouwing is toegestaan, omdat het veiligheidsniveau ook zonder die onderbouwing voldoende zeker ten minste gelijk is aan wat is beoogd met het Bouwbesluit 2012. De ‘voldoende zekerheid’ wordt in deze fase gebaseerd op een brede consensus bij de stakeholders.

Het document is in eerste instantie opgesteld voor toepassing van de sprinklerinstallaties. De principes van de in het document gepresenteerde methode zijn tevens toepasbaar op andere vast opgestelde brandbeheersings- en brandblussystemen (VBB-systemen). Het is denkbaar dat andere VBB-systemen, bijvoorbeeld watermist, die voldoen aan de criteria voor het te beveiligen risico in relatie met het gebouw en het gebruik een alternatief kunnen zijn.

---

Voor het bepalen van de 'brandwerendheid op bezwijken' van de constructie van het gebouw zijn er meerdere methoden beschikbaar:

- Het toepassen van de directe eisen uit het Bouwbesluit zonder toepassing van gelijkwaardigheid;
- Het toepassen van de vereenvoudigde methode zoals aangegeven in deze publicatie, die gebaseerd is op conservatieve uitgangspunten en waarden. Hierbij wordt mogelijk niet de gehele aanwezige potentieel van een sprinklerinstallatie benut;
- Een nadere beschouwing van het gehele brandveiligheidsconcept waarbij integraal naar de brandveiligheid wordt gekeken, bijvoorbeeld op basis van een risicobenadering met Fire Safety Engineering.

## 2. Beoordelingswijze

### 2.1 Doelen achter de eisen

Deze publicatie richt zich alleen op de doelen van de wetgeving. Het Bouwbesluit kent als doelen het voorkomen van slachtoffers en het voorkomen van schade aan derden op andere percelen. Het voorkomen van schade<sup>1</sup> aan eigen bezittingen of die van anderen op hetzelfde perceel is geen doel van het Bouwbesluit, maar het nastreven van de twee doelen heeft als neveneffect wel het gedeeltelijk reduceren van de laatstgenoemde schade.

Voor een specifiek gebouw kunnen echter ook privaatrechtelijke eisen van belang zijn, bijvoorbeeld gesteld door de verzekeraar of door de eigenaar zelf, waardoor 'reductie' op de eis niet mogelijk is.

### 2.2 Uitgangspunten

Het basis-uitgangspunt van de hier gepresenteerde methode is dat een bouwconstructie bij aanwezigheid van een goed functionerende sprinklerinstallatie niet bezwijkt binnen de tijdsduur die in de prestatie-eis van het Bouwbesluit zonder reductie wordt vereist. Een sprinklerinstallatie heeft net als bouwkundige constructies echter een faalkans. In deze publicatie wordt de faalkans van een sprinklerinstallatie meegenomen in de waardering van de sprinklerinstallatie; dit is een eenvoudige aanpak. Om binnen deze eenvoudige aanpak voldoende veilige oplossingen te garanderen worden vier randvoorwaarden gehanteerd:

- De brandwerendheid op bezwijken van de bouwconstructie moet bij volledig falen van de sprinklerinstallatie ten minste gelijk zijn aan de ontruimingstijd van het gebouw; hierdoor is ook bij het falen van de sprinklerinstallatie het veilig vluchten in het gebouw gewaarborgd;
- De gebruikte sprinklerinstallaties hebben een breed geaccepteerde goede werking en voldoende mate van betrouwbaarheid. De sprinklerinstallatie dient afgestemd te zijn op de aanwezige risico's in het gebouw. De sprinklerinstallatie moet dan ook voorzien zijn van een geldig inspectie-certificaat volgens het CCV-certificatieschema 'brandbeveiligingsinstallatie';
- De reductie is niet van toepassing op de constructieve eisen die betrekking hebben op het in stand houden van brandscheidingen in het gebouw. De brandwerendheid op bezwijken van de bouwconstructie die een functie heeft in het dragen van een brandscheiding moet bij volledig falen van de sprinklerinstallatie ten minste gelijk zijn aan de vereiste WBDBO<sup>2</sup>-waarde van de betreffende scheiding. Bij het falen van de sprinklerinstallatie moeten de brandscheidingen blijvend voldoen aan de van toepassing zijnde prestatie-eisen;
- Uitgangspunt is de inzet van de sprinklerinstallatie voor een reductie op de BoB<sub>con</sub>-eis en het realiseren van grote brandcompartimenten. Indien de sprinklerinstallatie voor meer dan deze twee gelijkwaardigheden wordt ingezet is een nadere integrale beschouwing noodzakelijk.

### 2.3 Bestaande bouw en verbouw

De in deze publicatie aangegeven methode is in eerste instantie opgezet voor nieuwbouw, maar is ook toepasbaar voor bestaande bouw en verbouw. Overeenkomstig de uitgangspunten van het Bouwbesluit dient hierbij uitgegaan te worden van het rechtens verkregen niveau voor het bepalen van de BoB<sub>con</sub>-eis. Indien er geen rechtens verkregen niveau te herleiden is gelden de eisen voor bestaande bouw.

---

<sup>1</sup> In situaties waarbij de sprinklerinstallatie de brand niet beheerst op een wijze zoals beoogd kan er een aanzienlijke schade ontstaan aan de inventaris en de bouwkundige onderdelen van het gebouw. Indien dit zich dit voordoet zal de brandweer snel kiezen voor een defensieve inzet gericht op het beschermen van de omliggende brandcompartimenten en bebouwing. Schadebeperking binnen het gesprinklerde brandcompartiment heeft dan geen prioriteit.

<sup>2</sup> WBDBO: Weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag.



*Opmerking: Bij toepassing van deze methode kan het bij bestaande bouw en verbouw voorkomen dat na het doorlopen van de methode dit niet resulteert in een reductie bij de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie. Dit wil echter niet zeggen dat er geen reductie mogelijk is basis van de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie, maar dat een aanvullende beschouwing vereist is die geen onderdeel uitmaakt van de in deze publicatie beschreven systematiek.*

## 2.4 Woonfunctie

Woongebouwen vragen om een bijzondere beschouwing omdat hierbij de ontruiming (met name de alarmering), door het ontbreken van een interne organisatie en alarmeringsmiddelen (ontruimingsalarminstallatie), geïnitieerd wordt door de externe hulpverleningsorganisatie (politie/brandweer).

Bij woningbouw boven een gesprinklerd brandcompartiment wil de werkgroep Veilig Bouwen van Brandweer Nederland zich vooralsnog conformeren aan de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan artikel 7.2.4.3 uit de NEN 6060 om de doorzoekbaarheid en ontruiming van de bovenliggende woningen mogelijk te maken. In NEN 6060 is stapeling van woningen mogelijk boven een gesprinklerd brandcompartiment (maatregelpakket IV), maar deze stapeling moet wel voldoen aan het BB 2012. Hieruit volgt maximaal een reductie van 30 minuten van de brandwerendheid van de draagconstructie op basis van een lage permanente vuurbelasting (indien toegestaan) of aanwezigheid van een sprinklerinstallatie waarbij een keuze gemaakt moet worden tussen of reductie op basis van sprinkler of reductie op basis van een permanente vuurbelasting. De reductie op basis van de aanwezigheid van de sprinklerinstallatie is alleen toegestaan in situaties waarbij een reductie op basis van een lage vuurbelasting is toegestaan.

De methode is naar het oordeel van de rapporteurs eveneens toepasbaar bij woningen boven een gesprinklerd brandcompartiment. De toepasser van het rapport moet in dergelijke gevallen in overleg treden met het bevoegd gezag om te bepalen of en zo ja onder welke voorwaarden de methode kan worden toegepast.

## 2.5 Brandwerendheid op bezwijken

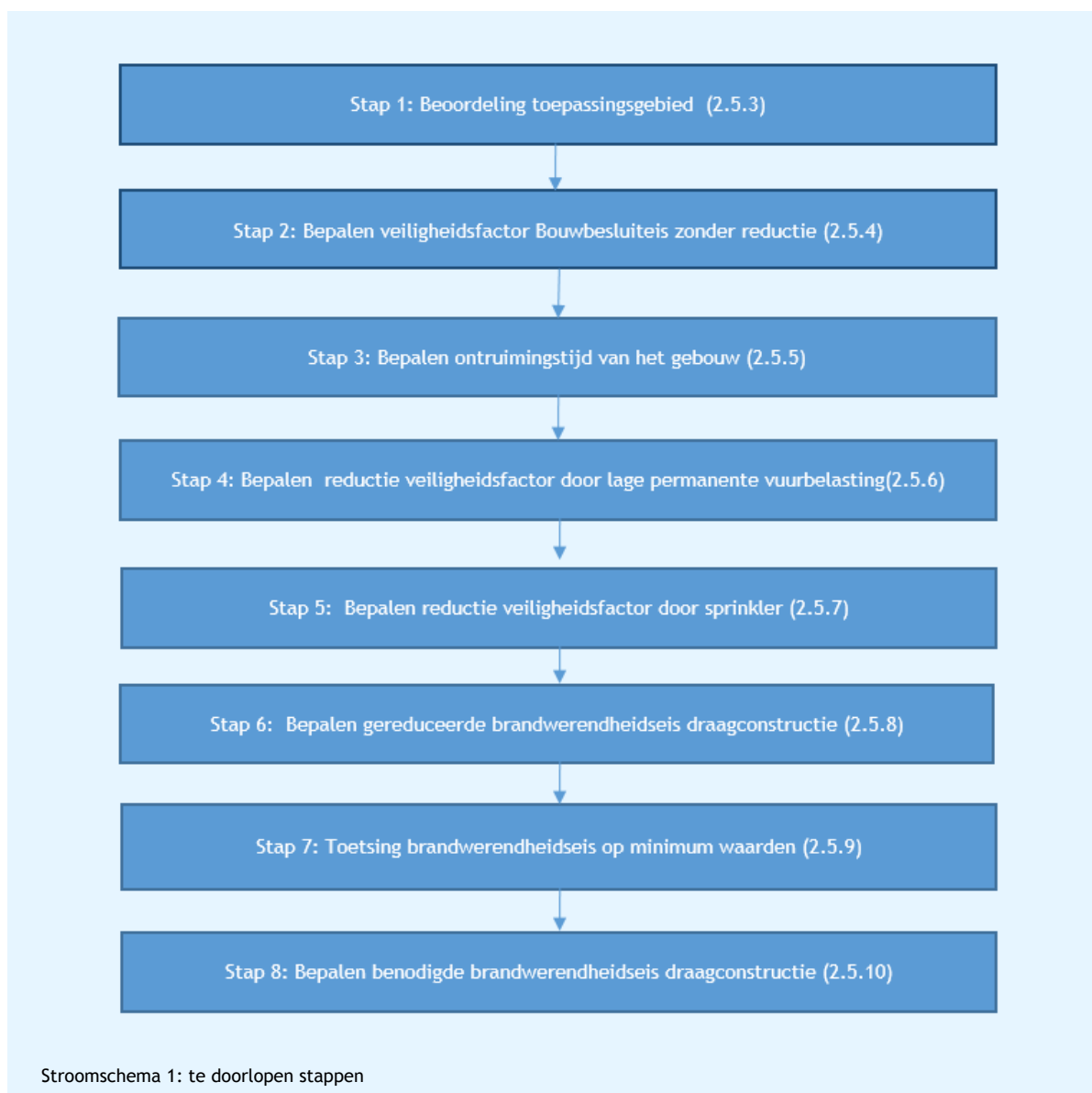
### 2.5.1 Principe

Het Bouwbesluit hanteert het uitgangspunt dat bij een lage permanente vuurbelasting de kans op bezwijken van de constructie klein is en dat daarom een reductiefactor op de vereiste brandwerendheid op bezwijken van de constructie mag worden toegekend. Deze systematiek wordt hier ook toegepast bij het waarden van de sprinklerinstallatie.

Zowel de lage vuurbelasting als de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie zijn risicobeperkende maatregelen, zodat het tegelijkertijd toepassen van beide reducties op de  $BoB_{con}$  niet op voorhand bezwaarlijk is, mits voldaan wordt aan de voorwaarden in paragraaf 2.2.

