

# Doelgerichte aanpak brandveiligheid

Handreiking proces voor gebouwen



## Versiebeheer

Doelgerichte brandveiligheid is een vakgebied in ontwikkeling. De nieuwste ontwikkelingen worden periodiek verwerkt in dit document. Daarom is deze handreiking een levend document. De wijzigingen die door de tijd heen zijn doorgevoerd, worden weergegeven in onderstaande tabel.

Datum	Versie	Wijzigen
30 oktober 2024	1.0	Eerste gepubliceerde versie

## Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2024

Auteur(s) P. van Rede, R. van Liempd en L. de Witte  
Contactpersoon R. van Liempd  
Coverfoto Paul van Woerkum Fotografie

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

# Inhoud

<b>Inleiding</b>	<b>4</b>	<b>3. Realisatie en beheer</b>	<b>59</b>
i.1 Doel en afbakening van deze handreiking	5	3.1 Ontwerp realiseren	59
i.2 Processchema voor doelgerichte brandveiligheidsaanpak voor gebouwen	5	3.2 Ontwerp beheren	60
i.3 Kenmerkschema voor brandveiligheid	8	<b>Literatuurlijst</b>	<b>61</b>
i.4 Communicatie gedurende het proces	9	<b>Begrippenlijst</b>	<b>65</b>
i.5 Kwaliteit binnen een doelgerichte aanpak van brandveiligheid	10		
<b>1. Kaders van het project</b>	<b>11</b>		
1.1 Reikwijdte project bepalen	11		
1.2 Brandveiligheidsdoelen bepalen	12		
1.3 Subdoelen bepalen	15		
1.4 Risicoanalysemethode kiezen	18		
1.5 Acceptatiecriteria bepalen	28		
<b>2. Ontwerp maken, beoordelen en kiezen</b>	<b>34</b>		
2.1 Concept brandveiligheidsontwerp(en) maken	34		
2.2 Ontwerpscenario's opstellen	38		
2.3 Gereedschappen voor beoordeling kiezen	44		
2.4 Uitgangspuntendocument	50		
2.5 Conceptontwerp(en) beoordelen	51		
2.6 Ontwerp kiezen	57		
2.7 Ontwerp vastleggen	58		

Inleiding

Processchema

Literatuurlijst

Begrippenlijst

# Inleiding

De brandveiligheid van gebouwen wordt in Nederland op dit moment voornamelijk ingevuld op basis van een regelgerichte aanpak, waarbij wordt voorgeschreven aan welke (middel) voorschriften voldaan moet worden. Die aanpak kent een aantal voordelen: een regelgerichte aanpak is duidelijk, landelijk uniform en geeft rechtszekerheid. Vanwege de voorschrijvende aard is er slechts beperkt specialistische kennis van brandveiligheid nodig om een gebouw te ontwerpen. Daartegenover staan een aantal nadelen. Zo geeft een regelgerichte aanpak weinig inzicht in de mate van brandveiligheid die daadwerkelijk behaald wordt met het ontwerp. Ook kunnen (snelle) veranderingen in de bebouwde omgeving niet goed worden afgedekt door de regelgeving, met name omdat het herzien daarvan een traag proces is. Dit staat uitgebreider beschreven in de [Introductie doelgerichte brandveiligheid](#) (Van Liempd & Van Rede, 2024).

In de voorliggende handreiking ligt de nadruk op een doelgerichte aanpak van brandveiligheid. Een doelgerichte aanpak kenmerkt zich door maatwerk. Afhankelijk van de te bepalen brandveiligheidsdoelen wordt op basis van onder andere gebouw-, mens- en brandkenmerken een brandveiligheidsontwerp gemaakt. In het introductiedocument is doelgerichte brandveiligheid als volgt gedefinieerd:

## Definitie doelgerichte brandveiligheid

*“In de doelgerichte aanpak van brandveiligheid wordt brandveiligheidskunde gebruikt om op een systematische en navolgbare wijze een brandveiligheidsoplossing te vinden die aan een of meerdere vooraf bepaalde brandveiligheidsdoelen voldoet. Hier vormen conceptueel en risico-denken de verbinding tussen wetenschap en praktijk. Om tot een brandveiligheidsoplossing te komen, worden brandveiligheidsdoelen bepaald, wordt een methode voor de bepaling van de mate van brandveiligheid gekozen en worden scenario’s en risico’s geanalyseerd.”*  
(Van Liempd & Van Rede, 2024)

In het introductiedocument staan de kenmerken van een doelgerichte brandveiligheidsaanpak beschreven. Ook is een vergelijking gemaakt met een regelgerichte aanpak en zijn bestaande methoden van een doelgerichte aanpak beschreven. Tevens is een processchema geïntroduceerd voor toepassing voor de brandveiligheid van gebouwen in Nederland. Het proces is afgeleid van bestaande schema’s, maar is zo samengesteld dat het past bij de manier van werken in Nederland. In de voorliggende handreiking wordt het processchema stapsgewijs beschreven en toegelicht.

## Serie samenhangende publicaties

Het is onmogelijk om alle facetten van doelgerichte brandveiligheid in één document vast te leggen. Daarom is gekozen voor een serie samenhangende publicaties. Dit document vormt samen met het document *Introductie doelgerichte brandveiligheid* de basis die kan worden gebruikt bij de toepassing van doelgerichte brandveiligheid. Deze documenten zullen in de toekomst verder worden uitgebreid met ondersteunende documenten die achtergrondinformatie bij en voorbeelden geven van specifieke onderwerpen of onderdelen binnen de doelgerichte brandveiligheid.

Omdat dit de eerste versie van deze handreiking is, zijn er op dit moment nog geen ondersteunende documenten opgesteld. Wanneer andere documenten beschikbaar zijn, dan zijn deze te vinden op <https://nipv.nl/onderzoek/doelgerichte-brandveiligheid/>.

### i.1 Doel en afbakening van deze handreiking

Deze handreiking heeft tot doel het processchema voor toepassing van doelgerichte brandveiligheid van gebouwen toe te lichten en handvatten aan te reiken voor de uitvoering van de processtappen van het schema. Daarmee is het een aanvulling op en verdere invulling van de publicatie *Introductie doelgerichte brandveiligheid*.

Deze handreiking is met name geschikt voor gebruik bij het ontwerp van gebouwen, maar staat ook stil bij het realiseren en gebruiken van gebouwen. De gedachten die ten grondslag liggen aan het processchema kunnen echter ook worden gebruikt voor andere toepassingen.

De (fictieve) voorbeelden in dit rapport dienen enkel ter illustratie en verduidelijking. Eventuele uitgangspunten en conclusies uit die

voorbeelden zijn niet bedoeld om direct gebruikt te worden bij praktische vraagstukken.

In dit document worden de verschillende processtappen uit het processchema op hoofdlijnen inhoudelijk behandeld. Het draait daarbij om de belangrijkste keuzes die gedurende het proces worden gemaakt en om de onderlinge samenhang van de verschillende processtappen. Een uitvoerige technische behandeling van de verschillende processtappen is niet opgenomen.

### i.2 Processchema voor doelgerichte brandveiligheidsaanpak voor gebouwen

Het processchema voor doelgerichte brandveiligheid dat in deze handreiking centraal staat, is weergegeven in figuur i.1. Het is een proces dat flexibel gebruikt kan worden. In bepaalde gevallen hoeft bijvoorbeeld minder uitvoerig te worden stilgestaan bij een specifieke processtap dan in andere gevallen of is het wellicht niet nodig om een bepaalde processtap uit te voeren.

Kort samengevat bestaat het processchema uit drie onderdelen:

#### 1. *Kaders van het project*

In dit onderdeel worden onder andere de uitgangspunten, brandveiligheidsdoelen, subdoelen en acceptatiecriteria bepaald. Bij een doelgerichte brandveiligheidsaanpak staat het analyseren van brandveiligheidsrisico's centraal. Daarom wordt een risicoanalyse methode gekozen. Deze processtappen bepalen in grote mate het brandveiligheidsniveau dat wordt nagestreefd binnen het brandveiligheidsontwerp. Daarnaast bepalen deze processtappen de wijze waarop het proces voor doelgerichte brandveiligheid wordt uitgevoerd.

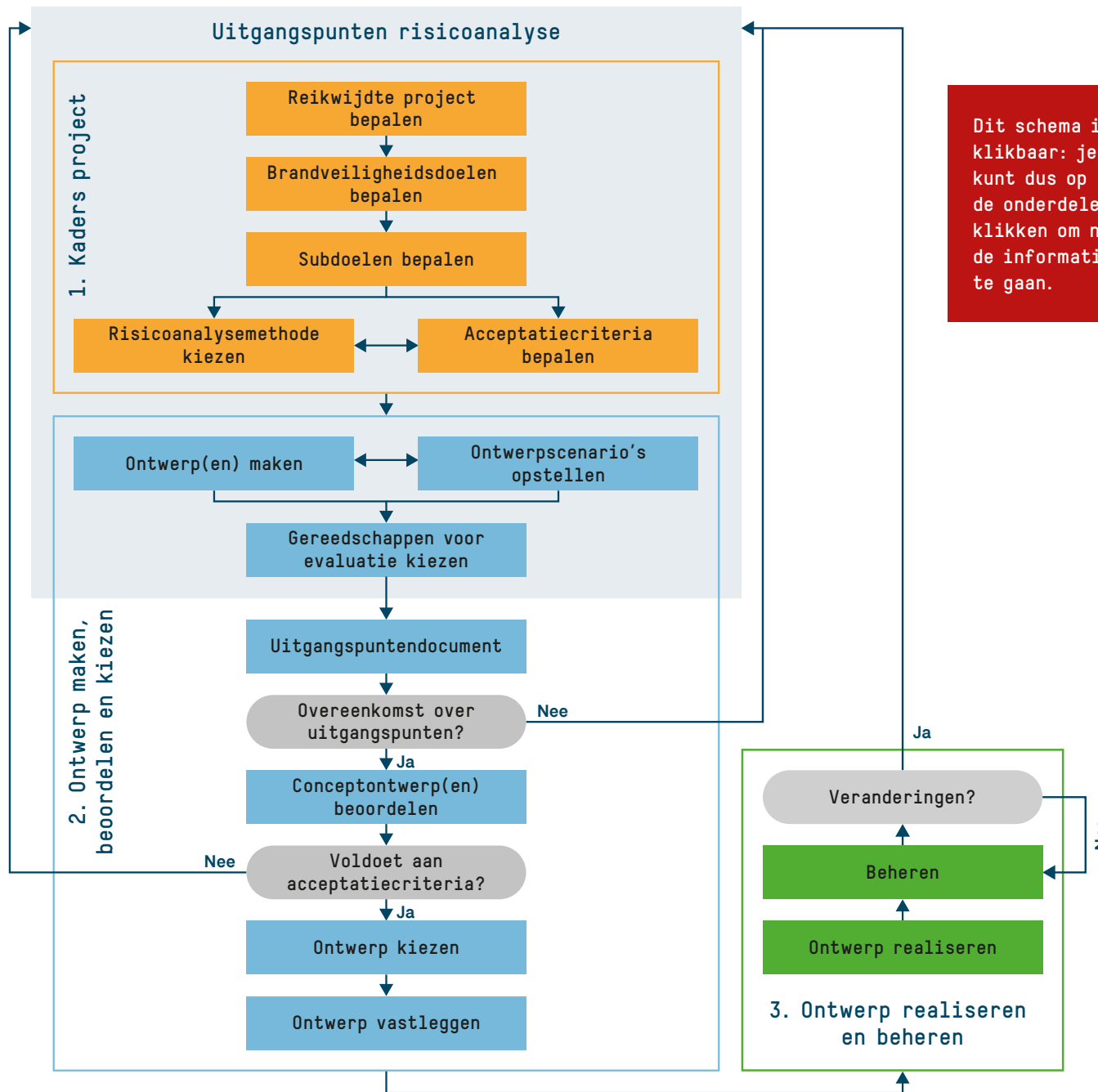
## 2. *Ontwerpen maken, beoordelen en kiezen*

Op basis van de keuzes uit het vorige onderdeel wordt hier gestart met het maken van conceptontwerp(en). Tegelijkertijd worden ontwerpscenario's opgesteld. Vervolgens worden gereedschappen voor beoordeling gekozen. Deze gereedschappen worden gebruikt om de effecten van de ontwerpscenario's inzichtelijk te maken.

Voordat de conceptontwerpen beoordeeld worden met een risicoanalyse, worden de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de risicoanalyse vastgelegd in een uitgangspuntendocument dat ter goedkeuring wordt voorgelegd aan de betrokken partijen. Na goedkeuring wordt de risicoanalyse uitgevoerd. Indien blijkt dat een van de conceptontwerpen invulling geeft aan de acceptatiecriteria, kan het worden gekozen en vastgelegd in een rapportage. Als daarentegen blijkt dat het conceptontwerp géén invulling geeft aan de acceptatiecriteria, is een heroverweging van de uitgangspunten noodzakelijk. Er kunnen meerdere ontwerpen worden beoordeeld om te komen tot een zo passend mogelijk brandveiligheidsconcept.

## 3. *Realisatie en beheer*

In dit onderdeel wordt het brandveiligheidsontwerp gerealiseerd dat in de vorige stap is gekozen, en wordt het gebouw in gebruik genomen. Tijdens de realisatiefase wordt het ontwerp gebouwd. De kwaliteit van de gerealiseerde brandveiligheidsvoorzieningen is van belang voor de effectiviteit van het doelgerichte brandveiligheidsontwerp, zodat borging daarvan van de kwaliteit relevant is. Tijdens de levensloop van het pand kunnen de kenmerken (zoals het gebruik) van het gebouw wijzigen, waardoor beheer van het brandveiligheidsontwerp ook tijdens de gebruiksfase relevant is.