### 2.5.2 Te doorlopen stappen

Voor het bepalen van de noodzakelijke brandwerendheid van de constructie ( $BoB_{con}$ ) dienen de in stroomschema 1 aangegeven stappen doorlopen te worden.



### 2.5.3 Stap 1: Beoordeling toepassingsgebied

Bepaal of de beschouwen situatie/het gebouw valt binnen het toepassingsgebied zoals aangegeven in paragrafen 1.2 en 2.2 t/m 2.4.

### 2.5.4 Stap 2: Bepalen veiligheidsfactor Bouwbesluit-eis zonder reductie sprinkler

Op basis van het normatief brandverloop en de ontruimingstijd van gebouwen zou kunnen worden volstaan met maximaal 60 minuten voor de BoB. De consequenties van het falen zijn echter afhankelijk van de gebruiksfunctie en de hoogte van het gebouw. Daarom is in het Bouwbesluit afhankelijk van deze twee eigenschappen een veiligheidsfactor op die 60 minuten van toepassing.

Het Bouwbesluit drukt het veiligheidsniveau van brandwerende draagconstructies uit in minuten brandwerendheid op bezwijken (BoB).

De 60 minuten-eis moet daarbij gezien worden als veiligheidsniveau met veiligheidsfactor 1,0. Bij een 90 minuten eis bedraagt de veiligheidsfactor 1,5 en bij 120 minuten 2,0.

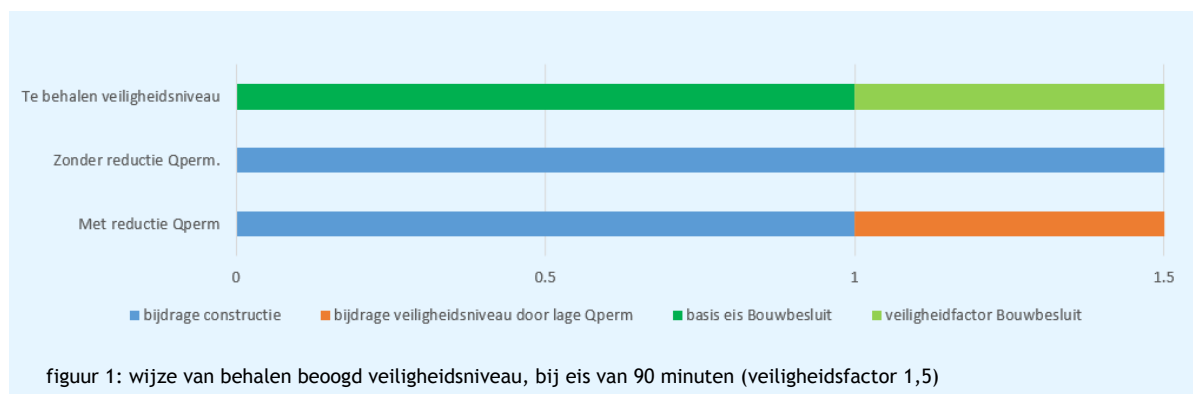
**tabel 1: veiligheidsniveau Bouwbesluit**

Eis brandwerendheid op bezwijken	Veiligheidsfactor
60 minuten	1,0
90 minuten	1,5
120 minuten	2,0

Zonder toepassing van een reductie op de  $BoB_{con}$ -eis wordt het totale veiligheidsniveau door de constructie opgebracht, al dan niet met bescherming van de constructieonderdelen (b.v. brandwerende bekleding).

Bij een reductie op de  $BoB_{con}$ -eis wegens lage permanente vuurbelasting wordt een deel van het veiligheidsniveau behaald door een verlaging van de warmtebelasting op de constructie. Het Bouwbesluit staat dan een verlaging op de eis van 30 minuten toe (veiligheidsfactor 0,5).

In figuur 1 is weergegeven hoe het met het Bouwbesluit beoogde veiligheidsniveau behaald kan worden met en zonder toepassing van een reductie voor een lage vuurbelasting.



### 2.5.5 Stap 3: Bepalen ontruimingstijd

Brandveiligheid bestaat uit een samenspel tussen bouwkundige, installatietechnische en organisatorische maatregelen (BIO).

Een sprinklerinstallatie beperkt de omvang van een brand<sup>3</sup>, zodat de kans op bezwijken van de constructie sterk wordt gereduceerd. Daarom zou de brandwerendheid van de constructie tot (bijna) 0 minuten kunnen worden gereduceerd zodat er geen aanvullende maatregelen nodig zijn om de sterkte van de constructie onder brandomstandigheden te waarborgen. Binnen de veiligheidsketen is echter een gangbaar uitgangspunt dat het falen van een enkele schakel in de keten niet zou moeten leiden tot zeer grote reductie van het veiligheidsniveau, met een grote kans op het ontstaan van slachtoffers.

Aangezien de faalkans van sprinklerinstallaties in deze publicatie slechts algemeen is gekwantificeerd, is hier het uitgangspunt dat ook bij falen van de sprinklerinstallatie een ontruiming van het gebouw mogelijk moet zijn, zonder dat bezwijken van bouwconstructies leidt tot blokkeren van vluchtroutes of hinderen van de ontruiming. Deze tijdsduur dient geheel door de constructie te worden opgebracht.

<sup>3</sup> Doel van de installatie zoals beoogd is met de verschillende ontwerpvoorschriften voor sprinklerinstallaties is het beheersen van een brand, in de praktijk zijn er veel situaties bekend waar de sprinklerinstallatie de brand heeft geblust. In deze publicatie is het uitgangspunt dat de sprinklerinstallatie de omvang van een brand beheerst.

De ontruimingstijd van een gebouw wordt bepaald volgens:

$$\text{ontruimingstijd} = \text{detectietijd} + \text{reactietijd} + \text{vluchttijd}$$

Voor het bepalen van de ontruimingstijd kan er gebruik gemaakt worden van twee methoden:

- Methode 1: Hanteren forfaitaire waarden; hierbij wordt uitgegaan dat conform het Bouwbesluit een gebouw binnen 30 minuten na het ontstaan van brand ontruimd is;
- Methode 2: berekende waarden; hierbij worden de waarden berekend op basis van de gebouwkenmerken, de aanwezige installaties en het gebruik van het gebouw. Hieronder is aangegeven welke factoren hierbij meegenomen moeten worden.

De totale ontruimingstijd van het gebouw is een optelling van de hieronder aangegeven waarden:

- Detectie tijd brand \*;
- Reactietijd aanwezige personen;
- Vluchttijd \*\*.

\* Een brand kan gedetecteerd worden door installatietechnische voorzieningen zoals een brandmeld- of sprinklerinstallatie of door de aanwezige personen. Door de aanvrager van de gelijkwaardigheid dient de detectietijd bepaald te worden. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de aanwezige brandscenario's en gebouwkenmerken (zoals b.v. de hoogte van een ruimte) en de kenmerken/uitvoering van de aanwezige installaties (b.v. de aanspreeknelheid van een sprinklerkop). Doordat deze tijden projectspecifiek zijn is het aangeven van een forfaitaire waarde niet mogelijk. Het hanteren van de sprinklerinstallatie voor detectie en alarmering is toegestaan.

\*\* De vluchttijd van een gebouw kan bijvoorbeeld worden herleid uit de opvang- en doorstroomcapaciteitsberekening van het gebouw. Hierbij dient tevens rekening gehouden te worden met de looptijd tot het trappenhuis en vanuit het trappenhuis naar een uitgang in de gevel (indien van toepassing) en de interactie met gebruikers op het uitgangsniveau die gebruik maken van dezelfde uitgang(en).

#### 2.5.6 Stap 4: Bepaling reductie veiligheidsfactor door lage vuurbelasting ( $R_{Qperm}$ )

Bouwbesluit artikel 2.10, lid 3 en 6 maken het, afhankelijk van de hoogte van het gebouw, mogelijk om de bezwijk-eis voor de draagconstructie met 30 minuten te reduceren indien de permanente vuurbelasting, bepaald volgens NEN 6090, niet meer is dan  $500 \text{ MJ/m}^2$ .

Het Bouwbesluit neemt namelijk aan dat de constructie met een dergelijke permanente vuurbelasting niet of nauwelijks een bijdrage levert aan brand. De reductie van de brand wordt vertaald naar een reductie  $R_{Qperm}$  van de veiligheidsfactor met 0,5.

#### 2.5.7 Stap 5: Bepaling reductie veiligheidsfactor door sprinklerinstallatie ( $R_{sprinkler}$ )

De uitvoering van de sprinklerinstallatie bepaalt de betrouwbaarheid ervan en de daaruit volgende reductie  $R_{sprinkler}$  van de veiligheidsfactor. Indien extra maatregelen zijn getroffen om de betrouwbaarheid van de sprinklerinstallatie te verhogen kan een hogere reductie worden toegekend.

Sprinklerinstallaties worden vooral aangebracht om brandcompartimenten met grote oppervlakten te kunnen realiseren. In deze publicatie is daarom een eenvoudige waardering van de sprinklerinstallatie ontleend aan NEN 6060 ('Brandveiligheid grote brandcompartimenten'), waarbij de betrouwbaarheid van de sprinklerinstallatie een directe relatie heeft met het maximaal oppervlak van een brandcompartiment en aspecten van veilig vluchten.

*Opmerking: bij toepassing van deze publicatie is het niet vereist de methode zoals aangegeven in de NEN 6060 te hanteren als onderbouwing bij de gelijkwaardigheid voor grote brandcompartimenten. Wel wordt voor de uitvoering van de sprinklerinstallatie in relatie tot de betrouwbaarheid hiervan aansluiting gezocht bij deze norm.*

Het is gerechtvaardigd aan een gecertificeerde sprinklerinstallatie met een ‘normaal’ uitvoeringsniveau (zie tabel 3 en bijlage B3.3.) ten minste dezelfde reductie op de  $BoB_{con}$ -eis toe te kennen als bij een lage permanente vuurbelasting. Deze lage vuurbelasting beperkt namelijk deels de duur en/of het vermogen van de brand, maar voorkomt meestal niet het bereiken van een volledig ontwikkelde brand (en de daarbij optredende temperaturen die tot bezwijken van de constructie kunnen leiden) omdat hier ook de vuurbelasting ten gevolge van de inrichting een rol bij speelt. Een sprinklerinstallatie voorkomt meestal de groei van een brand zodanig dat de constructie geen substantiële thermische belasting ondervindt. Wel bestaat er een faalkans voor de sprinklerinstallatie. Deze faalkans is echter gering ten opzichte van de kans dat met een lage permanente vuurbelasting alsnog een substantiële thermische belasting op de constructie ontstaat. Het treffen van maatregelen om de faalkans van de sprinklerinstallatie te verlagen en de waardering van een lagere faalkans maken onderdeel uit van deze methode.

Tabel 3 geeft de reducties op de veiligheidsfactor door de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie, afgestemd op de uitgangspunten en de achtergronden van NEN 6060. De verschillende uitvoeringsniveaus zijn toegelicht in bijlage B.3.3. Ook als er geen gebruik wordt gemaakt van de NEN 6060 dient in het kader van het toepassen van deze publicatie voldaan te worden aan het aangegeven uitvoeringsniveau.

**tabel 3: reducties op de veiligheidsfactor door sprinkler**

Uitvoeringsniveau sprinkler	Reductie door sprinkler $R_{sprinkler}$
Normaal	0,5
Verbeterd	0,625
Hoog	0,825

Achtergrond van de toegepaste waarderingsfactoren: Binnen de NEN 6060 wordt de betrouwbaarheid van de sprinklerinstallatie gerelateerd aan het uitvoeringsniveau van deze installatie. Hierbij is het uitvoeringsniveau ‘normaal’ van de uitvoering van de sprinklerinstallatie gelijkgesteld aan de reductiemogelijkheid bij een lage permanente vuurbelasting. De waarden ‘verbeterd’ en ‘hoog’ zijn een verhoudingswaarde tussen de toegekende betrouwbaarheid in de NEN 6060 en de reductiemogelijkheid uit het bouwbesluit bij een lage permanente vuurbelasting. Deze methode is dan ook acceptabel binnen het toepassingsgebied van deze publicatie (zie paragraaf 2.2).