Dit schema is klikbaar: je kunt dus op de onderdelen klikken om naar de informatie te gaan.



Inleiding

Processchema

Literatuurlijst

Begrippenlijst

Figuur i.1 Processchema doelgerichte brandveiligheid

**Iteratief karakter van het processchema**  
 Omdat het niet altijd mogelijk is om op voorhand de uitkomst van een doelgericht ontwerpproces te voorspellen, kent het processchema een herhalend (iteratief) karakter. Zo kan het zijn dat na het uitvoeren van een processtap aanpassingen aan eerdere processtappen nodig zijn. Een voorbeeld hiervan is het aanpassen van het conceptontwerp als uit de beoordeling daarvan blijkt dat dit geen invulling geeft aan de gekozen brandveiligheidsdoelen. De onderlinge verhoudingen tussen de processtappen worden in dit document toegelicht.

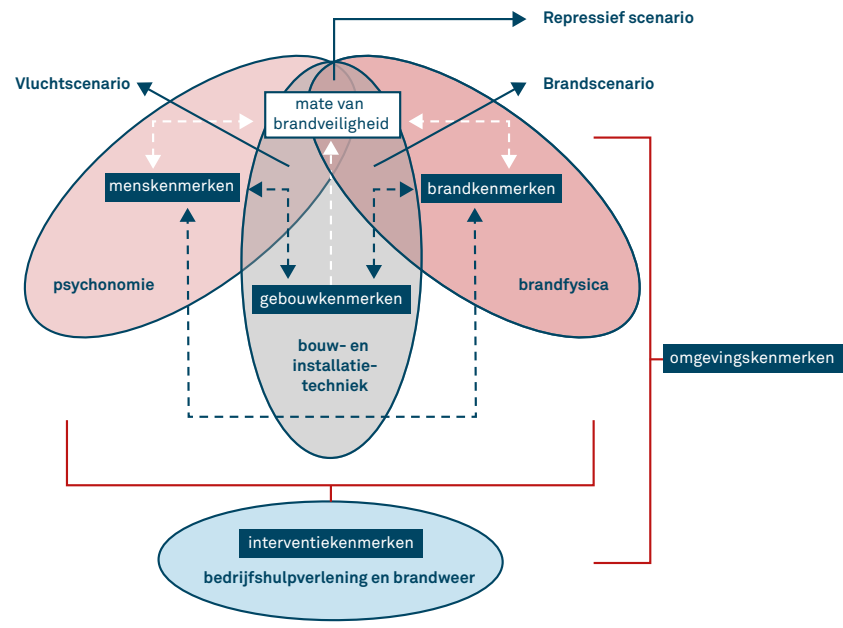
In de hoofdstukken 1 tot en met 3 worden stapsgewijs de verschillende processtappen uit het processchema behandeld. Daarbij wordt per processtap:

- > een korte introductie van de theorie achter de processtap gegeven en het nut van de processtap beschreven.
- > een inhoudelijke beschrijving gegeven.

Waar nodig wordt aanvullende literatuur genoemd. Daarnaast worden, voor zover relevant voor de specifieke processtap, aandachtspunten voor de uitvoering ervan gegeven, en staat de relatie met latere processtappen in het processchema beschreven.

### i.3 Kenmerkschema voor brandveiligheid

Bij een aantal processtappen uit het processchema in figuur i.1 wordt het kenmerkschema voor brandveiligheid gebruikt. Het kenmerkschema is weergegeven in figuur i.2.



Figuur i.2 Kenmerkschema voor brandveiligheid van gebouwen (Instituut Fysieke Veiligheid, 2017)



In **Basis voor brandveiligheid** staat het volgende beschreven over het kenmerkschema:

“Het samenstel van kenmerken vormt een integraal stelsel dat bepalend is voor de mate van brandveiligheid. De maat voor brandveiligheid wordt bepaald door één of meerdere brandscenario's. Beïnvloeding van scenario's is mogelijk door de inzet van brandbeveiligingsvoorzieningen en/of -maatregelen. Zo zullen de brandkenmerken in een bouwwerk met een sprinklersysteem anders zijn dan in een bouwwerk zonder sprinklersysteem. Ook de fysieke omgeving heeft invloed op het vluchtgedrag van mensen die lichamelijk in staat zijn om zelfstandig te vluchten. Zo zal het denkbare vluchtscenario in een openbare ruimte anders zijn dan in een gesloten omgeving, zoals een cellencomplex.

Daarnaast speelt het repressieve scenario een belangrijke rol. Zo zullen de blus- en redmogelijkheden bij een snel brandverloop anders zijn dan bij een relatief langzaam brandverloop. De repressieve inzetbehoefte is anders wanneer het bouwwerk snel is ontruimd dan wanneer er nog veel mensen in het brandende bouwwerk aanwezig zijn. Om het brandveiligheidsniveau te verbeteren, kunnen op basis van een risicoanalyse en een scenarioanalyse specifieke brandbeveiligingsvoorzieningen en -maatregelen getroffen worden.” (Instituut Fysieke Veiligheid, 2017, pp. 21–22)

### i.4 Communicatie gedurende het proces

Het toepassen van doelgerichte brandveiligheid kan complex zijn, onder meer omdat het wordt uitgevoerd in een samenwerkingsverband dat bestaat uit verschillende belanghebbenden. Het doelgerichte brandveiligheidsproces en de uitkomsten daarvan kunnen gevolgen hebben voor die belanghebbenden in het ontwerpproces. Denk daarbij aan gevolgen voor de bouwconstructie of installatietechniek. Het is daarom van belang om gedurende het proces te communiceren met de relevante partijen. Zo blijven zij betrokken bij keuzes en kunnen de gevolgen daarvan overzien. De wijze waarop de communicatie wordt ingericht, is projectspecifiek en daarom hier niet verder uitgewerkt.



Figuur i.3 Voorbeeld van belanghebbenden in een doelgericht brandveiligheidsproces

## Uitgangspuntendocument

Een belangrijk moment in het processchema is het starten met de beoordeling van het brandveiligheidsontwerp. Omdat de beoordeling van het brandveiligheidsontwerp vaak arbeidsintensief is, is het verstandig om vooraf overeenstemming te bereiken over de uitgangspunten voor de beoordeling. Om discussie over uitgangspunten achteraf te voorkomen, is in het processchema een tussentijds verslagleggingsmoment opgenomen in de vorm van een *uitgangspuntendocument*. In het uitgangspuntendocument staan de relevante keuzes vastgelegd en wordt daarvan een verantwoording gegeven. Het document wordt ter goedkeuring voorgelegd aan de belanghebbenden. Na goedkeuring wordt gestart met de beoordeling van de conceptontwerpen en daarop volgende processtappen.

## Rapporteren van het doelgericht brandveiligheidsproces

Het is van belang dat keuzes die zijn gemaakt tijdens het proces en de bijbehorende onderbouwing daarvan achteraf goed herleidbaar zijn. Zo wordt voorkomen dat het doelgerichte brandveiligheidsontwerp gedurende de levensloop van het gebouw uit het oog wordt verloren. Een navolgbare en kwalitatief hoogwaardige verslaglegging van het doelgerichte ontwerpproces is daarom belangrijk.

## i.5 Kwaliteit binnen een doelgerichte aanpak van brandveiligheid

Kenmerken van doelgerichte brandveiligheid zijn dat er veel (keuze) vrijheid is, dat er geen voorschrijvende kaders zijn voor wat goed of fout is, en dat het gaat om de toepassing van relatief complexe kennis. In veel gevallen kan de veiligheid van personen afhankelijk zijn van de brandveiligheidsoplossing en de gemaakte keuzes in het doelgerichte brandveiligheidsproces. Gemaakte fouten in het proces worden vaak pas duidelijk op het moment dat er brand is. De kwaliteit van doelgerichte brandveiligheidsoplossingen is daarom van groot belang. Belangrijke aspecten die hiermee te maken hebben, zijn de competentie van personen of teams die werken aan de aanpak en de procesmatige borging van kwaliteit.

Zoals beschreven in het document *Introductie doelgerichte brandveiligheid* vergt het toepassen van doelgerichte brandveiligheid andere kennis, vaardigheden, gedrag en attitudes van de betrokken personen dan het toepassen van een regelgerichte aanpak. Er bestaan in Nederland geen formele kaders waarin de noodzakelijke kwaliteiten hieromtrent vastgelegd zijn. Ook in het voorliggende document worden hiervoor geen minimale vereisten genoemd. Het is daarom vooralsnog taak van de betrokken personen om hierover zelf te oordelen. Voorbeelden van relevante vaardigheden, gedrag en attitudes zijn opgenomen in het *introductiedocument*.

Bij de procesmatige borging van de kwaliteit van een doelgerichte brandveiligheidsaanpak kan gedacht worden aan een review van het gehele proces of onderdelen daarvan. In het *introductiedocument* is meer informatie te vinden over verschillende soorten reviews.

# 1. Kaders van het project

Het eerste onderdeel van het processchema draait om het vaststellen van de reikwijdte van het project, van brandveiligheidsdoelen, subdoelen en acceptatiecriteria. Daarnaast wordt een risicoanalyse methode gekozen, die uiteindelijk gebruikt wordt bij de beoordeling van het doelgerichte brandveiligheidsontwerp. In dit hoofdstuk worden deze processtappen beschreven, samen met aandachtspunten bij de uitvoering ervan en relaties met latere processtappen.

## 1.1 Reikwijdte project bepalen

Elk proces waarin doelgerichte brandveiligheid wordt gebruikt, start met het vaststellen en beschrijven van de reikwijdte waarbinnen het ontwerp wordt gemaakt. De reikwijdte bestaat uit op voorhand vaststaande kaders, waarop in het proces voor doelgerichte brandveiligheid geen (of maar beperkt) invloed is.

### Inhoud beschrijving reikwijdte

In ieder geval moet duidelijk worden beschreven:

1. voor welke brandveiligheidsaspecten en voor welk (deel van het) gebouw een doelgericht brandveiligheidsontwerp wordt gemaakt.
2. welke kaders uit de (bouw)regelgeving van toepassing zijn.
3. welke belanghebbenden er bij het project betrokken zijn en welke rol zij hebben.
4. welke andere aspecten relevant zijn.

Voorbeelden van andere relevante aspecten zijn in tabel 1.1 opgenomen. Daarbij is aangesloten op het kenmerkenschema (zie figuur i.2).

Tabel 1.1 Voorbeelden van relevante informatie in de reikwijdte van het project

Kenmerk	Voorbeelden
Gebouwkenmerken	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Opbouw bouwconstructie</li> <li>&gt; Gevelopbouw</li> <li>&gt; Dakopbouw</li> <li>&gt; Bijzondere ruimten (atria, techniekruimten)</li> <li>&gt; Aantal trappenhuisen</li> <li>&gt; Omvang</li> <li>&gt; Hoogte</li> <li>&gt; Functies</li> <li>&gt; Gebouwinstallaties</li> </ul>
Menskenmerken	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Doelgroep gebouw</li> <li>&gt; Fysieke gesteldheid populatie</li> <li>&gt; Rolstoeltoegankelijkheid</li> </ul>
Brandkenmerken	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Mogelijke brandbare objecten en ontstekingsbronnen</li> <li>&gt; Brandrisico's in de omgeving</li> <li>&gt; Opslag en gebruik brandgevaarlijke stoffen</li> </ul>
Omgevings- en interventiekenmerken	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Aanrijtijden brandweer</li> <li>&gt; Openbare bluswatervoorziening</li> <li>&gt; Toegankelijkheid terrein en gebouw</li> <li>&gt; Transportroutes gevaarlijke stoffen</li> <li>&gt; Klimatologische omstandigheden</li> </ul>

### 1.1.1 Relatie met latere processtappen

De reikwijdte van het project is het startpunt van een (doelgericht) brandveiligheidsontwerp. Het legt kaders vast waarbinnen het ontwerp wordt gemaakt. Daarom heeft deze processtap een verbinding met alle hierop volgende processtappen.

Inleiding

Processchema

Reikwijdte project bepalen

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 1.2 Brandveiligheidsdoelen bepalen

Brandveiligheidsdoelen beschrijven op hoofdlijnen wat er wordt nagestreefd met de brandveiligheidsoplossing. De brandveiligheidsdoelen zijn zo eenvoudig beschreven dat ze goed worden begrepen door leken. Zo kan er tussen de betrokkenen het best onderling overeenstemming worden bereikt over de gewenste prestaties van het ontwerp of gebouw bij brand. Een brandveiligheidsdoel is binnen de kaders van dit rapport vaak tweeledig:

- > Een beschrijving van het doel, zoals het *voorkomen van slachtoffers en gewonden of beperken van schade*.
- > Een nadere afbakening bij dit doel. Denk bijvoorbeeld aan de locatie (beperken van schade op een ander perceel), een afbakening op groepsniveau (voorkomen van slachtoffers en gewonden onder hulpverleners) of een afbakening op inspanningsniveau (slachtoffers en gewonden worden voor zover redelijkerwijs mogelijk voorkomen).

### Zonder brandveiligheidsdoelen geen brandveiligheidsrisico's

Zonder helder vastgestelde doelen kan geen risicoanalyse (zie paragraaf 1.4 Risicoanalyse methode kiezen) worden uitgevoerd. Het is dan niet duidelijk welke brandveiligheidsrisico's relevant zijn voor de belanghebbenden. Omdat brandveiligheidsdoelen het doelgerichte brandveiligheidsproces inkaderen, zijn ze ook mede bepalend voor de restrisico's die ontstaan gedurende het proces.

### 1.2.1 Mogelijke brandveiligheidsdoelen en voorbeelden

Doelen kunnen worden ingegeven door:

- > de bouwregelgeving, zoals het geval is in een gelijkwaardigheidsstudie. Dit worden publieke brandveiligheidsdoelen genoemd.
- > belanghebbenden, zoals de gebouweigenaar of -gebruiker. Dit is het geval wanneer er binnen een project private brandveiligheidsdoelen worden nagestreefd. De betrokken partijen kunnen soms verschillende doelen nastreven.

#### Publieke brandveiligheidsdoelen

In paragraaf 6.5 van de toelichting op de staatsbladen bij het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) staat gesteld dat de brandveiligheidsdoelen van het Bbl zijn: *“Het voorkomen van slachtoffers (gewonden en doden) en het voorkomen dat een brand zich uitbreidt naar een ander perceel. Het behouden van het bouwwerk en het voorkomen van schade aan het milieu, monumenten of maatschappelijke voorzieningen of belangen zijn geen doelstellingen van dit besluit.”* (Besluit bouwwerken leefomgeving, 2024)

Vrij vertaald naar termen uit deze publicatie zijn de publieke doelen die worden opgelegd door het Bbl:

1. *Voorkomen van slachtoffers en gewonden*: hiermee wordt beoogd om slachtoffers of gewonden onder gebouwgebruikers en andere betrokken personen (zoals hulpverleners) te voorkomen.
2. *Beperken van schade op een ander perceel*: hiermee wordt beoogd te zorgen dat een brand op het ene perceel niet leidt tot grote schade op het andere perceel (door te voorkomen dat een brand zich uitbreidt naar een ander perceel).

Inleiding

Processchema

Brandveiligheidsdoelen bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

Deze doelen zijn wettelijk voorgeschreven en daardoor altijd in meer of mindere mate relevant.

Naast wettelijke brandveiligheidsdoelen kunnen private brandveiligheidsdoelen relevant zijn binnen een project. Die doelen zijn afhankelijk van de context van het project. Voorbeelden daarvan zijn:

3. *Voorkomen van slachtoffers en gewonden onder dieren*: in dit geval wordt nagestreefd dode en gewonde dieren te voorkomen.
4. *Beperken van schade*: in dit geval wordt nagestreefd schade aan gebouw of inboedel te beperken. Ook rookschade, schade van bluswater of indirecte schade als gevolg van een brand (bijvoorbeeld doordat een proces buitengebruik is) kunnen hieronder vallen.
5. *Het borgen van de bedrijfscontinuïteit*: in dit geval wordt nagestreefd onderbreking van de bedrijfscontinuïteit te voorkomen of beperken. Dit kan gaan om de bedrijfscontinuïteit op het eigen perceel, maar ook om de bedrijfscontinuïteit op een ander perceel of van openbare voorzieningen (bijvoorbeeld een snelweg).
6. *Beperken van milieubelasting*: in dit geval wordt nagestreefd negatieve gevolgen voor het milieu van een brand en de bestrijding daarvan te beperken. Denkbare voorbeelden zijn vervuiling van de bodem en het grondwater. Ook uitstoot van schadelijke gassen als gevolg van een brand kan hieronder vallen.
7. *Beschermen van erfgoed*: in dit geval wordt nagestreefd het verlies of aantasting van objecten met niet louter een economische waarde te beperken. Het kan daarbij bijvoorbeeld gaan om een monumentaal gebouw of een gebouw met culturele betekenis. Ook het beschermen van onvervangbare kunst kan hieronder vallen.

Zoals eerder vermeld, worden deze doelen in het geval van een concreet project vaak nog nader gespecificeerd met een afbakening van locatie, groep of inspanning.

### 1.2.2 Aandachtspunten bij uitvoering processtap

Omdat brandveiligheidsdoelen het doelgerichte brandveiligheidsproces inkaderen, is het van belang dat aan het begin van het proces duidelijk wordt gecommuniceerd welke brandveiligheidsdoelen worden beoogd in het project. Voor een goede herleidbaarheid is het daarnaast aan te bevelen om het brandveiligheidsdoel dat elke belanghebbende van belang vindt te rapporteren.

### 1.2.3 Meer informatie

- > 'SFPE Guide to performance based design' (SFPE, 2015, Hoofdstuk 1).
- > ISO TR 16576: Fire safety engineering - Examples of fire safety objectives, functional requirements and safety criteria (ISO, 2017).
- > ISO 23932-1: Fire Safety Engineering - Uitgangspunten - Deel 1: algemeen (ISO, 2018, Hoofdstuk 6).



Inleiding

Processchema

Brandveiligheidsdoelen bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

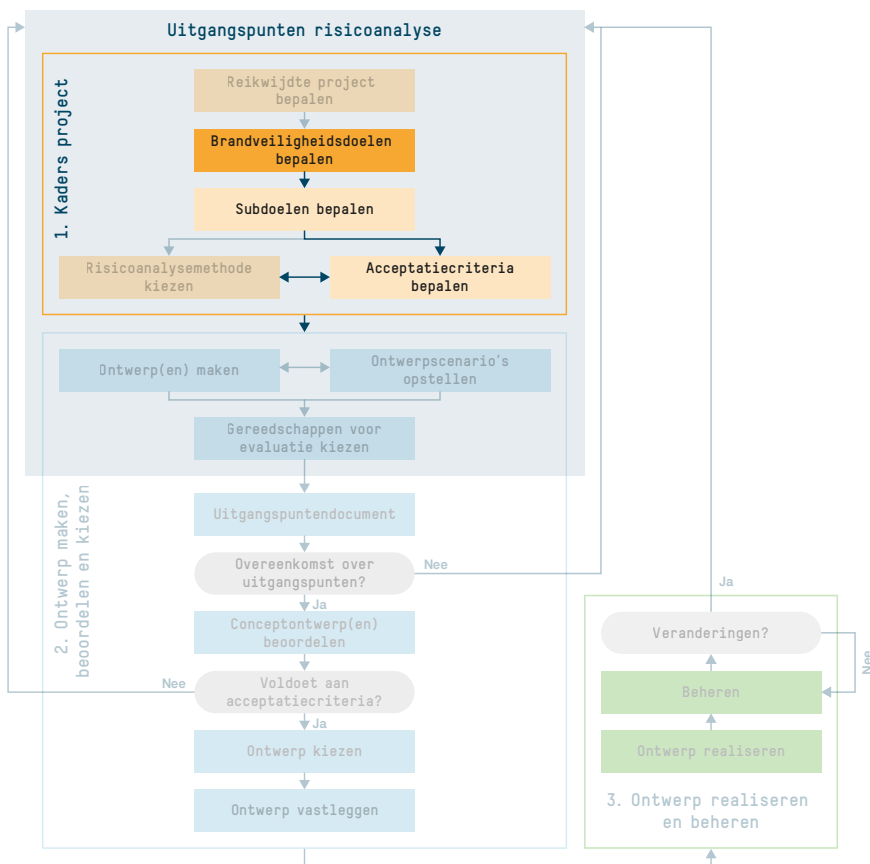
Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

### 1.2.4 Relatie met latere processtappen

Brandveiligheidsdoelen staan aan de basis van elk doelgericht brandveiligheidsontwerp. Zij vormen samen met de subdoelen en acceptatiecriteria de maatlat waaraan een ontwerp wordt getoetst gedurende het proces. De relatie tussen het brandveiligheidsdoel, subdoel en acceptatiecriterium is in figuur 1.1 weergegeven. Subdoelen zijn beschreven in paragraaf 1.3 en acceptatiecriteria in paragraaf 1.5.



Figuur 1.1 Brandveiligheidsdoel, subdoel en acceptatiecriterium



Inleiding

Processchema

Brandveiligheidsdoelen bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 1.3 Subdoelen bepalen

Brandbeveiligingsdoelen zijn opzichzelfstaand te abstract om te kunnen worden gebruikt bij het maken van een doelgericht brandveiligheidsontwerp. Daarom worden ze verder geconcretiseerd naar subdoelen. Een subdoel geeft een beschrijving van de wijze waarop het brandveiligheidsdoel behaald wordt (voor het voorkomen van slachtoffers en gewonden bijvoorbeeld het gedurende voldoende lange tijd beschikbaar houden van vluchtwegen). Subdoelen zijn kwalitatief, en geven al een oplossingsrichting mee.

### 1.3.1 Brandveiligheidsdoelen vertalen naar subdoelen

Subdoelen worden gevormd door de brandveiligheidsdoelen, context en kenmerken van het doelgerichte brandveiligheidsconcept. Zo is het bij het vertalen van het doel 'voorkomen van slachtoffers en gewonden' naar een subdoel relevant of een ontvluchtingsconcept, ontruimingsconcept of 'stay-in-place-concept' wordt gebruikt. Bij het vertalen van het doel 'bedrijfscontinuïteit' naar een subdoel kan het bijvoorbeeld gaan over het voldoende klein houden van de brand of het dubbel uitvoeren van bepaalde kritische processen en borgen dat deze nooit gelijktijdig bij een brand betrokken raken. Het is daarnaast goed mogelijk dat voor het invullen van een brandveiligheidsdoel meerdere subdoelen nodig zijn.

#### Voorbeeld concretisering subdoelen bij doel 'voorkomen van slachtoffers en gewonden'

In een woongebouw met inpannige vluchtroutes wordt als een van de brandveiligheidsdoelen 'voorkomen van slachtoffers en gewonden' nagestreefd. Het brandveiligheidsdoel wordt vertaald naar de volgende subdoelen:

- > Veilig vluchten mogelijk maken door gedurende voldoende lange tijd:
  - > vluchtwegen bruikbaar te houden
  - > de bouwconstructie in stand te houden
  - > een veilige doorzoekactie en eventuele redding door de brandweer mogelijk te maken.

De subdoelen zijn bedoeld om de persoonlijke veiligheid in het gebouw te beschermen, in ieder geval gedurende de ontvluchtingsperiode. Daarnaast wordt de veiligheid van hulpverleningsdiensten tijdens een inzet beschermd. Indien een van de subdoelen niet wordt behaald, wordt ook het brandveiligheidsdoel niet behaald.

Ook subdoelen kennen nog een bepaalde mate van abstractie. Op die manier krijgen alle betrokkenen een gevoel bij het brandveiligheidsniveau dat wordt nagestreefd in het doelgerichte brandveiligheidsproces, zonder dat daar technische kennis voor nodig is. Ter beeldvorming is hieronder nog een voorbeeld gegeven.

Inleiding

Processchema

Subdoelen bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met andere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



### Voorbeeld concretisering subdoelen bij doel 'bedrijfscontinuïteit'

Een ziekenhuis beseft dat een van de afdelingen van essentieel belang is voor de continuïteit van de zorg. Een doelgericht proces wordt gebruikt om de bedrijfscontinuïteit te verbeteren. Het brandveiligheidsdoel wordt vertaald naar de volgende subdoelen:

- › Beperk branduitbreiding tot de ontstaansruimte van de brand.
- › Beperk vergaande rookverspreiding naar omliggende van belang zijnde ruimten.

OF:

- › Zorg voor een geschikte noodoplossing, mocht de afdeling onbruikbaar worden.

Met het eerste subdoel wordt voorkomen dat brandschade in andere ruimtes dan de brandruimte leidt tot het buiten bedrijf raken van de volledige afdeling. Het tweede subdoel voorkomt dat een grootschalige schadesanering als gevolg van rookverontreiniging noodzakelijk is, met als gevolg een lange buitengebruikstelling. Als alternatief op de eerste twee subdoelen kan worden overwogen om de afdeling redundant te maken door elders in het ziekenhuis een noodvoorziening in te richten of afspraken te maken met andere ziekenhuizen in de regio.

### 1.3.2 Aandachtspunten bij uitvoering processtap

Subdoelen bepalen samen met de brandveiligheidsdoelen (zie paragraaf 1.2) en acceptatiecriteria (zie paragraaf 1.5) het uiteindelijke brandveiligheidsniveau dat binnen het ontwerp wordt nagestreefd. Ze zijn dus ook bepalend voor het restrisico. Daarnaast moeten subdoelen zo worden gekozen dat ze praktisch haalbaar zijn. Het is immers niet realistisch elk denkbaar brandveiligheidsrisico uit te sluiten in een gebouwontwerp. Het is daarom van belang om scherp geformuleerde, maar wel realistische subdoelen te bepalen.

### Voorbeeld onhaalbaar subdoel

Een voorbeeld van een onhaalbaar subdoel is het uitsluiten van elke vorm van brandschade of de kans op gewonden of slachtoffers. Dit kan alleen door de kans op ontsteking van de brand naar 0 te brengen. Dit is praktisch gezien onmogelijk.

Als gelijkwaardigheid met de bouwregelgeving wordt nagestreefd in een doelgericht brandveiligheidsproces, moeten de subdoelen worden afgeleid van de eisen uit de bouwregelgeving, omdat de brandveiligheidsdoelen uit de bouwregelgeving niet nader zijn geconcretiseerd naar subdoelen.

### 1.3.3 Meer informatie

- › 'SFPE Guide to performance based design' (SFPE, 2015, Hoofdstuk 1).
- › ISO TR 16576: Fire safety engineering - Examples of fire safety objectives, functional requirements and safety criteria (ISO, 2017).
- › ISO 23932-1: Fire Safety Engineering - Uitgangspunten - Deel 1: algemeen (ISO, 2018, Hoofdstuk 6).