### 2.5.8 Stap 6: Bepalen gereduceerde brandwerendheidseis draagconstructie

De door de constructie op te brengen brandwerendheid ( $BoB_{conred}$ ), waarbij alleen rekening wordt gehouden met de waardering van de lage vuurbelasting en de aanwezige sprinklerinstallatie, wordt bepaald volgens:

$$BoB_{conred} = (BoB - R_{sprinkler} - R_{Qperm}) * 60 \text{ minuten} \quad (2)$$

waarin:

- $BoB_{conred}$  = door de constructie op te brengen brandwerendheid van de draagconstructie na het toepassen van alle reductiefactoren
- $BoB$  = veiligheidsfactor van Bouwbesluit prestatie-eis zonder reductie (zie 2.5.4)
- $R_{sprinkler}$  = reductie op veiligheidsfactor door sprinkler (zie 2.5.7)
- $R_{Qperm}$  = reductie op veiligheidsfactor door lage permante vuurbelasting (zie 2.5.6)

### 2.5.9 Stap 7: Toetsing brandwerendheidseis op minimumwaarden

De vereiste brandwerendheid van de constructie is ten minste gelijk aan de minimum tijdwaarden die nodig zijn om het gebouw te ontruimen en om de brandwerendheid van de brandscheidingen in stand te houden:

$$BoB_{con} \geq \text{Ontruimingstijd van het gebouw, volgens 2.5.5} \quad (3a)$$

$$BoB_{con}^4 \geq \text{WBDBO-eis van de brandscheidingen} \quad (3b)$$

### 2.5.10 Stap 8: Bepalen benodigde brandwerendheid draagconstructie

De vereiste brandwerendheid van de constructie,  $BoB_{con}$ , is ten minste gelijk aan de gereduceerde brandwerendheid op bezwijken volgens 2.3.8 en ten minste gelijk aan de minimum tijdwaarden volgens 2.5.9:

$$BoB_{con} \geq BoB_{conred}, \text{ volgens 2.5.8} \quad (4)$$

waarin:

$$BoB_{con} \geq \text{Ontruimingstijd van het gebouw, volgens 2.5.5}$$

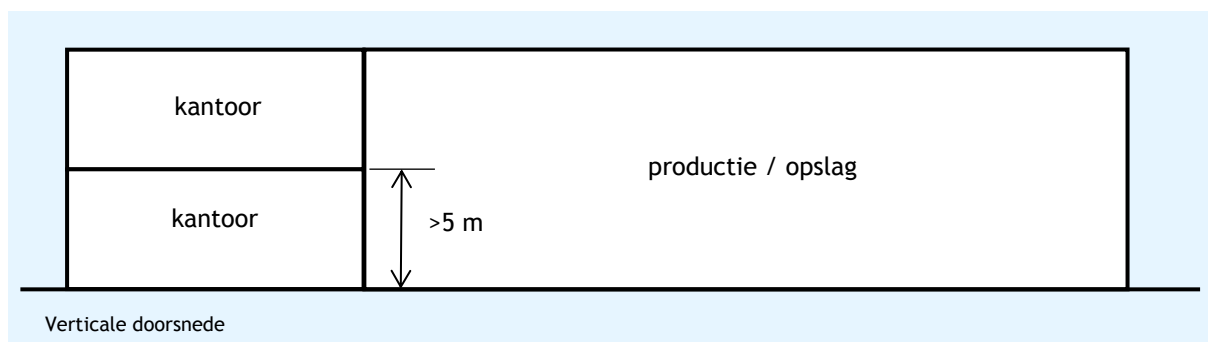
$$BoB_{con}^4 \geq \text{WBDBO-eis van de brandscheidingen}$$

---

<sup>4</sup> Deze voorwaarde geldt voor zover de constructie een functie vervult in het dragen van een brandscheiding. Dit betekent dat de  $BoB_{con}$ -waarde per constructie-onderdeel mag/kan verschillen. Voor constructies die dienen voor het in stand houden van een brandscheiding kan een andere (hogere/lagere) waarde van toepassing zijn.

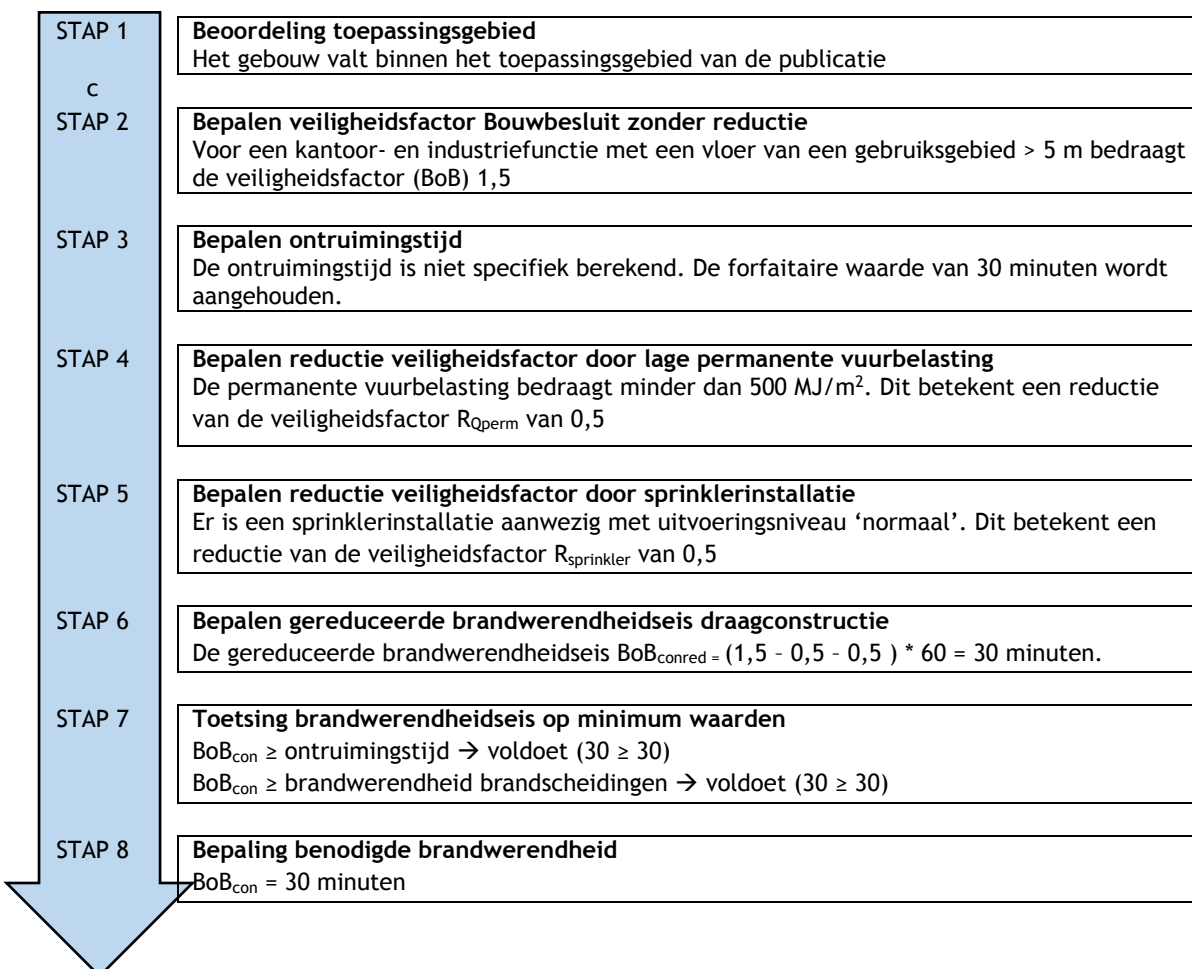
### 3. Voorbeelden

#### Voorbeeld 1: industriegebouw met twee lagen kantoorfunctie

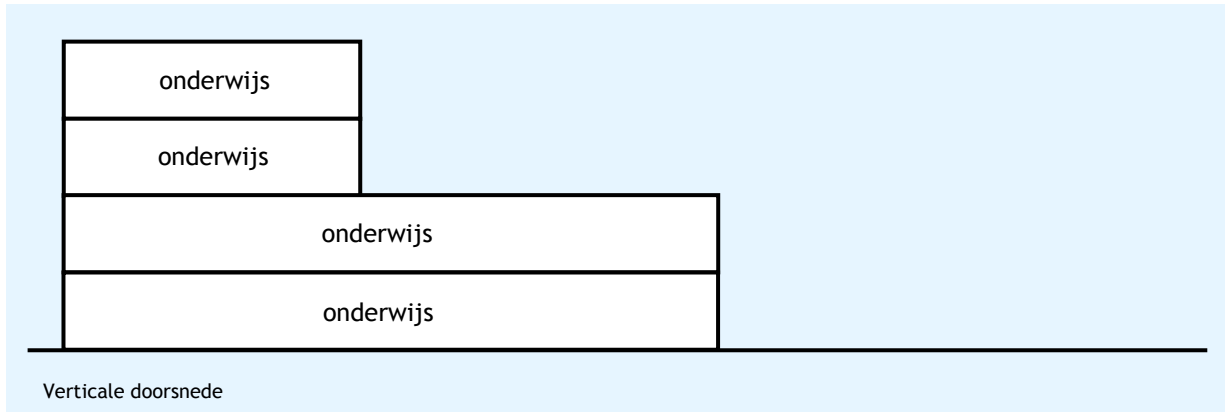


#### Gegeven:

Aanwezige brandscheidingen:	30 minuten brandwerend rondom het trappenhuis
Permanente vuurbelasting:	< 500 MJ/m <sup>2</sup>
Sprinkler:	volledige gebouw gesprinklerd, uitvoeringsniveau 'normaal'
Ontruimingstijd:	niet berekend