Inleiding

Processchema

Subdoelen bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met andere processtappen

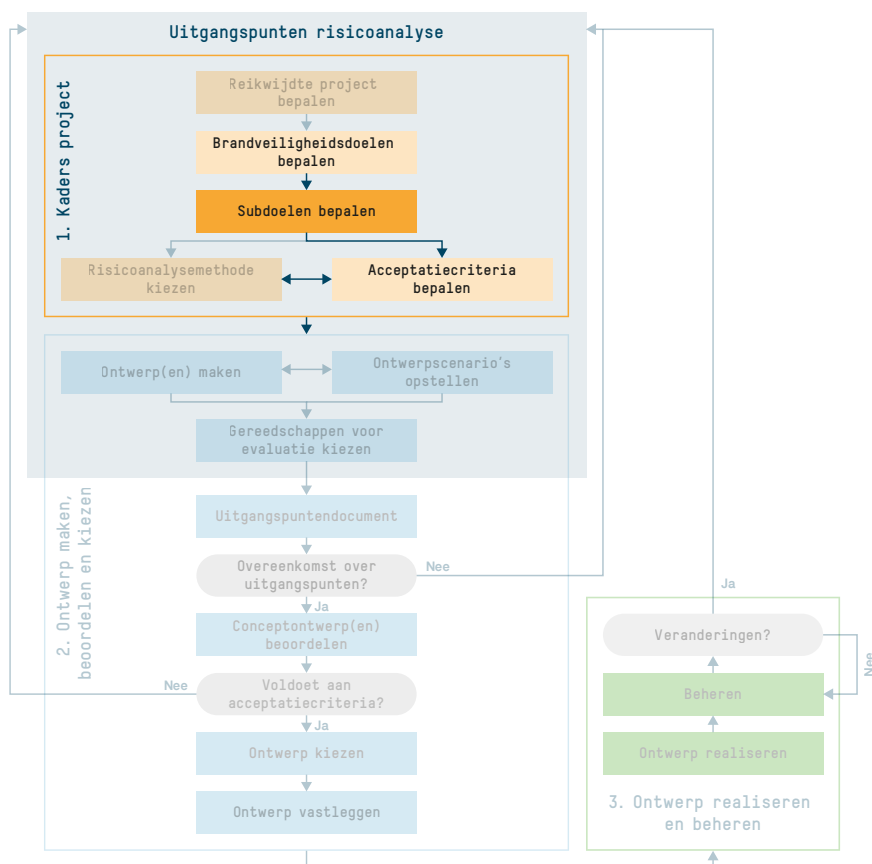
Literatuurlijst

Begrippenlijst



### 1.3.4 Relatie met andere processtappen

De subdoelen vormen samen met de brandveiligheidsdoelen als basis en de acceptatiecriteria de maatlat waaraan een ontwerp wordt getoetst gedurende het proces. De relatie tussen het brandveiligheidsdoel, subdoel en acceptatiecriterium is in figuur 1.1 weergegeven. Brandveiligheidsdoelen zijn beschreven in paragraaf 1.2 en acceptatiecriteria in paragraaf 1.5.



## 1.4 Risicoanalysemethode kiezen

Zoals in de vorige processtappen toegelicht, draait doelgericht brandveiligheidsontwerpen om het invullen van brandveiligheidsdoelen. Om te beoordelen of aan de brandveiligheidsdoelen wordt voldaan, wordt gebruikgemaakt van het 'risico'. Wat risico nu precies inhoudt of voorstelt, kan moeilijk te bevatten zijn. Toch is het noodzakelijk om het risico te beoordelen om tot een passend brandveiligheidsontwerp te komen en te kunnen toetsen of aan de doelen voldaan wordt.

In deze paragraaf wordt daarom eerst toegelicht wat risico is en wordt er een introductie gegeven over het uitvoeren van een risicoanalyse. Daarna wordt ingegaan op soorten risicoanalyses, de rol van onzekerheid in een risicoanalyse, verschillende soorten risicoanalysemethoden en aandachtspunten bij het kiezen van een passende risicoanalysemethodiek. Afsluitend komen relaties met latere processtappen aan bod.

### 1.4.1 Risico

Een risico is een combinatie van het gevolg (het effect) van een gebeurtenis, zoals schade of letsel door brand en de kans daarop. Bij risico kan het gaan om een subjectieve ervaring van het risico (het risico waarvan men denkt dat het er is) en het objectieve risico (het risico dat er daadwerkelijk is). Het ervaren risico kan zowel lager als hoger zijn dan het objectieve risico. Mensen kunnen risico's immers overschatten en onderschatten. Dit kan belangrijke input zijn om mee te nemen bij het uitvoeren van een risicoanalyse. Bij het kiezen van geschikte maatregelen kan aandacht besteed worden aan de risico's die onderschat worden. Omdat deze risico's onderschat worden, is er vaak een grotere kans dat de gebeurtenis die het risico veroorzaakt ook daadwerkelijk plaatsvindt of dat men onvoldoende voorbereid is om de effecten van de gebeurtenis voldoende klein te houden.

Een aantal belangrijke begrippen die behulpzaam zijn bij het identificeren, beoordelen en verkleinen van risico's zijn:

- > risicoperceptie
- > risicobereidheid (Engels 'risk appetite')
- > risicoacceptatie.

#### Risicoperceptie

Risicoperceptie gaat over de beleving van risico's. Wat voor de een acceptabel risico is, is dat niet voor een ander. Risico's die we onszelf goed in kunnen beelden, schatten we vaak groter in dan meer abstracte (lange termijn) risico's. Eerdere ervaringen spelen vaak een rol bij de perceptie van risico's. Heb je eerder een brand meegemaakt, dan speelt die ervaring een rol in je beleving van het risico van brand. Ook de omvang van het effect speelt een rol in de risicoperceptie. Hoe groter het effect, des te groter het risico vaak wordt geschat, ook al is de kans dat het gebeurt wellicht heel klein (denk bijvoorbeeld aan het neerstorten van een vliegtuig). Wanneer iemand een situatie denkt in de hand te hebben, dan wordt het risico vaak lager ingeschat dan wanneer hij of zij de situatie niet zelf in de hand heeft. De perceptie van risico's kan een belangrijke rol spelen in de gebeurtenissen die zich kunnen voordoen en de kans dat ze daadwerkelijk plaatsvinden. De perceptie van risico's is ook van invloed op de intrinsieke motivatie die iemand heeft om voldoende maatregelen te nemen om een risico te verkleinen.

#### Risicobereidheid

Risicobereidheid gaat over de mate waarin iemand (of groepen personen, een bedrijf et cetera) bereid is om risico's te willen nemen. In 2011 is een brand van forse omvang geweest bij Chemie-Pack in Moerdijk. De medewerkers van dit bedrijf kregen bonussen uitgekeerd aan de hand van de productie die gedraaid werd (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2012). Een dergelijke bonus kan van invloed zijn op de mate waarin medewerkers bereid zijn om risico's te nemen. Wanneer de snelheid van de productie

Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

verhoogd kan worden door een veiligheidsmaatregel niet toe te passen of onjuist uit te voeren, dan kan dit persoonlijke winst opleveren ook al kan het niet gebruiken van de veiligheidsmaatregel tot een hoger risico leiden. Ze zijn dan meer bereid het hogere risico te dragen. Risicobereidheid kan van invloed zijn op de kans dat gebeurtenissen plaatsvinden, de soort gebeurtenissen die plaatsvinden en de faalkans van maatregelen. Een beschouwing van de risicobereidheid kan daarom belangrijke input geven voor een risicoanalyse.

### Risicoacceptatie

Risicoacceptatie gaat over de mate over de mate waarin iemand (of groepen personen, een bedrijf et cetera) bereid is om risico's te accepteren. Risicoacceptatie is sterk verbonden met risicoperceptie en risicobereidheid. De beleving van het risico en de mate waarin we risico's willen nemen, bepaalt in belangrijke mate welke risico's we willen accepteren. Ook de mate waarin risico's vrijwillig worden genomen, speelt een rol in de risicoacceptatie. Hierbij speelt vaak ook mee dat mensen een persoonlijk voordeel kunnen behalen bij het vrijwillig nemen van een risico.

Risicoacceptatie speelt een rol bij het kiezen van de doelen, subdoelen en acceptatiecriteria. De doelen, subdoelen en acceptatiecriteria bepalen samen welk risico niet wordt afgedekt en daardoor geaccepteerd moet worden. Inzicht in de mate van risicoacceptatie kan belangrijke input zijn bij het uitvoeren van een risicoanalyse. Wanneer de mate van risicoacceptatie verschilt tussen een bedrijf en een individuele of groep medewerkers, kan dit bijvoorbeeld een aandachtspunt zijn voor de beheersing van risico's binnen het bedrijf.

### Berekening of bepaling van risico's

In de doelgerichte aanpak van brandveiligheid focussen we bij de berekening of bepaling van de risico's op de objectieve risico's. Een (objectief) risico wordt voor de berekening van het risico vaak uitgedrukt als de vermenigvuldiging van de kans en het effect van een gebeurtenis (risico = kans x effect).

#### Kansen en effecten bepalen samen het risico

In een bepaald scenario kunnen vier bewoners niet veilig kunnen vluchten (effect). De kans daarop is  $P=10^{-4}$ /jaar. Het totale risico is dan:

$$\text{Risico} = \text{kans} * \text{effect}$$

$$\text{Risico} = 10^{-4} * 4$$

Voor een ander scenario blijkt dat acht bewoners niet veilig kunnen vluchten (effect). De kans daarop is  $P=10^{-6}$ /jaar. Het totale risico is dan:

$$\text{Risico} = 10^{-6} * 8$$

In het tweede scenario zijn de effecten tweemaal zo groot als in het eerste scenario. De kans op het grotere effect in het tweede scenario is een factor 100 kleiner vergeleken met het eerste scenario. Hoewel de effecten van het tweede scenario groter zijn dan de effecten in het eerste scenario, is het risico van het tweede scenario kleiner (een factor 50) dan het eerste scenario, omdat de kans op de effecten verschilt.



Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



### Gebruik term risico

Deze handreiking kan gebruikt worden voor verschillende soorten risicoanalyses (zie ook paragraaf 1.4.3). Het kan dan gaan om een kwalitatieve, deterministische of probabilistische risicoanalyse. Bij een deterministische risicoanalyse wordt alleen het effect getalsmatig bepaald. De kans wordt vaak impliciet meegenomen, bijvoorbeeld bij de selectie van scenario's. Hoewel de kans niet expliciet wordt meegenomen in de berekening en er dus niet getoetst wordt op het 'risico', wordt in deze handreiking overal de term risico gebruikt, ook wanneer er sprake is van een deterministische analyse en er feitelijk gesproken zou moeten worden van het 'berekende effect'. Hier is voor gekozen, omdat anders telkens 'risico / effect' zou moeten worden geschreven.

### 1.4.2 Proces uitvoeren risicoanalyse

Een risicoanalyse wordt veelal uitgevoerd met de volgende processtappen:

1. *Identificeren gevaren en scenario's*: het uitvoeren van een risicoanalyse start met het identificeren van mogelijke gevaren en het beschrijven van bijbehorende scenario's. Meer informatie hierover is te vinden in paragraaf 2.2 Ontwerpscenario's opstellen.
2. *Selecteren relevante scenario's*: omdat er vaak veel verschillende scenario's bestaan in het geval van brand, is het niet altijd mogelijk en zinvol om het risico van alle scenario's te bepalen. Het is daarom nuttig om een prioritering aan te brengen in de scenario's op basis van de kansen en/of effecten van die scenario's. Relevante scenario's worden geselecteerd en verder uitgewerkt in de volgende stappen. Meer informatie hierover staat in paragraaf 2.2 Ontwerpscenario's opstellen.

### Scenario's en ontwerpscenario's

In deze publicatie worden scenario's die gebruikt worden bij de beoordeling van een ontwerp ontwerpscenario's genoemd.

3. *Concretiseren ontwerpscenario's*: vervolgens worden de ontwerpscenario's nader geconcretiseerd tot het niveau dat ze kunnen worden gebruikt bij het bepalen van het mogelijke risico van de scenario's. Meer informatie staat in paragraaf 2.2 Ontwerpscenario's opstellen.
4. *Vaststellen risico per ontwerpscenario*: van de ontwerpscenario's wordt vervolgens het risico bepaald. Meer informatie hierover wordt gegeven in paragraaf 2.5 Conceptontwerp(en) beoordelen.
5. *Bepalen totale brandveiligheidsrisico*: het totale risico wordt bepaald op basis van de uitkomsten van de voorgaande stappen. Meer informatie hierover is te vinden in paragraaf 2.5 Conceptontwerp(en) beoordelen.
6. *Beoordelen brandveiligheidsrisico*: van het bepaalde risico wordt vervolgens beoordeeld of het voldoet aan de acceptatiecriteria. Meer informatie hierover staat in paragraaf 1.5 Acceptatiecriteria bepalen.

De bovenstaande processtappen zijn in figuur 1.2 schematisch weergegeven. Er bestaan verschillende soorten risicoanalyses waarmee dit schema kan worden ingericht. Die soorten worden beschreven in de volgende paragraaf.

Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

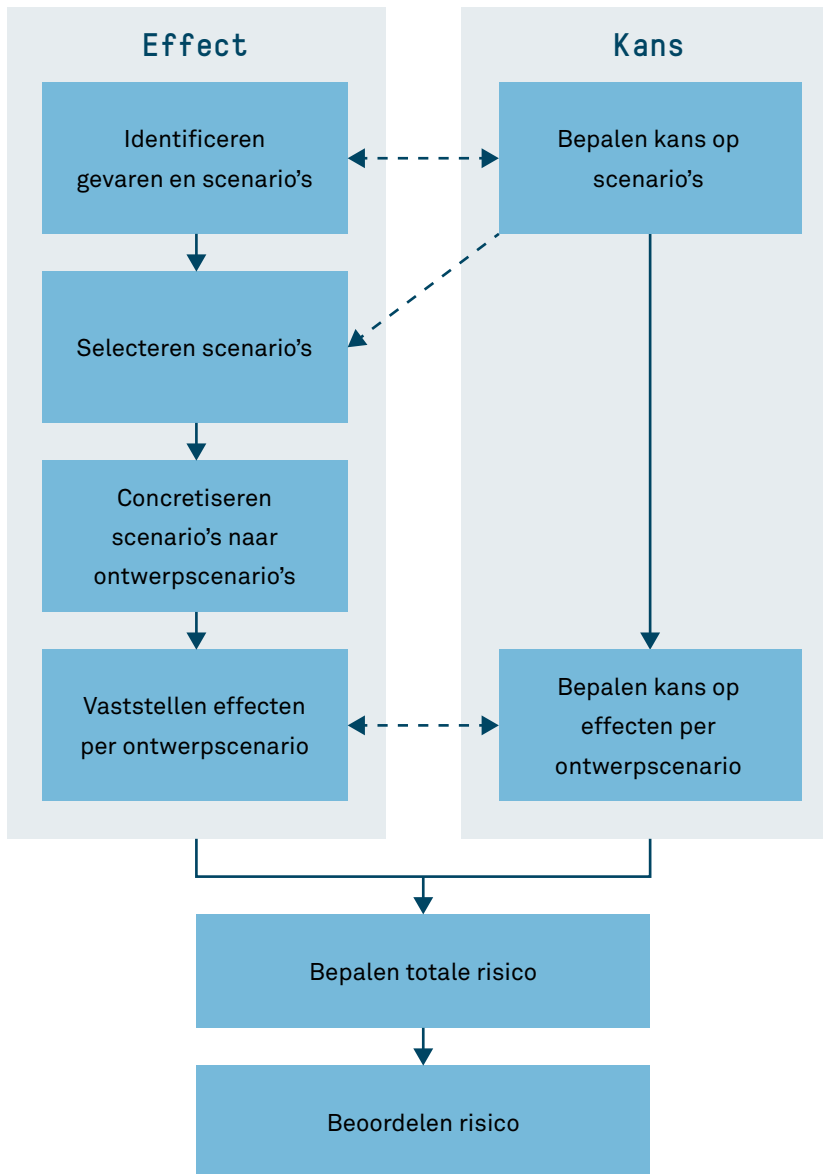
Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



Figuur 1.2 Schematische weergave van een risicoanalyse

### 1.4.3 Soorten risicoanalyses

Er zijn verschillende manieren waarop een risicoanalyse kan worden uitgevoerd. Op de eerste plaats kan een risicoanalyse zowel vergelijkend als absoluut worden uitgevoerd. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen kwalitatieve en kwantitatieve risicoanalyses. Kwantitatieve risicoanalyses zijn verder onder te verdelen in deterministische en probabilistische risicoanalyses. De verschillende soorten risicoanalysemethoden zijn in figuur 1.3 schematisch weergegeven. In de volgende alinea's worden deze analysemethoden nader toegelicht.

Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

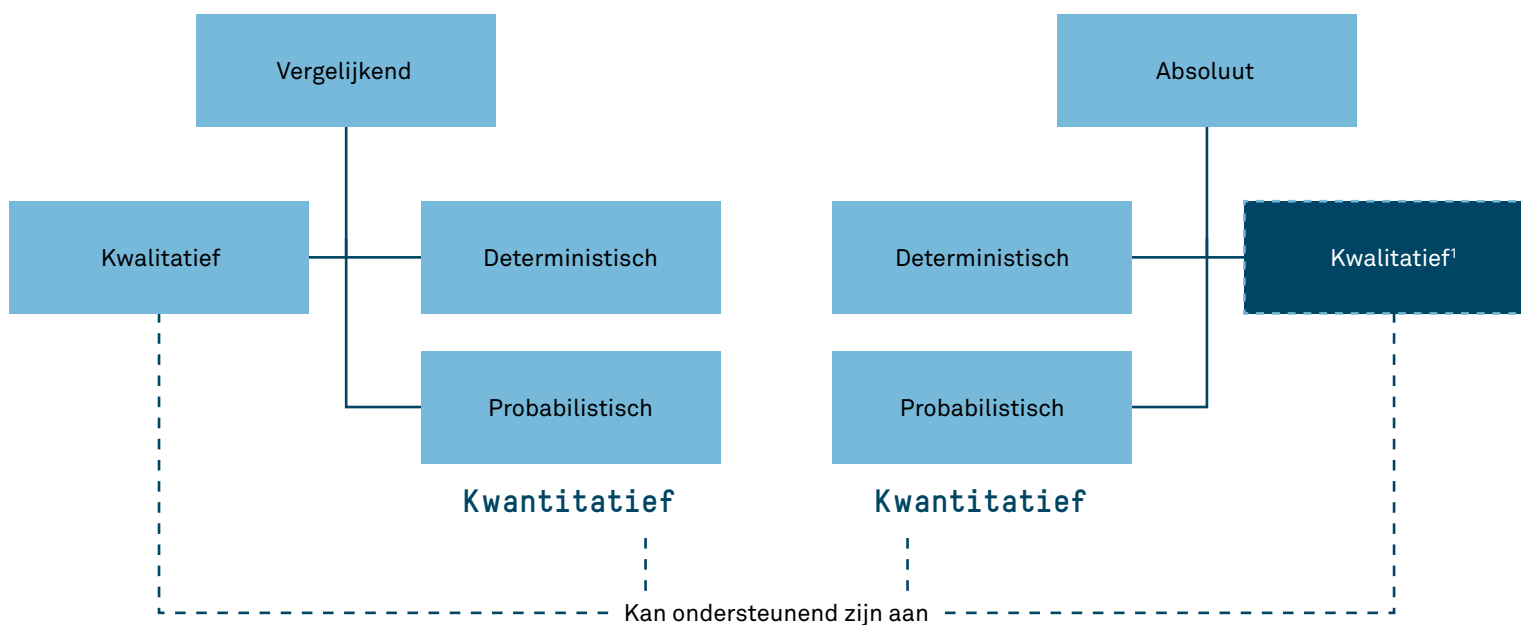
Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



Figuur 1.3 Vormen van risicoanalyses en hun onderlinge verhoudingen<sup>1</sup>

### Vergelijkende en absolute risicoanalyse

Risicoanalyses laten zich indelen in analyses met een vergelijkende of absolute aanpak:

- > *Vergelijkende analyses*: het brandveiligheidsrisico van het doelgerichte brandveiligheidsontwerp wordt vergeleken met het brandveiligheidsrisico van een referentiesituatie. De acceptatiecriteria worden dan bepaald op basis van het risico van de referentiesituatie (het risico mag niet hoger zijn dan de referentiesituatie).

- > *Absolute analyses*: bij een absolute risicoanalyse wordt een doelgericht brandveiligheidsontwerp getoetst aan met de belanghebbenden overeengekomen acceptatiecriteria. Een voorbeeld hiervan is een ASET-RSET-vergelijking (vergelijking van de beschikbare en benodigde veilige vluchtijd), waarbij de omstandigheden waarbij nog veilig kan worden gevluht (de acceptatiecriteria) worden overgenomen uit literatuur.

<sup>1</sup> Een absolute, kwalitatieve risicoanalyse uitvoeren is niet onmogelijk, maar is door het ontbreken van toetsbare acceptatiecriteria lastig. In figuur 1.3 is de kwalitatieve uitvoering van een absolute risicoanalyse daarom met een stippellijn weergegeven.

Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



### Voorbeelden van vergelijkende risicoanalyses

Voorbeelden van vergelijkende risicoanalyses zijn opgenomen in de onderzoeken *Rookverspreiding en persoonlijke veiligheid en Herijking enkele vluchtroutes uit woongebouwen* (van Liempd et al., 2022; van Rede et al., 2024). De risicoaanpak uit NEN 6079 is tevens een voorbeeld van een vergelijkende risicoanalyse waarbij de uitgangspunten uit de bouwregelgeving gebruikt zijn als referentie.

### Kwalitatieve risicoanalyses

Bij een kwalitatieve risicoanalyse wordt het brandveiligheidsrisico beschrijvend ingeschat. Bij die inschatting kan gebruik worden gemaakt van bijvoorbeeld casuïstiek of vergelijkbare situaties die eerder beoordeeld zijn. Een kwalitatieve risicoanalyse berust in belangrijke mate op een expertoordeel. Kansen en effecten worden daarbij vaak door logisch redeneren ingeschat.

### Voorbeeld van een kwalitatieve risicoanalyse

In het rapport *Herijking enkele vluchtroutes in woongebouwen* is een kwalitatieve risicoanalyse gebruikt om verschillende vormen van enkele vluchtroutes te vergelijken met een referentie (van Rede et al., 2024).

### Deterministische risicoanalyses

Bij een deterministische risicoanalyse worden de effecten van de geselecteerde ontwerpscenario's gekwantificeerd. De kans van de geselecteerde ontwerpscenario's wordt niet kwantitatief bepaald, maar wordt vaak wel gebruikt bij de selectie van de ontwerpscenario's. Bij het selecteren van de ontwerpscenario's wordt bij een deterministische risicoanalyse vaak de term 'credible worst-case' (Nederlands: reëel voorzienbare meest ongunstige) gebruikt.

### Credible worst-case

Bij 'credible worst-case' gaat het om de meest ongunstige scenario's: scenario's met een hoog effect of scenario's waarbij de effecten maatgevend kunnen zijn voor het functioneren van maatregelen. Hierbij worden de scenario's zo gekozen dat ze nog 'credible' oftewel reëel voorzienbaar zijn. Scenario's waarvan het niet reëel is dat ze zich voordoen (hele lage kans) worden niet meegenomen.

### Voorbeeld van een deterministische risicoanalyse

Een voorbeeld van een deterministische risicoanalyse is een rookverspreidingsberekening voor een grote hal, waarbij voor ontwerpscenario's wordt beoordeeld of wordt voldaan aan acceptatiecriteria. De ontwerpscenario's zijn 'credible worst-case' gekozen op basis van het verwachte gebruik van de hal.

### Probabilistische risicoanalyses

Bij een probabilistische risicoanalyse worden zowel de kansen als de effecten van de geselecteerde ontwerpscenario's meegenomen in de risicobeoordeling. Er ontstaat dan een gekwantificeerd brandveiligheidsrisico dat getoetst kan worden aan vastgestelde acceptatiecriteria. Afhankelijk van het gewenste detailniveau zijn er twee niveaus van probabilistische risicoanalyses mogelijk.

1. Volledig kwantitatief: hierbij worden zowel de kansen als de effecten volledig berekend voor alle voorzienbare scenario's.
2. Semi-kwantitatief: hierbij worden de kansen veelal volledig gekwantificeerd, maar wordt van slechts een deel van de voorzienbare scenario's het effect gekwantificeerd. Er kan ook voor gekozen worden om de volledige bandbreedte van scenario's mee te nemen in de risicobeoordeling, maar dit in de uitvoering te doen door verschillende scenario's die relatief gelijke kenmerken hebben als één scenario uit te werken.

Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

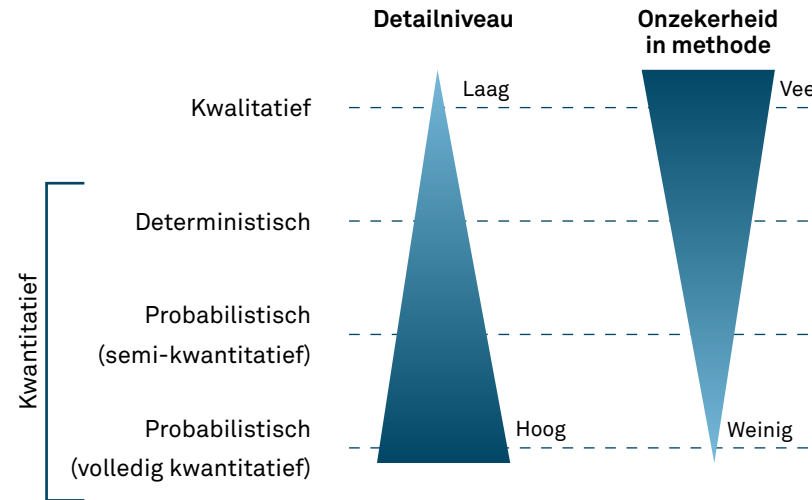
Voor het inschatten van de kans van een scenario zijn gegevens nodig over bijvoorbeeld de ontstaanskans van brand en de betrouwbaarheid van brandveiligheidsmaatregelen. Als de gevolgen van de spreiding van variabelen wordt meegenomen, zijn ook daarvan gegevens nodig.

**Voorbeelden van een probabilistische risicoanalyse**

Voorbeelden van een probabilistische risicoanalyse zijn opgenomen in de onderzoeken *Rookverspreiding en persoonlijke veiligheid en Herijking enkele vluchtroutes uit woongebouwen* (van Liempd et al., 2022; van Rede et al., 2024).

**1.4.4 Risicoanalyses en onzekerheid**

Brand en de gebeurtenissen die tijdens die brand gebeuren zijn altijd gevoelig voor onzekerheid. Met onzekerheid wordt bedoeld: de mate waarmee een berekende of gebruikte waarde afwijkt van de realiteit. Het kan dus best zo zijn dat de resultaten van een risicoanalyse in een bepaalde mate afwijken van de realiteit. Hoe daarmee wordt omgegaan, is een belangrijk aspect bij het uitvoeren van risicoanalyses. Over het algemeen kan worden gesteld dat een risicoanalyse met een hoger detailniveau meer rekening houdt met de mogelijke gevolgen van onzekerheid dan een risicoanalyse met een lager detailniveau. Dit is weergegeven in onderstaand figuur.



*Figuur 1.4 Detailniveau en onzekerheid bij verschillende soorten risicoanalysemethoden*

Hieronder is per soort risicoanalyse beschreven wat de oorsprong van onzekerheid kan zijn.

- > *Kwalitatieve risicoanalyses* zijn onderhevig aan subjectiviteit. Bovendien is de kwaliteit van de analyse ook gebaseerd op ervaring en expert judgement en niet alleen op de toepassing van technische principes. Zeker in het geval van complexere situaties resulteert dit in onzekerheid. Die onzekerheid kan alleen worden beperkt door het beoordelen van andere scenario's dan de ontwerpscenario's die primair zijn geselecteerd voor de risicoanalyse.

Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst





- › Bij een *deterministische risicoanalyse* worden de gevolgen van andere gebeurtenissen dan verondersteld in de gekozen ontwerpscenario's niet in beeld gebracht. Dit vraagt om een juiste selectie van de ontwerpscenario's. Bij het berekenen van het risico wordt de kans van optreden van bepaalde scenario's of gebeurtenissen niet meegenomen. Hierdoor kan de nadruk komen liggen op scenario's die wellicht een groot effect hebben, maar vanwege een lage kans van optreden een relatief laag risico ten opzichte van scenario's die een grotere kans van optreden hebben.
- › Bij een *probabilistische risicoanalyse* resulteert met name het ontbreken van betrouwbare data die noodzakelijk zijn voor de risicoanalyse in onzekerheid. Die onzekerheid kan worden beperkt door de gevolgen ervan in te schatten met bijvoorbeeld een gevoeligheidsanalyse (zie paragraaf 2.5 Conceptontwerp(en) beoordelen). Overigens is deze onzekerheid het gevolg van het ontbreken van voldoende betrouwbare data en niet het gevolg van de aard van de methode zelf. Dit in tegenstelling tot de onzekerheid bij kwalitatieve of deterministische risicoanalyses.

Onzekerheid kan overigens ook het gevolg zijn van andere aspecten, zoals imperfecties in de gereedschappen of het niveau van kennis van de uitvoerder van de analyse. Dit staat nader beschreven in paragraaf 2.5 Conceptontwerp(en) beoordelen. Daar zijn ook voorbeelden gegeven van mogelijke methoden om de gevolgen van onzekerheid te beperken.

### 1.4.5 Risicoanalysemethoden

Er bestaan verschillende methoden die helpen bij het uitvoeren van een risicoanalyse. De methoden zijn bedoeld om op een systematische wijze tot een beoordeling van het risico te komen. De risicoanalysemethode moet passen bij het karakter van het doelgericht brandveiligheidsproces waarvoor ze wordt gebruikt. Ook moet de methode voldoende informatie genereren om het risico voldoende betrouwbaar inzichtelijk te maken.

### 1.4.6 Aandachtspunten bij uitvoering processtap

Welke soort risicoanalyse wordt gebruikt, bepaalt sterk de hoeveelheid informatie die wordt verkregen. Het is van belang een methode te kiezen die voldoende informatie geeft om het brandveiligheidsrisico met genoeg nauwkeurigheid en betrouwbaarheid in te kunnen schatten. Ook de omvang en het verloop van het ontwerpproces hangen af van de methode. Complexere methodes leiden meestal tot een hoger detailniveau. Maar als de complexiteit toeneemt, neemt ook de benodigde tijdsbesteding toe. Het is dus belangrijk om een methode te kiezen die past bij de complexiteit van het project. In de volgende alinea's wordt daartoe per soort risicoanalyse een aantal aandachtspunten gegeven.

#### Kwalitatieve risicoanalyse

Het voordeel van een kwalitatieve risicoanalyse is dat vaak snel een beeld wordt verkregen van het brandveiligheidsrisico van een ontwerp, zonder dat daar berekeningen of andere analyses noodzakelijk voor zijn. Ook is de methode vanwege de eenvoud overzichtelijk, waardoor de gevolgen van specifieke keuzes in het ontwerp goed te overzien zijn en er goed naar het gehele risico van het totale object kan worden gekeken. Een nadeel van de kwalitatieve risicoanalyse is, dat deze door de wijze waarop ze wordt uitgevoerd gevoelig is voor subjectiviteit. Daarnaast ontbreekt het in een kwalitatieve analyse aan detail, waardoor nuances over het hoofd kunnen worden gezien. Ten slotte is het bij een kwalitatieve risicoanalyse lastig om te bepalen wanneer het brandveiligheidsrisico 'laag genoeg' is. Er worden immers geen (kwantitatieve) acceptatiecriteria gebruikt.

Een kwalitatieve aanpak leent zich zodoende het beste voor overzichtelijke situaties waarin weinig variabelen relevant zijn voor de uitkomst en waarin maar beperkt sprake is van onzekerheid. Ook wanneer op voorhand verwacht wordt dat het brandveiligheidsrisico laag is, is een kwalitatieve aanpak zinvol. Een kwalitatieve risicoanalyse kan het beste toegepast worden wanneer een ontwerp met grote zekerheid voldoet (grote veiligheidsmarge).

Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

Daarnaast kan het zinvol zijn om ook een kwalitatieve analyse uit te voeren bij wijze van controle-instrument wanneer een kwantitatieve analyse wordt uitgevoerd. De correctheid van de kwantitatieve risicoanalyse wordt dan gecontroleerd met behulp van de uitkomsten van de kwalitatieve risicoanalyse.

### Deterministische risicoanalyse

Een deterministische analyse is goed bruikbaar wanneer duidelijk is welke scenario's maatgevend zijn voor de effecten of maatregelen en de scenario's goed te kwantificeren zijn. Om de gekozen maatregelen in het ontwerp goed te kunnen beoordelen, moeten voldoende ontwerpscenario's opgesteld worden. Wanneer enkel wordt gefocust op een scenario met het grootste effect, kan het zijn dat maatregelen niet passend zijn voor een scenario met een kleiner effect dat zich ook voor kan doen (een smeulbrand vraagt bijvoorbeeld om heel andere maatregelen dan een snelle felle brand).

Een nadeel van een deterministische analyse is dat de kans dat scenario's optreden niet kwantitatief wordt meegenomen in de risicobeoordeling. Hierdoor kan het zijn dat er sterk wordt gefocust op de scenario's met de grootste effecten, maar dat scenario's die een hoge kans van optreden hebben niet beoordeeld worden. De kwaliteit van een deterministische risicoanalyse kan sterk worden verbeterd door de gevolgen van onzekerheid te beoordelen. Zie paragrafen 1.4.4 en 2.5 voor een uitleg van onzekerheid en hoe hiermee rekening kan worden gehouden.

### Probabilistische risicoanalyse

Van de beschreven soorten risicoanalyses brengt een probabilistische het risico het meest gedetailleerd in beeld. Deze risicoanalyse is daarmee geschikt voor situaties waarin zowel de kans als het effectdeel van het totale risico op een kwalitatieve wijze lastig in te schatten zijn. Het betreft vaak complexe situaties waarin de kans en het effect worden gevormd

door een aantal opeenvolgende gebeurtenissen. Voor de kwantitatieve risicobeoordeling zijn veel data nodig. Die data zijn vaak niet beschikbaar en bovendien niet altijd goed te vertalen naar de specifieke situatie waarvoor de risicoanalyse wordt uitgevoerd. Daardoor kan het uitvoeren van een betrouwbare probabilistische risicoanalyse lastig zijn. Het is dan in ieder geval noodzakelijk de gevoeligheid in te schatten van de resultaten voor de onzekerheid van de data die worden gebruikt.

Een probabilistische aanpak vergt ten opzichte van een kwalitatieve en deterministische de meeste kennis en kunde van de uitvoerders. Bovendien neemt de tijd die nodig is voor de analyse snel toe als het gaat om complexere situaties.

### 1.4.7 Meer informatie

- > ISO 16732-1: fire safety engineering – fire risk assessment (ISO, 2012).
- > SFPE Guide to Risk assessment (SFPE, 2023)
- > The Need for Hierarchies of Acceptance Criteria for Probabilistic Risk Assessments in Fire Engineering (Van Coile et al., 2019).
- > Risk Tolerability Limits for Fire Engineering Design: Methodology and Reference Case Study (Mohan et al., 2021).
- > Risico en risicoanalyse (van het Veld et al., 2005).
- > Zicht op risico's. Handboek Risicoanalysemethodieken (van Mil et al., 2006).
- > Handreiking Generieke Risicobenadering (PGS-programmaraad, 2017).



Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

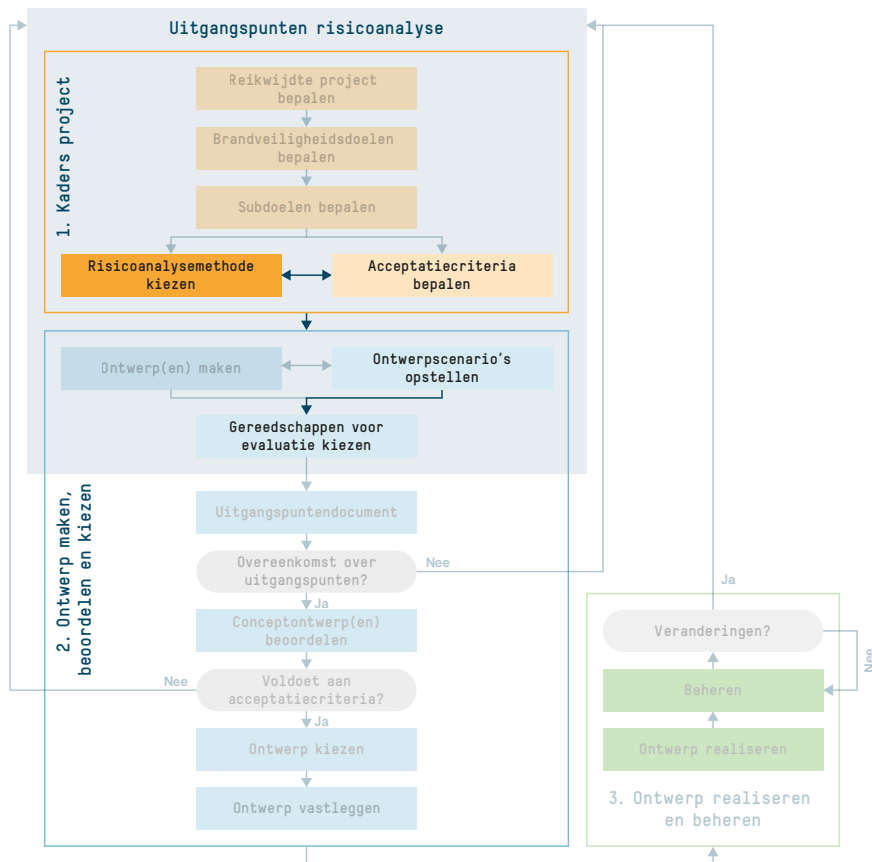
Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

### 1.4.8 Relatie met latere processtappen

De risicoanalyse is een belangrijk onderdeel van elk project waar doelgerichte brandveiligheid wordt gebruikt en staat daarom centraal in het processchema. In deze paragraaf worden op hoofdlijnen de relaties met latere processtappen beschreven.



#### Acceptatiecriteria bepalen

De soort risicoanalyse die wordt gekozen, beïnvloedt welk type acceptatiecriteria moeten worden gebruikt. Dit wordt nader beschreven in paragraaf 1.5.1 Risicoanalyses en acceptatiecriteria.

#### Selectie van de ontwerpscenario's

In paragraaf 2.2 wordt stilgestaan bij het selecteren van de ontwerpscenario's. Hoe die ontwerpscenario's worden geselecteerd en verder worden uitgewerkt, is afhankelijk van de soort risicoanalyse die wordt gebruikt. Bij een kwalitatieve of deterministische risicoanalyse worden de ontwerpscenario's gekozen op basis van een kwalitatieve inschatting. Bij een probabilistische risicoanalyse is informatie aanwezig over de kans van alle scenario's in de situatie die wordt geanalyseerd. Die informatie kan worden gebruikt bij de selectie van de ontwerpscenario's.

#### Selectie van gereedschappen en beoordeling van het ontwerp

Paragraaf 2.3 gaat over de selectie van gereedschappen die bij de beoordeling van het ontwerp worden gebruikt. De soort risicoanalyse kan van invloed zijn op de keuze voor het type gereedschap dat wordt gebruikt. Vooral bij probabilistische risicoanalyses of bij analyses waarin veel aandacht wordt besteed aan het verkleinen van onzekerheid kan het voorkomen dat de effecten van veel scenario's moeten worden beoordeeld. In die gevallen is het denkbaar dat een gereedschap wordt gekozen dat rekenkundig minder zwaar is. Bij die keuze moet overigens niet voorbij worden gegaan aan de beperkingen van de verschillende gereedschappen.

Inleiding

Processchema

Risicoanalyse-  
methode kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 1.5 Acceptatiecriteria bepalen

Brandveiligheidsdoelen en subdoelen zijn in veel gevallen zo concreet dat bepaald kan worden of er invulling aan wordt gegeven. Daarom worden acceptatiecriteria vastgesteld. Acceptatiecriteria zijn een technische concretisering van de subdoelen. Ze hebben een maatgevend karakter. De relatie tussen brandveiligheidsdoelen, subdoelen en acceptatiecriteria is weergegeven in figuur 1.1.