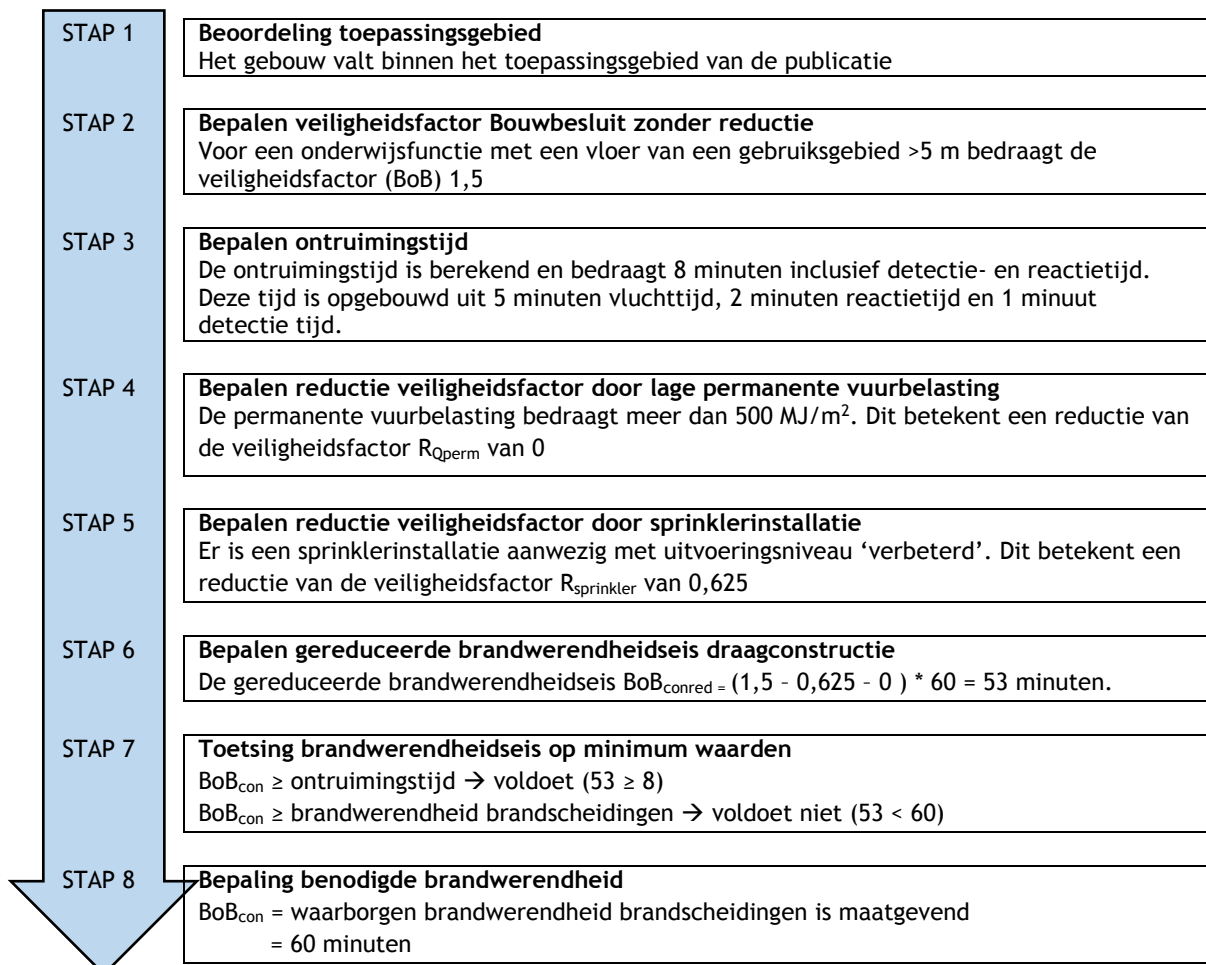


## Voorbeeld 2: onderwijsgebouw



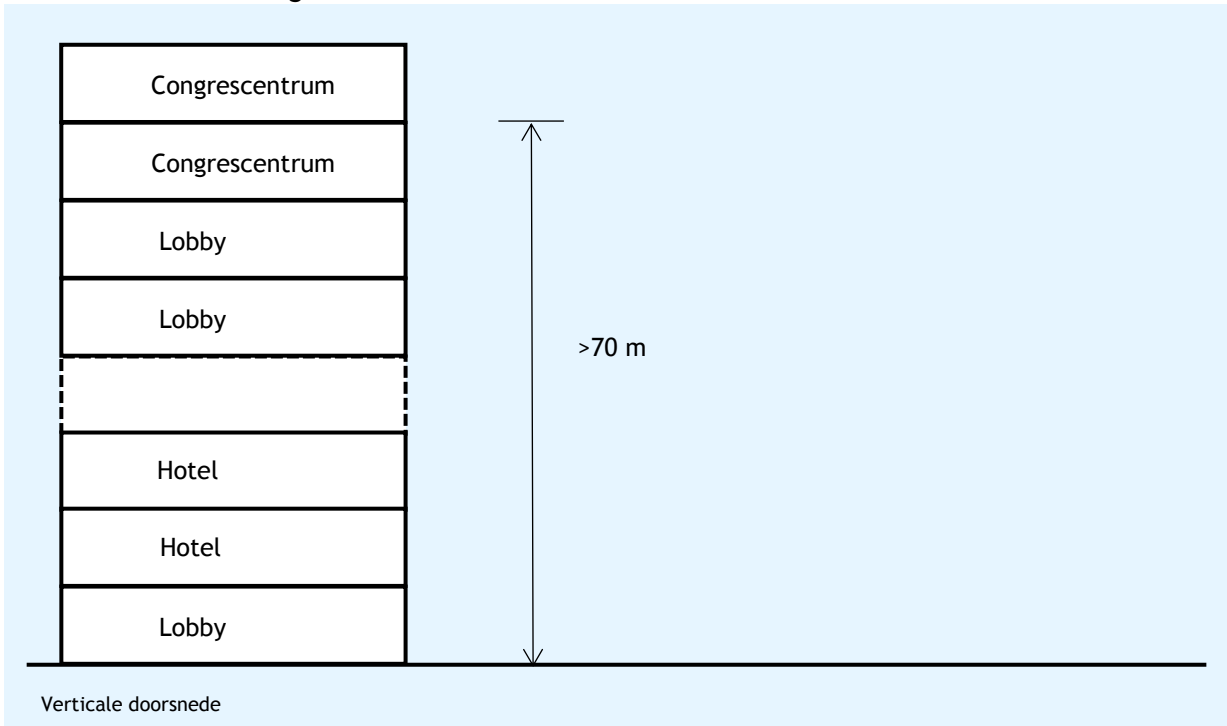
### Gegeven:

Aanwezige brandscheidingen: 60 minuten brandwerend  
 Permanente vuurbelasting: > 500 MJ/m<sup>2</sup>  
 Sprinkler: volledige gebouw gesprinklerd, uitvoeringsniveau 'verbeterd'  
 Ontruimingstijd: 8 minuten





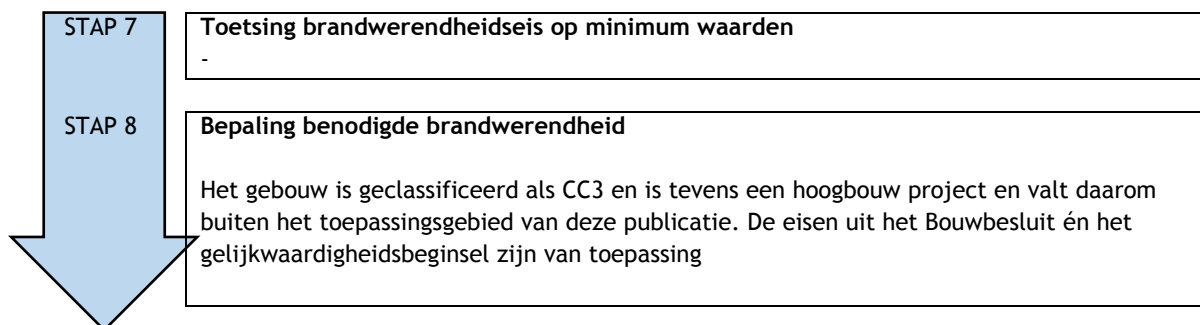
### Voorbeeld 3 hotel + congrescentrum



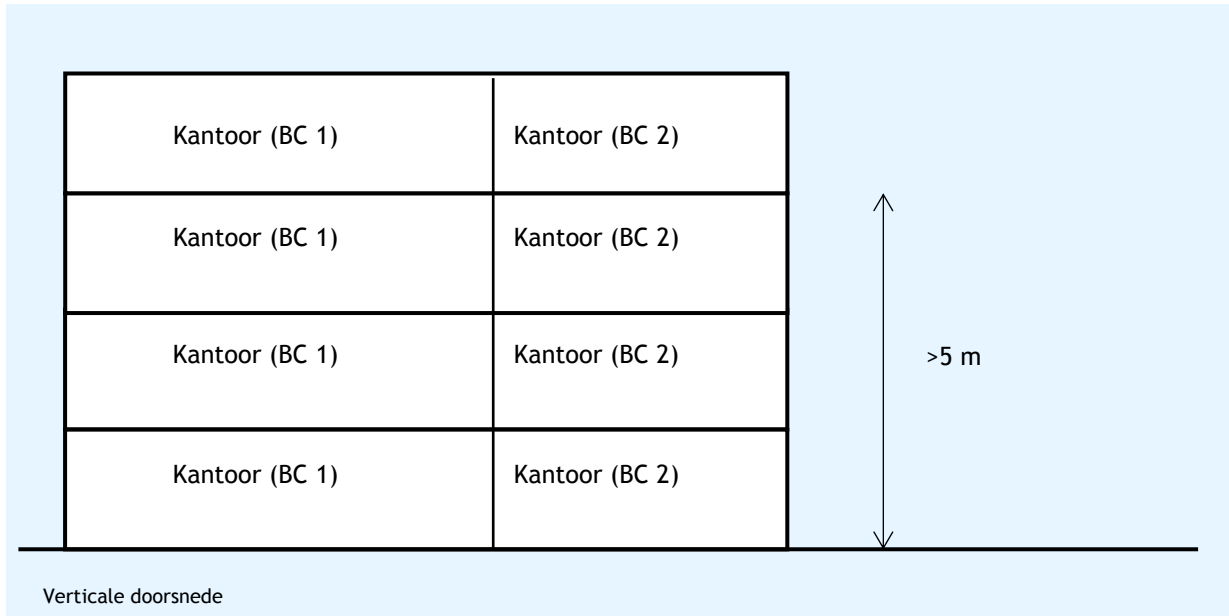
#### Gegeven:

- Aanwezige brandscheidingen: 120 minuten brandwerend
- Permanente vuurbelasting: > 500 MJ/m<sup>2</sup>
- Sprinkler: volledige gebouw gesprinklerd, uitvoeringsniveau 'verbeterd'
- Ontruimingstijd: niet berekend

STAP 1	<b>Beoordeling toepassingsgebied</b> Het gebouw is geclassificeerd als CC3 en is tevens een hoogbouw project en valt daarom buiten het toepassingsgebied van deze publicatie. De rest van de stappen worden niet doorlopen
STAP 2	<b>Bepalen veiligheidsfactor Bouwbesluit zonder reductie</b> -
STAP 3	<b>Bepalen ontruimingstijd</b> -
STAP 4	<b>Bepalen reductie veiligheidsfactor door lage permanente vuurbelasting</b> -
STAP 5	<b>Bepalen reductie veiligheidsfactor door sprinklerinstallatie</b> -
STAP 6	<b>Bepalen gereduceerde brandwerendheidseis draagconstructie</b> -



### Voorbeeld 4 kantoorgebouw



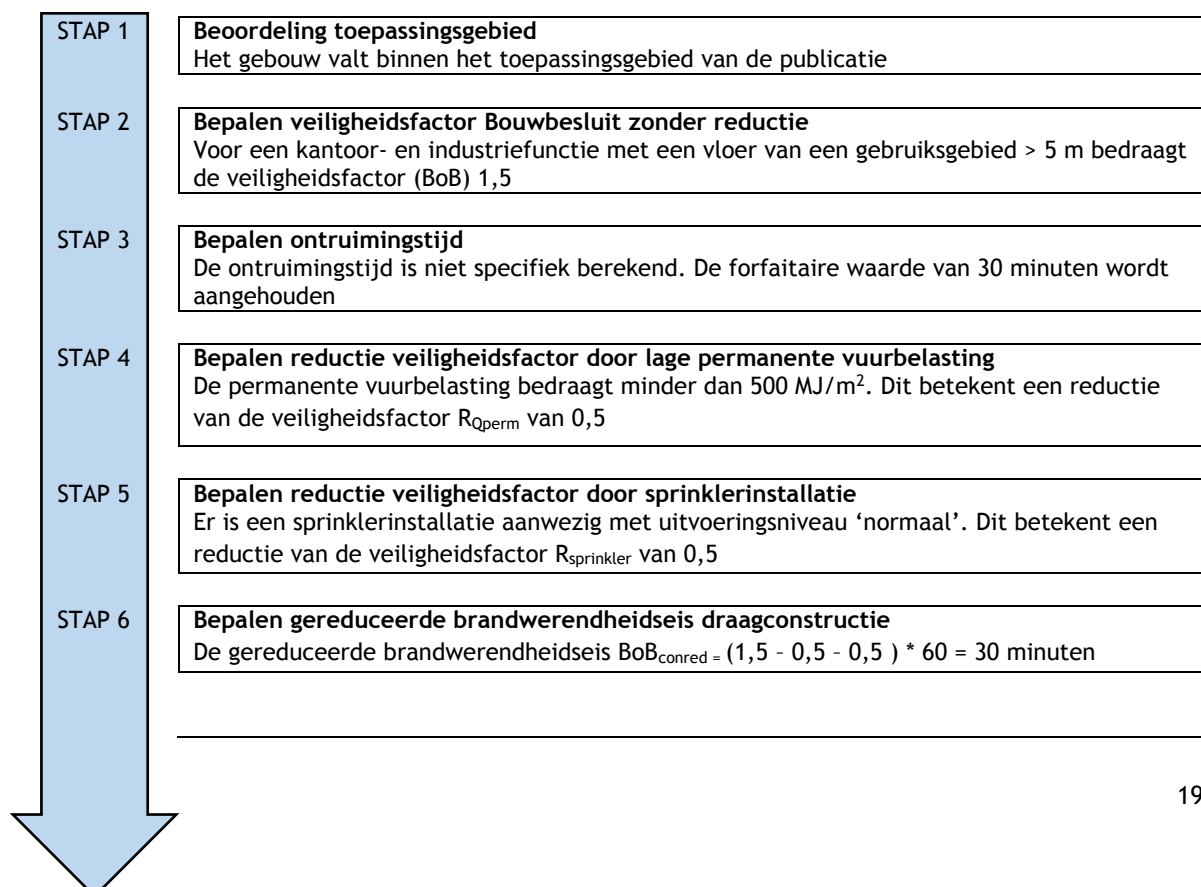
#### Gegeven:

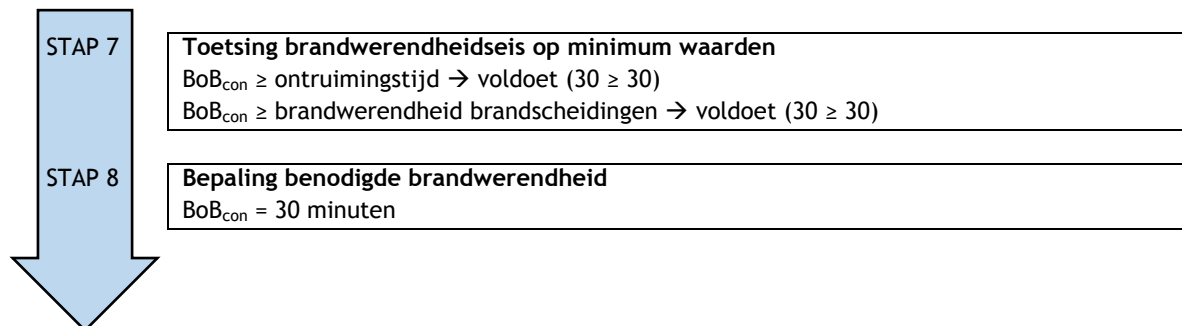
Aanwezige brandscheidingen: Het kantoor is opgedeeld in twee verticale brandcompartimenten  
WBBDO-eis brandscheidingen 30 minuten

Permanente vuurbelasting: < 500 MJ/m<sup>2</sup>

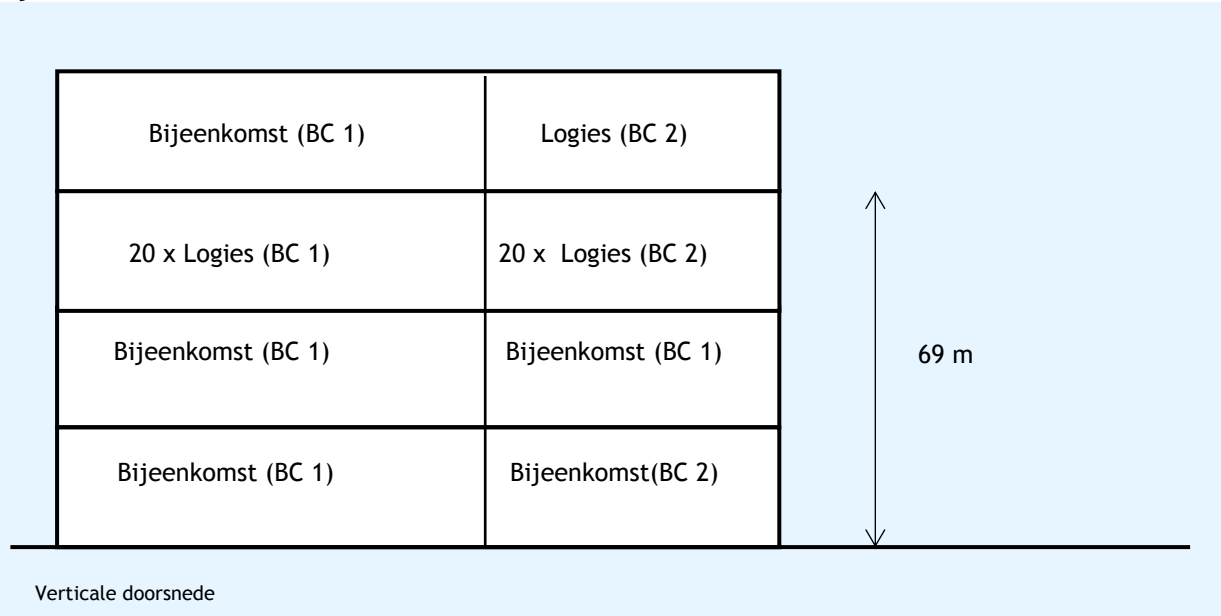
Sprinkler: volledige gebouw gesprinklerd, uitvoeringsniveau 'normaal'

Ontruimingstijd: berekend





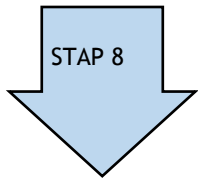
**Voorbeeld 5 (verbouw):** industriefunctie 23 verdiepingen wordt verbouwd in logiesgebouw met bijeenkomstfuncties



**Gegeven:**

- Aanwezige brandscheidingen: Het gebouw is opgedeeld in twee brandcompartimenten. WBBDO-eis brandscheidingen 20 minuten
- Permanente vuurbelasting: > 500 MJ/m<sup>2</sup>
- Sprinkler: volledige gebouw gesprinklerd, uitvoeringsniveau 'hoog'
- Ontruimingstijd: berekend





STAP 8

**Bepaling benodigde brandwerendheid**

BoB<sub>con</sub> = 20 minuten

---

## Bijlage 1

Titel	Relevante regelgeving en achtergronden
-------	--

## B.1 Relevante regelgeving en uitgangspunten

### B.1.1 Bouwbesluit 2012

#### *Prestatie-eisen vs. functionele eisen*

Het Bouwbesluit 2012 geeft voorschriften waarmee de brandveiligheid (en diverse andere gebruiks- en veiligheidsaspecten) van bouwwerken wordt gewaarborgd. In het Bouwbesluit 2012 zijn deze voorschriften beschreven in functionele eisen en prestatie-eisen. De functionele eis is te vinden in het aansturingsartikel van de paragraaf en beschrijft wat er met een bepaalde paragraaf in het Bouwbesluit 2012 wordt beoogd. De functionele eis is een beschrijvende, niet gekwantificeerde eis. De prestatie-eisen geven een specifieke oplossing waarmee kan worden voldaan aan de functionele eis. De functionele eis is voor alle gebruiksfuncties gelijk, de prestatie-eisen waarmee kan worden voldaan aan de functionele eis kunnen echter per gebruiksfunctie verschillen.

#### *Functionele eis - Sterkte bij brand*

Afdeling 2.2 van het Bouwbesluit 2012 bevat de voorschriften met betrekking tot sterkte bij brand van gebouwen. Paragraaf 2.2.1 en 2.2.2 geven de eisen voor een (nieuw) te bouwen bouwwerk respectievelijk een bestaand bouwwerk. De functionele eis om de sterkte bij brand te waarborgen in een (nieuw) te bouwen bouwwerk is als volgt gedefinieerd in artikel 2.9, lid 1:

*‘Een te bouwen bouwwerk kan bij brand gedurende redelijke tijd worden verlaten en doorzocht, zonder dat er gevaar voor instorting is’*

Voor bestaande bouw is een vergelijkbare eis gedefinieerd in artikel 2.13, lid 1. Hierbij is ‘een te bouwen bouwwerk’ vervangen door ‘een bestaand bouwwerk’.

#### *Prestatie-eisen - Tijdsduur van het bezwijken*

De overige artikelen in afdeling 2.2 beschrijven de prestatie-eisen waarmee invulling kan worden gegeven aan de gestelde functionele eis. Deze prestatie-eisen gaan in op de tijdsduur van de brandwerendheid met betrekking tot het bezwijken van constructieonderdelen. Binnen de prestatie-eisen zoals gesteld in het Bouwbesluit mag een constructie gelegen in een (sub-)brandcompartiment waar er brand is bezwijken. Dit mag, binnen de gestelde tijd, echter niet leiden tot het bezwijken van constructies buiten dit brandcompartiment of van een vluchtroute buiten het (sub-)brandcompartiment. In de prestatie-eisen is niet alleen de tijdsduur in minuten beschreven, maar tevens de bepalingsmethode die dient te worden gebruikt om de tijdsduur van het bezwijken te bepalen en welke bijbehorende belastingcombinaties dienen te worden gebruikt. Tabel B.1.1 geeft een samenvatting van de eisen uit paragraaf 2.2.1 van het Bouwbesluit 2012 voor de tijdsduur van bezwijken. De eisen zijn uitgesplitst voor de verschillende gebruiksfuncties en de hoogte van het hoogste verblijfsgebied ten opzichte van het meetniveau.



**tabel B.1.1: tijdsduur bezwijken conform § 2.2.1, Bouwbesluit 2012, nieuwbouw**

Gebruiksfunctie c.f. Bouwbesluit 2012	Hoogste verblijfsgebied t.o.v meetniveau				
	≤5 m	5<H≤7m	5<H≤13m	7<H≤13m	H>13m
1 Woonfunctie	60	60		90	120
2 Bijeenkomstfunctie					
a voor kinderopvang met bedgebied	60		90		120
b andere bijeenkomstfunctie	0		90		90
3 Celfunctie	60		90		120
4 Gezondheidszorgfunctie					
a met bedgebied	60		90		120
b andere gezondheidszorgfunctie	0		90		90
5 Industriefunctie	0		90		90
6 Kantoorfunctie	0		90		90
7 Logiesfunctie	60		90		120
8 Onderwijsfunctie	0		90		90
9 Sportfunctie	0		90		90
10 Winkelfunctie	0		90		90
11 Overige gebruiksfunctie					
a voor het personenvervoer	0		90		90
b voor het stallen van motorvoertuigen	0		90		90
c andere overige gebruiksfunctie	-	-	-	-	-

Alle waarden, exclusief de 90 en 120 minuten voor de woonfunctie, mogen met 30 minuten worden gereduceerd indien de permante vuurbelasting lager is dan 500 MJ/m<sup>2</sup> bepaald volgens NEN 6090.

De prestatie-eisen uit het Bouwbesluit zijn gebaseerd op bouwkundige brandcompartimentering van het gebouw, zodat brandcompartimenten slechts enkele bouwlagen mogen omvatten met een gezamenlijke oppervlakte van niet meer dan 1.000 m<sup>2</sup> (2.500 m<sup>2</sup> voor de industriefunctie). In gesprinklerde gebouwen liggen één of meerdere grote brand- compartimenten.

Op basis van de eisen uit het Bouwbesluit zou gesteld kunnen worden dat binnen dit grote brandcompartiment, wat een gebouw van 20 bouwlagen zou kunnen zijn geen eisen worden gesteld aan de BOB<sub>con</sub>. Hiermee ontstaat een situatie die afwijkt van het veiligheidsniveau welke normaliter wordt bereikt met toepassing van het Bouwbesluit.

#### Veiligheidsniveau

Het falen van een constructie kan in het ene gebouw tot grotere gevolgen leiden dan in het andere gebouw. Daarom is, afhankelijk van de gebruiksfunctie en de hoogte van het gebouw (hoogste verblijfsgebiedsvloer), een toeslag (veiligheidsfactor) van toepassing op de basiseis van 60 minuten voor de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken. Het Bouwbesluit drukt het veiligheidsniveau van brandwerende draag- en scheidingsconstructies uit in minuten brandwerendheid. De 60 minuten-eis moet daarbij gezien worden als referentieniveau (1,0). Bij een 90 minuten eis bedraagt de veiligheidsfactor 1,5 en bij een 120 minuten eis 2,0 (tabel B.1.2).