Acceptatiecriteria zijn een technische beschrijving van effecten of brandveiligheidsrisico's die nog net acceptabel zijn. Als zij worden overschreden, geeft het brandveiligheidsontwerp geen invulling aan de gestelde brandveiligheidsdoelen en subdoelen. Andersom geldt dat wanneer aan alle acceptatiecriteria wordt voldaan, er ook voldaan wordt aan de subdoelen en brandveiligheidsdoelen.

In deze paragraaf wordt eerst ingegaan op de relatie tussen de soort risicoanalyse die is gekozen en de acceptatiecriteria die nodig zijn voor de risicoanalyse. Daarna wordt aandacht besteed aan acceptatiecriteria voor optredende effecten en vervolgens aan acceptabele risico's. Afsluitend komen aandachtspunten bij het bepalen van passende acceptatiecriteria en relaties met latere processtappen aan bod.

### 1.5.1 Risicoanalyses en acceptatiecriteria

Welke soort risicoanalyse wordt gekozen bepaalt welke acceptatiecriteria nodig zijn om de risicoanalyse uit te kunnen voeren. Vanwege de samenhang met deze processtap is hieronder beschreven hoe de soorten risicoanalyses zich verhouden tot de te gebruiken acceptatiecriteria. Het maakt daarbij uit of gebruik wordt gemaakt van een vergelijkende of absolute risicoanalyse.

- > In het geval van een *vergelijkende risicoanalyse* worden acceptatiecriteria bepaald aan de hand van een of meerdere referenties waarmee het brandveiligheidsontwerp wordt vergeleken. Een voorbeeld daarvan is een gelijkwaardigheidsstudie waarbij de referentie gevormd wordt door een ontwerp dat past binnen de eisen uit de bouwregelgeving.
- > In het geval van een *absolute risicoanalyse* worden acceptatiecriteria afgeleid uit literatuur of op een andere manier verkregen, bijvoorbeeld door onderling overleg met de belanghebbenden. De effecten en/of het brandveiligheidsrisico worden dan getoetst aan die acceptatiecriteria.

Daarnaast is het voor de acceptatiecriteria ook relevant of gebruik wordt gemaakt van een kwalitatieve, deterministische of probabilistische risicoanalyse.

- > Bij een *kwalitatieve* risicoanalyse worden geen acceptatiecriteria gekwantificeerd. Een acceptatiecriterium is dan een beschrijving van een acceptabele uitkomst van een brand. Het acceptatiecriterium is vaak een iets nadere concretisering van het subdoel. Omdat acceptatiecriteria geen meetbaar karakter hebben, kan het lastig zijn om te onderbouwen waarom er wel of niet aan wordt voldaan.
- > Bij een *deterministische* risicoanalyse worden alleen acceptatiecriteria gekozen waarmee de effecten van een brand kunnen worden beoordeeld.
- > Bij een *probabilistische* risicoanalyse worden naast acceptatiecriteria voor de effecten (zie deterministisch) ook criteria gebruikt die aangeven wanneer een brandveiligheidsrisico acceptabel is.

Inleiding

Processchema

Acceptatiecriteria bepalen

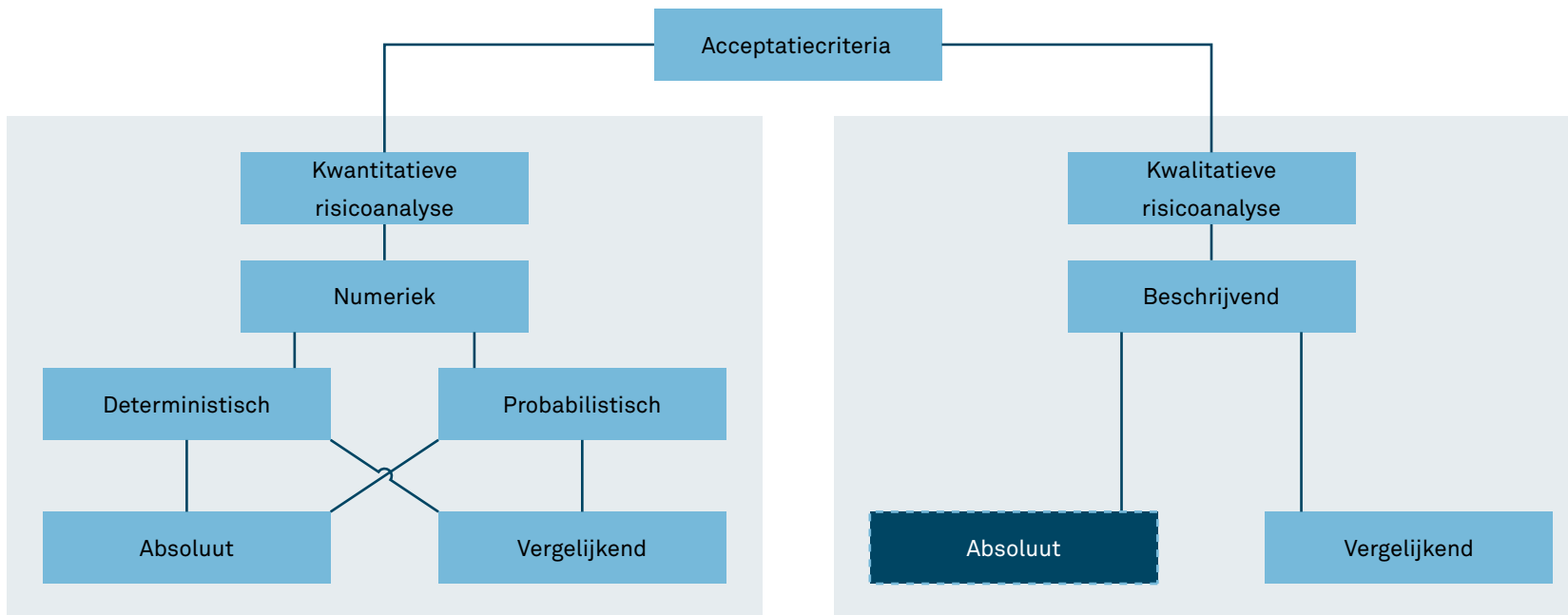
Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



Figuur 1.5 Samenhang risicoanalysemethoden en acceptatiecriteria (afgeleid en vrij vertaald uit BS 7974 (British Standards Institution, 2019a, p. 30))

### 1.5.2 Acceptatiecriteria voor het bepalen van effecten

In het geval van een deterministische of probabilistische risicoanalyse worden de effecten van ontwerpscenario's modelmatig berekend met fysische of andersoortige modellen (zie paragraaf 2.3 Gereedschappen voor beoordeling kiezen). Daarbij kunnen acceptatiecriteria gekozen worden die te maken hebben met bijvoorbeeld:

- > de gevolgen van rook en brand voor vluchtende personen of hulpverleners
- > de gevolgen van de brand op bouwconstructies (het bezwijken daarvan)
- > de gevolgen van de brand op kritische processen
- > de gevolgen van de brand op het milieu.

In tabel 1.2 is een aantal voorbeelden gegeven van aan brandveiligheidsdoelen en subdoelen gekoppelde acceptatiecriteria. Hierbij wordt nadrukkelijk vermeld dat het gaat om voorbeelden. Om een bepaald doel mogelijk te maken, zijn vaak meerdere subdoelen nodig. Deze zijn in de tabel niet allemaal vermeld. Het bepalen van acceptatiecriteria in een doelgericht brandveiligheidsproces moet verder weloverwogen en situatie-specifiek gebeuren. Hierbij moet ook meegenomen worden op welke wijze een veiligheidsmarge wordt ingebouwd. Wanneer de veiligheidsmarge op een impliciete manier wordt toegepast (veiligheidsmarge opnemen in bijvoorbeeld de input van een risicoanalyse of de acceptatiecriteria), kan dit van invloed zijn op de bepaling van de acceptatiecriteria.

Inleiding

Processchema

Acceptatiecriteria bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

Tabel 1.2 Voorbeelden van acceptatiecriteria bij brandveiligheidsdoelen en subdoelen

Doel	Subdoel	Acceptatiecriteria
Voorkomen van slachtoffers en gewonden	Veilig vluchten mogelijk maken door beschikbaar houden vluchtroutes	Conditie in de vluchtroutes gedurende de benodigde vluchttijd <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; zichtlengte voor reflecterende objecten minimaal 10 meter, en</li> <li>&gt; temperatuur maximaal 80°C, en</li> <li>&gt; CO-concentratie maximaal 2.000 PPM</li> </ul>
Voorkomen vanslachtoffers en gewonden	Veilig verblijf in woning mogelijk maken	Conditie in de woning gedurende de benodigde verblijftijd: Fractional Effective Dose (FED) voor warmte, verstikkende gassen en irriterende gassen mag niet hoger worden dan 0,3 [-].
Voorkomen slachtoffers en gewonden onder hulpverleners	Veilige binnenaanval brandweer mogelijk maken door in stand houden bouwconstructie	Staaltemperatuur wordt niet hoger dan kritieke staaltemperatuur

### 1.5.3 Acceptatiecriteria voor een acceptabel brandveiligheidsrisico

Bij een probabilistische aanpak moet er een acceptabel brandveiligheidsrisico worden bepaald dat in de risicoanalyse dienst doet als acceptatiecriterium. Wat 'acceptabel' is, is onder andere afhankelijk van de gekozen brandveiligheidsdoelen, relevante regelgeving, wensen van de betrokken partijen en maatschappelijke duiding omtrent risicoacceptatie. Zodoende bestaat er geen universeel 'acceptabel risico' (SFPE, 2016).

Hoe het acceptabel brandveiligheidsrisico wordt gekozen, is afhankelijk van het type risicoanalyse dat wordt gebruikt (vergelijkend of absoluut):

- > Bij *vergelijkende risicoanalyses* wordt het brandveiligheidsrisico van een ontwerp vergeleken met een referentie. Dat betekent dat de brandveiligheidsrisico's van zowel de referentie als het ontwerp moeten worden beoordeeld en onderling vergeleken. Als het brandveiligheidsrisico van het ontwerp lager is dan dat van de referentie, is het ontwerp veilig genoeg.
- > Bij *absolute risicoanalyses* wordt het acceptabele brandveiligheidsrisico bepaald door de betrokken partijen.<sup>2</sup> Die risico's worden vaak gebaseerd op (brand)statistiek, beleid en/of de wensen van betrokkenen.

#### Voorbeeld bij een vergelijkende probabilistische risicoanalyse

Uit een analyse blijkt dat de loopafstand in een bedrijfshal groter is dan maximaal toegestaan volgens de prestatie-eisen uit de bouwregelgeving. Uit een analyse van een indeling conform de prestatie-eisen blijkt dat in 90 % van de gevallen voldoende veilig kan worden gevluht (de ASET is in 90 % van de gevallen groter dan de RSET). Binnen de kaders van het gelijkwaardigheidsbeginsel moet een alternatieve invulling eenzelfde mate van brandveiligheid bieden. Ook bij die alternatieve invulling moet er dus in 90 % van de gevallen voldoende veilig kunnen worden gevluht.

<sup>2</sup> In specifieke regelgeving zijn er acceptabele risico's geformuleerd die als acceptatiecriterium dienstdoen bij absolute risicoanalyses. Een voorbeeld hiervan is opgenomen in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi).

Inleiding

Processchema

Acceptatiecriteria bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



### Voorbeeld bij een absolute probabilistische risicoanalyse

Voor een bedrijfshal wordt een brandveiligheidsontwerp gemaakt. Vanwege de kritische aard van een van de bedrijfsprocessen wordt er extra aandacht besteed aan de bedrijfscontinuïteit. Daarbij wordt naast acceptatiecriteria voor de effecten ook een acceptabel brandveiligheidsrisico gekwantificeerd. De kans dat het kritische bedrijfsproces wordt onderbroken door brand, wordt door de betrokken partijen op maximaal 10-3 per jaar gesteld.

### 1.5.4 Aandachtspunten bij uitvoering processtap

Het bepalen van acceptatiecriteria moet zorgvuldig gebeuren. In de volgende alinea's wordt daarom een aantal aandachtspunten gegeven.

#### Ontbreken van acceptatiecriteria in de bouwregelgeving

In de Nederlandse bouwregelgeving zijn geen acceptatiecriteria voor effecten of brandveiligheidsrisico's opgenomen.<sup>3</sup> Daarom moeten de acceptatiecriteria worden gekozen in overeenstemming met de betrokken partijen. Mogelijk kan worden teruggevallen op vakliteratuur, buitenlandse wetgeving, kennis en kunde uit andere specialismen (zoals externe veiligheid of de industriesector) of beleid van een van de betrokken partijen.

#### Acceptatiecriteria binnen de context van een project

Het is aan te raden acceptatiecriteria te kiezen die passen bij de kenmerken van een doelgericht brandveiligheidsontwerp. Generieke acceptatiecriteria zijn vaak alleen geschikt voor generieke situaties, zoals een gezonde gebouwpopulatie. Als er echter sprake is van een populatie met overwegend kwetsbare personen, zijn generieke acceptatiecriteria mogelijk minder geschikt. Daartegenover staat wel dat specifiek gekozen

acceptatiecriteria een flexibel gebruik van het ontwerp in de weg kunnen staan. Een voorbeeld daarvan is een gebouw dat ontworpen wordt voor het huisvesten van een gezonde populatie, terwijl het mogelijk in de toekomst gebruikt gaat worden door personen die niet-zelfredzaam zijn.