**tabel B.1.2: veiligheidsniveau Bouwbesluit 2012**

Eis brandwerendheid op bezwijken	Veiligheidsfactor
60 minuten	1,0
90 minuten	1,5
120 minuten	2,0

#### Reductie bij lage permanente vuurbelasting

Bouwbesluit artikel 2.10 lid 3 en 6 maken het voor een groot aantal situaties mogelijk om de eisen met 30 minuten te reduceren indien de permanente vuurbelasting, bepaald volgens de methode zoals aangegeven in de NEN 6090, niet meer is dan 500 MJ/m<sup>2</sup>. Het gaat hier om gebouwen waarvan de permanente vuurbelasting van alle constructieonderdelen samen niet of nauwelijks een bijdrage levert aan brand. Het Bouwbesluit staat dan dus een reductie toe van de veiligheidsfactor met 0,5.

### **Inzet brandweer voor redding en blussing**

Vanuit de methode zoals beschreven in deze publicatie worden er hoge eisen gesteld aan de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de sprinklerinstallatie. Om dit gewenste niveau te bereiken zijn aanvullende voorzieningen vereist ten opzichte van het minimale niveau wat het sprinklervoorschrift voorschrijft. Deze aanvullende voorschriften vinden deels hun herkomst in bijlage F uit de NEN-EN 12845. Het vereiste niveau van de aanvullende voorzieningen is afhankelijk van de toegekende waarde van de sprinklerinstallatie binnen deze methode.

Bij een adequaat functionerende van de sprinklerinstallatie is de integriteit van de bouwconstructie vanuit het werkingsprincipe van de sprinklerinstallatie gewaarborgd. Aanvullende voorzieningen om de straalconstructie te beschermen zijn dan ook niet vereist. Het doorzoeken van het gebouw door zowel de BHV-organisatie als de brandweer is dan ook op mogelijk zonder dat er constructie onderdelen zullen bezwijken. Binnen deze methode is het dan ook niet noodzakelijk om extra voorzieningen te realiseren in situaties dat de sprinklerinstallatie niet adequaat functioneert om een inzet van de brandweer mogelijk te maken (redding/blussing). Als afdekking van dit restrisico dient wel de ontruiming van het gebouw altijd mogelijk te zijn mocht de installatie niet naar verwachting functioneren, hierbij is duidelijk een rol aanwezig voor de interne organisatie.

*Opmerking: Omdat deze publicatie geen betrekking heeft op de het reduceren op constructieve eisen in relatie tot de WBDBO-eis tussen brandscheidingen zullen de brandscheidingen rondom bijvoorbeeld de trappenhuisen functioneel moeten blijven. Hiermee is een veilige inzetroute voor de brandweer beschikbaar in het gebouw. Verkenning op de (brand) verdieping is daarmee vergelijkbaar met gebouwen zonder de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie.*

### **Inzet brandweer voor blussing**

Uitgangspunt binnen deze methode is dat de brandweer een veilige inzet ten behoeve van blussing (als dit nog nodig is) in het gebouw kan uitvoering waarbij de sprinklerinstallatie zorgt voor dusdanige situatie in het gebouw dat dit mogelijk is?

Bij het niet adequaat functioneren van de sprinklerinstallatie wordt er geen inzet van de brandweer in het gebouw verwacht.

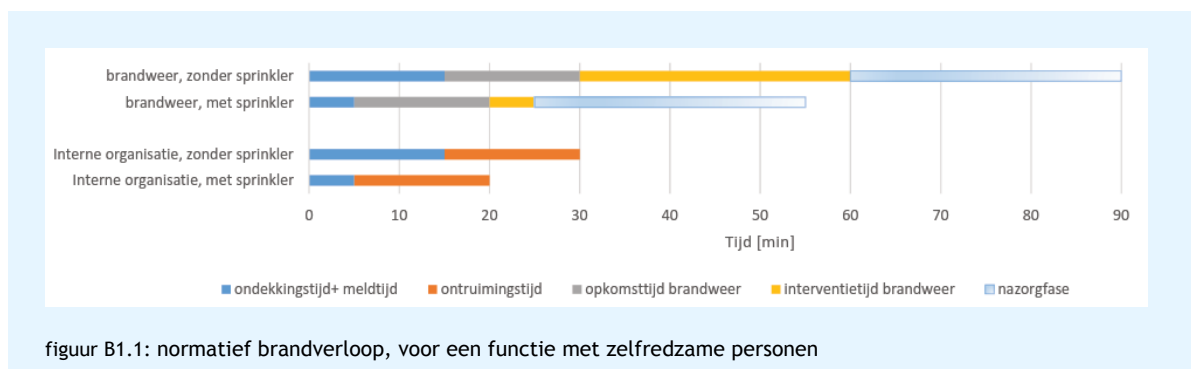
### *Gelijkwaardigheid*

Door toepassing van de prestatie-eisen kan direct worden voldaan aan de functionele eis. Een alternatieve invulling van de functionele eis is ook mogelijk. Wanneer de prestatie-eisen niet worden gevolgd dient de gelijkwaardigheid van de alternatieve oplossing te worden onderbouwd. Als er op enig onderdeel van het Bouwbesluit 2012 (bijv. de compartimentsgrootte) gebruik is gemaakt van gelijkwaardigheid kan dit de gelijkwaardigheid op andere onderdelen (zoals de sterkte bij brand) beïnvloeden.

Het bovenstaande kan nader worden ingevuld voor bouwwerken die uitgevoerd zijn met een sprinkler. In praktijk wordt een sprinkler vaak toegepast als onderdeel van een gelijkwaardigheidsoplossing, waarbij het compartiment in oppervlakte groter is dan de prestatie-eisen. De prestatie-eisen met betrekking tot de tijdsduur van bezwijken (afdeling 2.2) gaan uit van de compartimentsgrootte volgens de prestatie-eisen in afdeling 2.10 en 2.11 van het Bouwbesluit 2012. Er dient echter altijd te worden voldaan aan de functionele eis, zowel voor de compartimentering als voor de tijdsduur van bezwijken.

### Normatief brandverloop

Het verloop van een brand in een gebouw kan schematisch worden weergegeven als ‘normatief brandverloop’, zoals beschreven in de ‘brandbeveiligingsconcepten’ uitgegeven door BZK en recent (deels) geactualiseerd in de IFV publicatie ‘basis voor brandveiligheid’. In figuur B1.1 is het principe normatief brandverloop weergegeven voor gebouwen met en zonder sprinklerinstallatie.



Uitgangspunt bij het normatief brandverloop in niet gesprinklerde gebouwen is dat de brandweer de brand binnen 60 minuten na het ontstaan onder controle heeft en zich binnen 30 minuten na het ontstaan van brand kan richten op de redding van personen in het bedreigde gebied en op voorkoming van verdere uitbreiding van de brand. Hierop is ook het principe van brandcompartimentering gebaseerd (WBDBO-eis van 60 minuten tussen brandcompartimenten).

### Taken hulpverleningsorganisaties

Het gebouw dient in geval van brand doorzocht te kunnen worden. In eerste instantie moet deze taak door de interne organisatie wordt uitgevoerd (b.v. BHV), maar soms is dat niet mogelijk door de ontwikkeling van de brand. Dan moet de brandweer deze taak op een veilige wijze kunnen uitvoeren. Deze taak (offensieve binnenzet) past binnen het kwadrantenmodel zoals door Brandweer Nederland wordt gehanteerd.

### B.1.2 Bepalingsmethoden tijdsduur bezwijken

Bouwbesluit artikel 2.11, lid 2 geeft aan hoe de tijdsduur op bezwijken van een bouwconstructie wordt bepaald. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in twee fundamenteel verschillende methoden:

- Het berekenen van de tijdsduur van bezwijken volgens genormeerde rekenmethoden (i.e. eurocodes);
- Het door testen bepalen van de tijdsduur van bezwijken volgens NEN 6069.

#### Eurocode

De Eurocodes bevatten rekenregels voor verschillende type constructies:

- NEN-EN 1992 voor betonconstructies;
- NEN-EN 1993 voor staalconstructie;
- NEN-EN 1994 voor staal-betonconstructies;
- NEN-EN 1995 voor houtconstructies;
- NEN-EN 1996 voor constructies van metselwerk;
- NEN-EN 1999 voor aluminiumconstructies.

De berekeningen volgens de Eurocodes zijn gebaseerd op een risico-benadering, waarbij het risico wordt uitgedrukt in een toelaatbare faalkans van de draagconstructie die afhankelijk is van de gevolklasse (Eng.: 'consequence class').

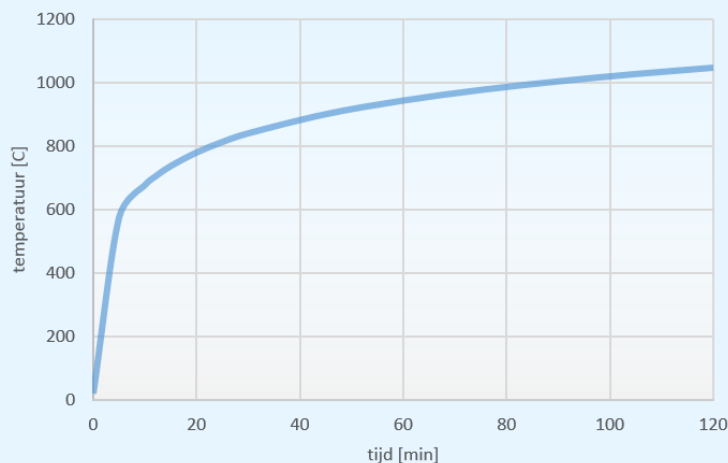
**tabel B1.3: omschrijving gevolklassen**

Gevolklasse	Omschrijving	Voorbeelden van toepassingen
CC3	Grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, of zeer grote economische gevolgen, sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving	Hoogbouw (h > 70 m) Tribunes, Tentoonstellingsruimten, Concertzalen, Grote openbare gebouwen
CC2	Middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, aanzienlijke economische gevolgen, sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving	Woongebouwen Kantoorgebouwen Openbare gebouwen Industriegebouwen (3 of meer verdiepingen)
CC1	Geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, of kleine of verwaarloosbare economische gevolgen, sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving	Landbouwbedrijfsgebouwen Tuinbouwkassen Standaard eengezinswoningen Industriegebouwen (1 of 2 verdiepingen)

In de bovenstaande methoden wordt rekening gehouden met brandwerende bescherming van de constructie (bijvoorbeeld met brandwerende beplating, spuitwerk of coating).

#### NEN 6069

Het Bouwbesluit 2012 wijst voor het testen van de brandwerendheid op bezwijken de NEN 6069 aan. Deze brandwerendheid (R-criterium volgens NEN 6069) wordt uitgedrukt in minuten bij blootstelling aan de standaard brandkromme (figuur B.2). Deze temperatuurkromme houdt geen rekening met de werking van een sprinklerinstallatie en/of het daadwerkelijk verloop van een brand.



figuur B.2: standaard brandkromme

#### B.1.4 Natuurlijk brandconcept/reductie mogelijkheden Eurocode/andere publicaties

Bij het gebruik van een (experimentele of rekenkundige) beoordeling volgens de standaardbrandkromme wordt de invloed van de aanwezige ventilatie, vuurbelasting en/of de aanwezigheid van een sprinkler in een gebouw niet meegenomen. Er wordt dus niet gekeken naar de ontwikkeling van de brand zoals deze in 'praktijk' zou optreden. De Eurocodes geven die mogelijkheid wel, bijvoorbeeld in de vorm van een 'natuurlijke brand' (het natuurlijk brandconcept). De keuze welk van de twee beschikbare sporen gevolgd wordt, berust bij de constructeur.

Bij een berekening volgens het natuurlijk brandconcept, beschreven in NEN 6055, kunnen parameters als ventilatie, brandbeveiligingsinstallaties (zoals een sprinkler) en de vuurbelasting wel worden meegenomen bij het bepalen van de temperatuurontwikkeling in de brandruimte.

Het toepassen van het natuurlijk brandconcept, reductiemogelijkheden uit de Eurocode of andere normen/richtlijnen/publicaties mogen niet worden gecombineerd met de reductiefactoren voor de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie zoals beschreven in deze publicatie.

#### B1.5 Internationaal

Het toepassen van reductiemogelijkheden bij de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie is geen situatie die uniek is voor Nederland. In onder meer het Verenigd Koninkrijk<sup>5</sup> wordt de aanwezigheid van een sprinklerinstallatie vaak gewaardeerd waarbij de waardering in lijn ligt met deze publicatie.

<sup>5</sup> Approved Document B (Fire safety) - Volume 2 - Buildings other than dwellinghouses (2006 Edition incorporating the 2013 and 2013 amendments)



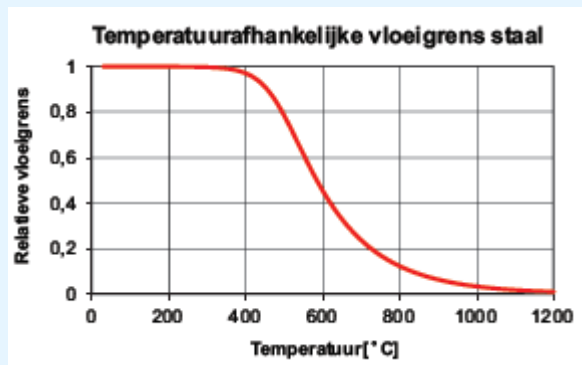
## B.2 Gedrag van staalconstructies bij brand

### B.2.1 Kritieke staaltemperatuur

Door verhitting nemen de stijfheid en de sterkte (vloei-grens) van het staal af. De stijfheid is de weerstand van het materiaal tegen vervorming (b.v. doorbuiging). De stijfheid neemt af vanaf circa 200 °C en de vloei-grens vanaf circa 400 °C. De vloei-grens geeft aan bij welke mechanische belasting het staal gaat bezwijken. Plastisch vervormen (waarbij de vervorming blijvend is) treedt al eerder op, hetgeen betekent dat de stalen constructie na afkoeling niet meer in zijn oorspronkelijke vorm zal terugkomen.

De temperatuur waarbij de draagkracht van de staalconstructie zo is afgenomen dat het de belasting niet meer kan dragen en er onbeperkte vervorming en instorting kan optreden, wordt de kritieke staaltemperatuur genoemd.

Als de mechanische belasting (b.v. een bepaald gewicht of bepaalde trekkracht) op de constructie gelijk blijft, dan zal bij het verhogen van de staaltemperatuur uiteindelijk de constructie bezwijken. Voor de meest gebruikte staalsoorten is de relatie tussen de staaltemperatuur en de sterkte (vloei-grens) bekend. Figuur B.2.1 geeft de globale relatie tussen de temperatuur van staal en de reductie op de sterkte (vloei-grens) bij brand. Dit betekent dat als van een stalen onderdeel de spanning door mechanische belasting bekend is, de kritieke staaltemperatuur van dit constructie-onderdeel kan worden berekend.



figuur B.2.1.: relatie staaltemperatuur en reductie vloei-grens

De mate waarin een stalen constructie-onderdeel overgedimensioneerd is, is van invloed op de kritieke staaltemperatuur. Kan een constructie-onderdeel bij kamertemperatuur maar net de belasting dragen dan kan bij een kleine afname van de vloei-grens de constructie al bezwijken, dus bij een relatief lage staaltemperatuur. De kritieke staaltemperatuur ligt in praktijk tussen de 450 °C en 700 °C<sup>6</sup>.

### B.2.2 Brandwerendheid van onbeschermd constructies

De brandwerendheid met betrekking tot bezwijken is de tijd waarbinnen de dragende constructie niet mag bezwijken. Voor staalconstructies betekent dit dat de staaltemperatuur gedurende deze tijd lager of gelijk is aan de kritieke staaltemperatuur van de constructie. Bepalend hierbij is de snelheid waarmee een stalen constructie-onderdeel opwarmt wanneer het wordt blootgesteld aan brand.

<sup>6</sup> Hfst. 7, paragraaf 7.2 uit TROMP, ir. A.J. en VAN MIERLO, ir. R.J.M. *Fire Safety Engineering: Handboek voor de bouw*. Delft: Eburon, 2013. 333 p. ISBN 9789059727342

Een dun stalen profiel heeft relatief veel verhit oppervlak ten opzichte van de staal massa. Daardoor zal een dun profiel relatief snel opwarmen en wordt de kritieke staaltemperatuur relatief snel bereikt. Hoe snel dat gebeurt, hangt af van de zogenaamde profielfactor. Deze kan worden bepaald met de volgende formule<sup>7</sup>:

$$P = \frac{Am}{V}$$

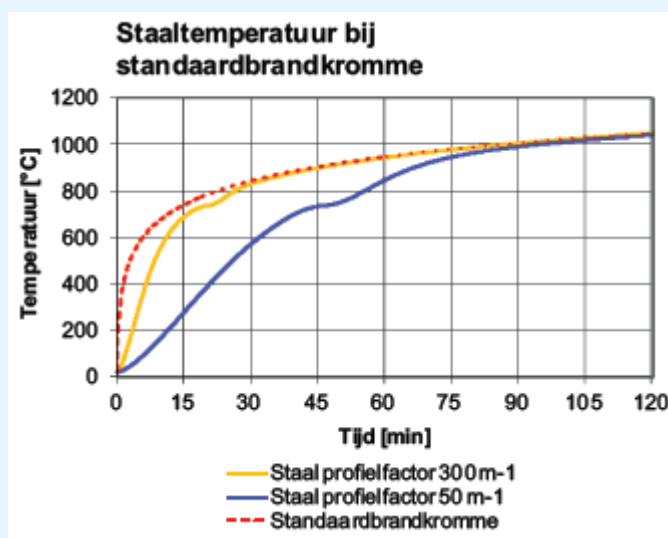
Waarin:

P= profielfactor in m<sup>-1</sup>

Am=omtrek van de verhitte doorsnede in m

V= oppervlakte van de gehele doorsnede in m<sup>2</sup>

Figuur B.2.2 illustreert voor twee profielen, met verschillende profielfactor, hoe de temperatuur van het profiel toeneemt in de tijd als gevolg van opwarming bij blootstelling aan de standaardbrandkromme. In de figuur is te zien dat bij 735 °C het staal warmte opneemt zonder zelf in temperatuur toe te nemen (horizontaal stukje in de grafiek). Dit komt door de wijziging van de ijzer-koolstofstructuur van het staal. Verder is te zien dat het profiel met profielfactor 300 m<sup>-1</sup> al na ongeveer 30 minuten de temperatuur aanneemt van de brand. Voor het profiel met de lage profielfactor van 50 m<sup>-1</sup> is dit pas na 90 minuten.



figuur B.2.2: temperatuurverloop in de tijd van 2 staalprofielen bij verhitting met de standaardbrand<sup>2</sup>

Wanneer de ontwikkeling van de brand (volgens standaard brandkromme of natuurlijk brandconcept) bekend is, kan worden bepaald hoe snel een staalprofiel opwarmt. Er kan dan worden bepaald wanneer de constructie de kritieke staaltemperatuur bereikt en of hiermee voldaan wordt aan de gestelde eis voor de brandwerendheid met betrekking tot het bezwijken. Wanneer blijkt dat het constructie-onderdeel niet gedurende de gestelde tijd onder de kritieke staaltemperatuur blijft, dan kan ervoor worden gekozen om de constructie te voorzien van aanvullende brandwerende bescherming.

<sup>7</sup> Hfst. 7, paragraaf 7.2 uit TROMP, ir. A.J. en VAN MIERLO, ir. R.J.M. *Fire Safety Engineering: Handboek voor de bouw*. Delft: Eburon, 2013. 333 p. ISBN 9789059727342



### B.2.3 Brandwerendheid van beschermde constructies

Om stalen profielen brandwerend te beschermen zijn verschillende materialen beschikbaar:

- Spuitmortel;
- Opschuimende verf (of coating);
- Plaatmateriaal;
- Integratie van stalen en betonnen delen.

De verschillende materialen gebruiken verschillende mechanismen om de staalconstructie te beschermen.

Een opschuimende verf of coating werkt bij een verhoogde temperatuur. Wanneer de staaltemperatuur rond de 200-250°C komt, begint de verf op te schuimen en vormt dan een thermische barrière tussen de brand en het staal. Hierdoor wordt de verdere opwarming van het staal vertraagd.

Bij bescherming met plaatmateriaal vormt het plaatmateriaal een thermische barrière. Naast de isolerende werking ontstaat vertraging van de opwarming doordat de verhitte omtrek kleiner wordt (e.g. bij een I-profiel) en hierdoor de profielfactor kleiner wordt. Omdat het plaatmateriaal reeds een thermische barrière vormt bij kamertemperatuur kan deze vorm van isolatie ook een bijdrage leveren aan de scheidende functie (de opwarming van de niet-verhitte zijde wordt op deze manier al vertraagd bij lage temperaturen).

Bij het combineren van stalen en betonnen delen (bijv. in betonvloeren geïntegreerde stalen liggers of betongevulde buiskolommen) kan het beton diverse doeleinden hebben. Het kan het staal afschermen van de brand, maar kan ook stijfheid en draagkracht van de constructie vergroten.

### B.2.4 Componentenbenadering

Voor het berekenen van de brandwerendheid van constructies wordt gebruik gemaakt van een eenvoudige componentenbenadering. Dit betekent dat het gedrag van de componenten afzonderlijk bekeken wordt. In de praktijk hebben constructie-elementen in hun samenhang vaak een grotere draagkracht (door bijv. membraanwerking) dan op basis van de afzonderlijke elementen te verwachten is.

---

### Bijlage 3

Titel	Sprinklerinstallatie
-------	----------------------

## B.3 Werking sprinklerinstallatie

### B.3.1 Blusprincipe

#### *Definitie*

Automatische sprinklerinstallaties zijn ontworpen om een brand in het beginstadium te ontdekken en met water te blussen, dan wel de brand zo onder controle te houden dat volledige blussing met andere middelen kan worden verricht<sup>8</sup>.

Een sprinklersysteem bestaat uit sprinklerkoppen, sprinklerleidingen, signaleringsvoorzieningen voor brandmeldingen en een watervoorziening. De sprinklerkoppen zijn in een patroon onder het plafond of aan het dak aangebracht. De sprinklerkoppen zijn gesloten met een 'glasbulb' of 'fussible link' (een hittegevoelig element) die exact bij een bepaalde temperatuur knapt en zorgt dat het water de brand bestrijdt.

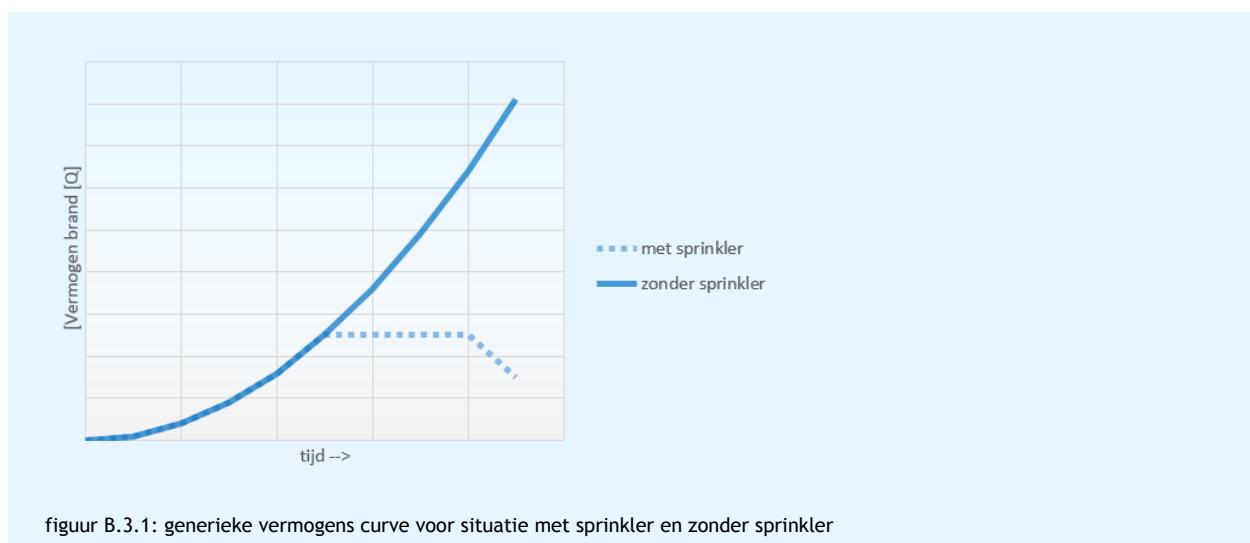
Wanneer brand ontstaat, zorgt de hete lucht dat het hittegevoelige element in de sprinklerkop knapt, waarna water over de brandhaard wordt gespreid. Bij een standaard sprinklerinstallatie worden alleen de sprinklerkoppen nabij de brand geactiveerd. De hoeveelheid bluswater per m<sup>2</sup> (de sproeidichtheid) is afhankelijk van het gebruik van het gebouw en wordt bij het ontwerp bepaald. Zo is de benodigde bluswater per m<sup>2</sup> in een kantoor veel kleiner dan in een magazijn met opslag. Uiteraard is de soort en de hoeveelheid materialen die opgeslagen is van grote invloed. Sprinklerkoppen komen voor in meerdere soorten en maten, afgestemd op de meest uiteenlopende omstandigheden.

#### *Blusprincipe en prestaties*

De werking van een sprinklerinstallatie kan worden gekarakteriseerd door middel van de volgende belangrijke eigenschappen (afgeleid uit voorschriften en achterliggende testmethoden):

- Bluswerking is gebaseerd op het koelen van de brandstof om zo de pyrolyse te beperken;
- Daarbij zorgt het zogenaamde pre-wetting voor voorkoming van branduitbreiding in de directe omgeving van de brand;
- Een brand blijft een lokale, brandstof beheerste brand, die onder controle wordt gehouden door een beperkt aantal sprinklers (binnen het sproeivlak van de sprinklerinstallatie);
- Doordat sprake is van een lokale, brandstof beheerste brand treedt geen flash-over op;
- In ongeveer 50% van de gevallen worden maximaal twee sprinklerkoppen geactiveerd. Vaak wordt de brand automatisch geblust;
- De temperatuur aan het plafond loopt slechts gedurende kort tijd op totdat een sprinklerkop activeert. Daarna neemt de temperatuur sterk af om daarbij tevens schade aan de constructie te voorkomen.

<sup>8</sup> NEN-EN 12845+A2+NEN 1073: Vaste brandblusinstallaties - Automatische sprinklerinstallaties - Ontwerp, installatie en onderhoud



De sprinklerinstallatie zorgt ervoor dat de brand wordt beheerst waardoor de vrijkomende warmte ten opzichte van een situatie zonder sprinkler beperkt wordt (zie figuur B.3.1).

### B.3.2 Aandachtspunten ontwerp

Het ontwerpen van een sprinklerinstallatie gebeurt op basis van normen. Het is van belang dat het gebruik van het gebouw goed vastgesteld wordt, omdat de daaruit volgende gevarenklasse de basis vormt van de dimensionering van de sprinklerinstallatie. Bij het ontwerp wordt rekening gehouden met onder andere de volgende zaken:

- De verwachte brand;
- De activeringstijd van de sprinklers en maximale sproeivlak;
- De beschikbaarheid van de sprinklerinstallatie, ook tijdens onderhoud en bij uitvoering van mutaties;
- De bewaking van de werking van het systeem;
- De beschikbaarheid en omvang van de totale hoeveelheid bluswater;
- Betrouwbaarheid van de watervoorziening (type watervoorraad: open water, tank, drinkwaternet);
- Redundantie van de watervoorziening;
- Mogelijk vorstgevaar;
- Opslag en opslagconfiguraties;
- Overige bouwkundige, organisatorische- in installatietechnische voorzieningen.

De ontwerper van een sprinklerinstallatie vertaalt de eisen naar een ontwerp zoals voorgeschreven in de norm. In de Nederlandse praktijk wordt gebruik gemaakt van de norm NEN-EN 12845 + A2+ NEN 1073, de NFPA-voorschriften of FM-datasheets. Combinaties zijn mogelijk.

### B.3.3 Waarborging kwaliteit en betrouwbaarheid

#### Aanleg

De effectiviteit en efficiëntie van een sprinklerinstallatie wordt voor een belangrijk deel bepaald tijdens het ontwerp en de aanleg van de installatie.

Het wettelijk verplichte inspectiecertificaat geeft de opdrachtgever het bewijs dat de installatie in samenhang met de relevante bouwkundige en organisatorische aspecten voldoet aan de brandveiligheidsdoelen zoals voorwoord zijn in het opgestelde uitgangspuntendocument (UPD). In het UPD zijn de relevante afgeleide doelstellingen opgenomen.

De inspectie-instelling beoordeelt of de installatie geschikt is voor het behalen van de geformuleerde afgeleide doelstellingen in relatie tot de uitvoering van de installatie en het daadwerkelijke gebruik. Inspectie vindt plaats volgens het CCV-Inspectieschema Brandbeveiligingssystemen. Dit is een feitelijke keuring op het moment van oplevering, waarbij geen eisen worden gesteld aan de partijen die de installatie aanleggen.

Door gebruik te maken van een gecertificeerde installateur wordt ook in de ontwerp- en uitvoeringsfase de kwaliteit van de sprinklerinstallatie geborgd. Een gecertificeerde sprinklerinstallateur werkt volgens het schema 'Certificatieschema VBB-systemen: Leveren VBB-systemen'. De installateur wordt voor die certificering geaudit. Bij iedere installatie levert de installateur een 'installatiecertificaat' op als bewijs van de geleverde kwaliteit en het voldoen aan het Uitgangspuntendocument (UPD). Indien er een 'installatiecertificaat' is afgegeven behoeft de inspectie-instelling een minder diepgaande inspectie uit te voeren.

#### *Afgeleide doelstellingen*

De volgende afgeleide doelstellingen zijn van toepassing op installaties die gebruik maken van de methode zoals beschreven in deze publicatie:

*'Het verhogen van de bescherming van een bouwwerk en/of object in geval van blootstelling aan een brand (exposure protection) waardoor de kans op brandoverslag wordt geminimaliseerd en schade aan het bouwwerk en/of object wordt beperkt, in de context van het basisontwerp.'*<sup>9</sup>

*'De beginnende brand in een vroeg stadium detecteren, signaleren en onder controle houden zodat het bestrijden ervan door de interne en externe brandbestrijdingsorganisaties kan plaatsvinden, binnen de context van het basisontwerp.'*

Een combinatie van bovenstaande afgeleide doelstellingen met andere afgeleide doelstelling is mogelijk.

#### *Gebruik*

Om de betrouwbaarheid van de sprinklerinstallatie te garanderen is adequaat onderhoud en regulier testen essentieel. De eigenaar/gebruiker van het gebouw dient bijvoorbeeld in opslaggebouwen rekening te houden met de maximale toegestane opslag. Door gebruik te maken van een gecertificeerde partij voor het onderhoud en beheer wordt in de gebruiksfase de kwaliteit van de sprinklerinstallatie geborgd. Het onderhoudscertificaat dat vervolgens wordt afgegeven is in de gebruiksfase het bewijs dat onderhoud en testen adequaat wordt uitgevoerd. Gecertificeerde installateurs verstrekken het certificaat op basis van 'Certificatieschema VBB-systemen: Onderhoud VBB-systemen'. Indien er een 'onderhoudscertificaat' is afgegeven behoeft de inspectie-instelling een minder diepgaande inspectie uit te voeren.

Ook hier geldt de wettelijk verplichte inspectie, waar aanvullend op de installatietechnische aspecten met name gecontroleerd wordt of de bouwkundige- en organisatorische maatregelen goed afgestemd zijn op de installatie. Wijzigingen tijdens gebruik worden op deze wijze gemonitord en leiden - indien nodig - tot aanpassingen in de installatie.

---

<sup>9</sup> CCV INSPECTIESCHEMA BRANDBEVEILIGING Inspectie brandbeveiligingssysteem (VBB-BMI-OAIRBI) op basis van afgeleide doelstellingen

### *Betrouwbaarheid, faalkansen en beschikbaarheid*

Sprinklerinstallaties zijn zeer betrouwbaar. Onderzoeken uit verschillende landen komen met verschillende gegevens over de betrouwbaarheid. Zo geven de Duitse verzekeraars aan sprinklers een betrouwbaarheid van 97,9% en Deense onderzoeken leveren 98% betrouwbaarheid op. NFPA<sup>10</sup> heeft in 2013 een publicatie uitgebracht met gemiddeld lagere betrouwbaarheid (87% rekening houdende met systemen die niet werkte, indien systemen werkte was een effectiviteit van 96% aanwezig), afhankelijk van gebouwtype en soort installatie. NFPA deed in de Verenigde Staten onderzoek met een aantal belangrijke constatering:

De belangrijkste redenen dat een sprinklerinstallatie in de VS **niet werkt**:

- 'System shut off before fire' (64%);
- 'Manual intervention defeated system' (17%);
- 'Damage components' (7%);
- 'Lack of maintenance' (6%);
- 'Inappropriate system for fire' (5%).

De belangrijkste redenen dat de sprinklers in de VS **niet effectief** was;

- 'Water did not reach the fire' (44%);
- 'Not enough water release' (30%);
- 'Damage components' (8%);
- 'Manual intervention defeated system' (7%);
- 'Lack of maintenance' (7%);
- 'Inappropriate system for fire' (5%).

De situatie in de Verenigde Staten is niet 1 op 1 te vergelijken met de Nederlandse situatie, in de VS is er bijvoorbeeld geen certificeringssysteem zoals wij die kennen met inspectiecertificaten die onder accreditatie worden afgegeven. Wel is het mogelijk om lering te trekken uit de statistieken. Binnen deze methode is in de eisen aan het sprinklersysteem rekening gehouden met de hiervoor aangegeven faalmechanisme.

Op basis van het Nederlandse certificatie- en inspectiesysteem, is het aannemelijk dat de betrouwbaarheid in Nederland minimaal gelijk is aan wat de Duitse en Deense statistieken laten zien (98%). De Nederlandse statistieken<sup>11</sup> lijken dat te onderbouwen.

### *Uitvoeringsniveau sprinklerinstallatie*

In onderstaande tabel zijn drie technische uitvoeringsniveaus voor sprinklerinstallatie weergegeven. Deze uitvoeringsniveaus zijn gerelateerd aan uitvoeringen van een sprinklerinstallatie die mogelijk zijn binnen de NEN-EN 12845. Deze uitvoeringsniveaus komen overeen met de uitgangspunten zoals aangegeven in de NEN 6060. Het toepassen van een ander voorschrift ontwerpvoorschrift is mogelijk mits de uitvoering overeenkomt met de eisen uit tabel B.3.2

<sup>10</sup> NFPA: U.S. John R.Hall, jr; ExperiEnce with Sprinklers. June 2013

<sup>11</sup> Sprinklerstatistiek 2011 en 2012 CIBV

**tabel B.3.2: uitvoeringsniveau sprinklerinstallatie**

Uitvoerings- niveau sprinkler	Kenmerken	
	Sprinkler- bewakingssysteem c.f. NEN 12845 bijlage H	Watervoorziening van de sprinklerinstallatie
Normaal	Vereist	Enkelvoudige watervoorziening
Verbeterd	Vereist	Enkelvoudige watervoorziening uitgevoerd als super toevoer
Hoog	Vereist	Tweevoudige watervoorziening