#### Toepassingsbereik van een acceptatiecriterium

Het is aan te raden stil te staan bij het toepassingsgebied van een specifiek acceptatiecriterium in relatie tot de situatie die wordt beoordeeld. Het hanteren van een zichtlengte als enkel acceptatiecriterium is bijvoorbeeld acceptabel in situaties waar de blootstellingsduur relatief beperkt is. Als een langere blootstellingsduur aan rook wordt verwacht, doordat er bijvoorbeeld sprake is van een 'stay-in-place-concept', is het toepassen van een zichtlengte als acceptatiecriteria minder geschikt. In dat geval kan een methode waarin de blootstellingsduur wordt meegewogen beter passen.

#### Zichtlengte als acceptatiecriterium en benadering voor giftigheid en temperatuur

Bij een zichtlengte van 5-10 meter (voor reflecterende objecten) kan vaak gedurende een bepaalde tijd veilig worden gevlucht, zonder dat er toxicologische of thermische nadelige gevolgen optreden. Als voldaan wordt aan het acceptatiecriterium voor zicht, is het beoordelen van toxicologische en thermische gevolgen vaak niet noodzakelijk (Klote & Milke, 2002, p. 47; SFPE, 2019a, p. 62). Bij langere blootstelduren is deze aanpak mogelijk niet meer passend en zal grondiger gekeken moeten worden.

Inleiding

Processchema

Acceptatiecriteria bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

<sup>3</sup> Er worden wel handvatten geboden in relatie tot vluchtveiligheid en de kenmerken van een 'niet-besloten ruimte'.

### 1.5.5 Meer informatie

#### Algemeen:

- > ISO/TR 16576: Fire safety engineering — Examples of fire safety objectives, functional requirements and safety criteria (ISO, 2017).
- > SFPE Guide to performance based design (SFPE, 2015).
- > PD 7974-1 Application of Fire Safety Engineering Principles to the Design of Buildings - Code of Practice (British Standards Institution, 2019a).
- > International Fire Engineering Guidelines (NRC CNRC, 2005).
- > Guideline Fire Protection Engineering (Hosser, 2013).
- > prINSTA TS Fire Safety Engineering - Verification of fire safety design in buildings (Standard Norge, 2013).

#### Persoonlijke veiligheid:

- > SFPE Guide to Human Behavior in Fire (SFPE, 2019b).
- > PD 7974-6 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6, Human factors: life safety strategies: occupant evacuation behaviour and condition (British Standards Institution, 2004).

#### Constructieve veiligheid:

- > SFPE International Handbook of Structural Fire Engineering (SFPE, 2021).
- > PD 7974-3: The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 3, structural response (British Standards Institution, 2003).
- > ISO 24679-1: Fire safety engineering — Performance of structures in fire - Part 1: General (ISO, 2019).
- > Eurocodes 1-5.

#### Acceptabel brandveiligheidsniveau:

- > Risk Tolerability Limits for Fire Engineering Design: Methodology and Reference Case Study (Mohan et al., 2021).
- > SFPE Guide to Risk Assessment (SFPE, 2023).
- > PD 7974-7: The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 7: probabilistic risk assessment (British Standards Institution, 2019c)



Inleiding

Processchema

Acceptatiecriteria  
bepalen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere  
processtappen

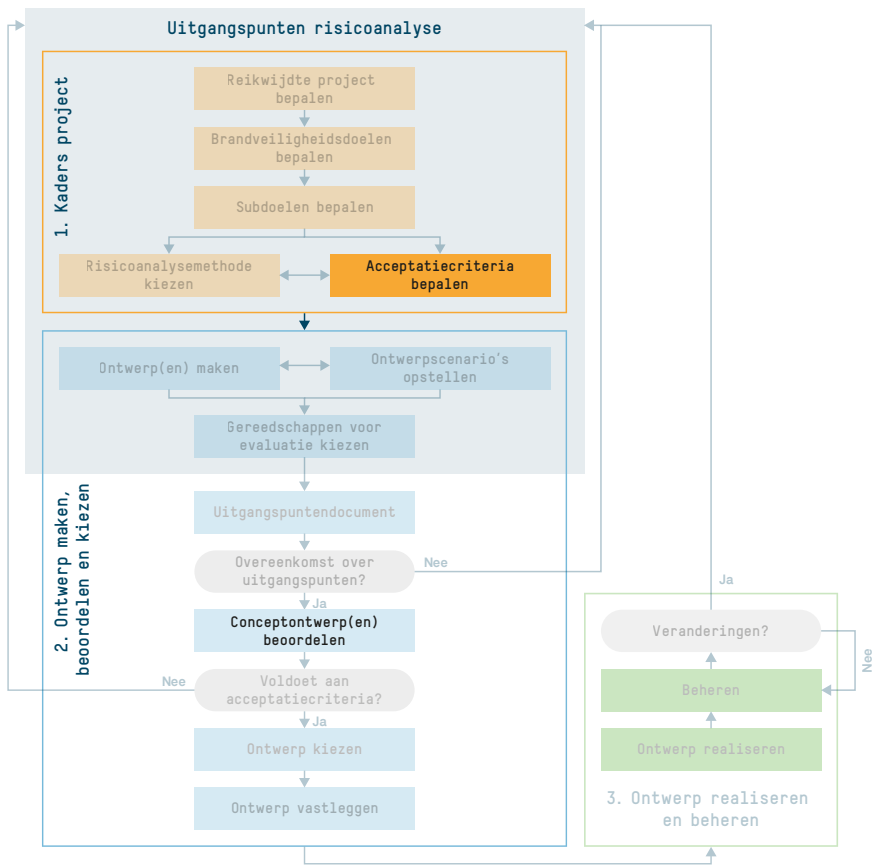
Literatuurlijst

Begrippenlijst



### 1.5.6 Relatie met latere processtappen

De acceptatiecriteria worden in de processtap 'conceptontwerpen beoordelen' gebruikt om te beoordelen of een ontwerp invulling geeft aan de subdoelen en brandveiligheidsdoelen die voor het doelgerichte ontwerpproces gekozen zijn.



Inleiding

Processchema

Acceptatiecriteria bepalen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

# 2. Ontwerp maken, beoordelen en kiezen

Nadat in de vorige processtappen de kaders van het doelgerichte brandveiligheidsproject zijn vastgesteld, wordt in de volgende processtap aandacht besteed aan het maken van concept-brandveiligheidsontwerp(en). Daarna worden ontwerpscenario's gekozen en nader uitgewerkt, zodat ze bruikbaar zijn bij de beoordeling van de conceptontwerpen. Vervolgens worden gereedschappen gekozen die bij de beoordeling van de effecten worden gebruikt. Ten slotte wordt de beoordeling zelf uitgevoerd en wordt een conceptontwerp gekozen.

## 2.1 Concept brandveiligheidsontwerp(en) maken

In de voorgaande processtappen zijn de kaders en uitgangspunten die bij het doelgerichte brandveiligheidsontwerp worden gebruikt, vastgesteld in samenspraak met de betrokken partijen. Die kaders en uitgangspunten worden in deze processtap gebruikt bij het maken van een of meerdere conceptontwerpen.

### 2.1.1 Inhoud van een brandveiligheidsontwerp

Een conceptontwerp omvat alle onderdelen die de brandveiligheid van het pand bepalen. Daarbij wordt gebruikgemaakt van het kenmerkenschema dat beschreven en weergegeven is in paragraaf i.3.

- > De *gebouwkenmerken* zijn kenmerken die de brand- en rookverspreiding beperken of detecteren. De gebouwkenmerken bepalen ook mede het gedrag van het gebouw bij brand. De kenmerken kunnen zowel bouwkundig als installatietechnisch zijn.
- > De *brandkenmerken* zijn kenmerken die bepalen hoe een brand zich kan gedragen in een pand.
- > De *menskenmerken* zijn kenmerken die bepalen hoe mensen zich zullen gedragen tijdens een brand.
- > De *omgevingskenmerken* zijn kenmerken die bepalen op welke manier het ontwerp bereikbaar is tijdens een brand en welke voorzieningen in de omgeving aanwezig zijn.
- > De *interventiekenmerken* zijn kenmerken die bepalen of en hoe de brandweer een eventuele brandweerinzet kan doen in het ontwerp. De interventiekenmerken gaan ook over een interne interventie (door de BHV).

Het brandveiligheidsontwerp omvat naast technische aspecten dus ook aspecten die te maken hebben met menselijk gedrag, ruimtelijke ordening en de inzetactie van de brandweer. Een aantal voorbeelden van mogelijke maatregelen is gegeven in het volgende blauwe kader.

Inleiding

Processchema

Concept brandveiligheidsontwerp(en)

Aandachtspunten bij deze processtap

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

### Voorbeelden van brandveiligheidsmaatregelen

- › De aanwezigheid en locatie van *brand- en rookscheidingen* in het gebouw zorgen voor een beperking in de uitbreiding van brand en rook. Dit kan bijdragen aan onder andere een veilige ontvluchting en het beperken van brand- en rookschade.
- › De aanwezigheid van installaties zoals een *brandmeld- en ontruimingsinstallatie* zorgt voor een snelle detectie van de brand en een snelle alarmering, waardoor aanwezigen vroeg in het brandverloop gealarmeerd worden en kunnen starten met vluchten. Tevens kan de brandweer snel gealarmeerd worden.
- › *Sprinkler- en watermistinstallaties* beheersen een groeiende brand. Zo wordt het brandvermogen beperkt en worden er minder warmte en rook geproduceerd.
- › Een *ontruimingsorganisatie* kan een ontruiming in goede banen leiden en kan hulpbehoevenden ondersteunen bij het verlaten van het bedreigde gebied.
- › Een *bluswatervoorziening* nabij een gebouw kan het repressief optreden van de brandweer efficiënter maken, waardoor de brand sneller bestreden kan worden.
- › Het *beperken van de aanwezigheid en brandbaarheid van de inventaris* van een ruimte heeft invloed op het brandgedrag en -verloop.

### 2.1.2 Maken van een conceptontwerp

De vertaling van de kaders en uitgangspunten bij het doelgerichte ontwerpproces naar een conceptontwerp gebeurt op basis van ervaring van en beoordeling door de ontwerper(s). Ook andere overwegingen die niet van technische aard zijn kunnen de conceptontwerpen beïnvloeden of vormen. Zo kan een van de betrokken partijen een voorkeur voor of afkeur hebben van een mogelijke brandveiligheidsmaatregel, of kan een maatregel het gebruik van een gebouw zodanig in de weg zitten, dat deze niet de voorkeur geniet.

Het conceptontwerp wordt gebaseerd op de verschillende kenmerken van een gebouw: de brand-, mens- en gebouwkenmerken. Omgevings- en interventiekenmerken kunnen daarnaast ook een rol spelen. Alle kenmerken beïnvloeden elkaar en resulteren samen in de mate van brandveiligheid van het ontwerp. Dit is grafisch weergegeven in het kenmerkenschema in figuur i.2. De maatregelen die worden geïmplementeerd, beïnvloeden elk een of meerdere kenmerken uit het kenmerkenschema en hebben tot doel het brandveiligheidsrisico van een gebouwontwerp te verlagen tot onder het met de acceptatiecriteria bepaalde maximale risico.

### 2.1.3 Aandachtspunten bij uitvoering processtap

In de volgende alinea's wordt een aantal aandachtspunten gegeven bij het maken van conceptontwerpen.

#### Rekening houden met menselijk gedrag

Brandveiligheidsmaatregelen kunnen de gebruiksvriendelijkheid van een gebouw negatief beïnvloeden. Met name wanneer een maatregel het reguliere gebruik van een gebouw in de weg zit, kan dit leiden tot irritatie bij de gebouwgebruikers, met mogelijk onklaar maken van de maatregel tot gevolg. Een voorbeeld hiervan is een mechanische deurdranger, die op een veelgebruikte deur is geïnstalleerd. De kans dat de dranger buiten gebruik wordt gesteld, is in dit geval groot, waardoor de brand- of rookwerende scheiding waarin de deur is geïnstalleerd niet meer optimaal functioneert. Het heeft daarom de voorkeur om maatregelen te kiezen die zo min mogelijk afhankelijk zijn van de gebruikers van het ontwerp.

Daarnaast moeten aanwezigen weten hoe ze om moeten gaan of gebruik kunnen maken van brandveiligheidsmaatregelen wanneer er een brand is. Opleiding en training hierin zijn mogelijk, maar omdat brand niet vaak voorkomt, is het lastig om de benodigde kennis goed op orde te houden. Maatregelen die intuïtief te gebruiken zijn door aanwezigen hebben daarom de voorkeur.

Inleiding

Processchema

Concept brandveiligheidsontwerp(en)

Aandachtspunten bij deze processtap

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



Het is belangrijk dat maatregelen gebruiksklaar blijven tijdens de gehele levensduur van een pand. Wanneer onderhoud nodig is aan brandveiligheidsmaatregelen, moet gezorgd worden dat ook dit zo goed mogelijk aansluit bij het menselijk gedrag. Wanneer een maatregel in het dagdagelijks gebruik geen rol speelt, zal niet snel opgemerkt worden dat deze niet functioneert, en zal noodzakelijk onderhoud achterwege blijven. Ook bij een maatregel waarvan mensen het belang niet inzien, is het aannemelijk dat het benodigde onderhoud niet zal plaatsvinden. Bij de keuze van de maatregelen moet daarom rekening gehouden worden met een gebruiksklaarheid gedurende de gehele levensduur van het pand.

### **Kosteneffectiviteit van maatregelen**

Het is belangrijk ervan doordrongen te zijn dat elke maatregel naast gevolgen voor het brandveiligheidsniveau van een conceptontwerp ook financiële gevolgen heeft. Om overinvestering te voorkomen, is het van belang dat de kosten en de baten van een ontwerp in evenwicht zijn.

### **Nevengevolgen van een maatregel**

Het effect van een maatregel hoeft niet alleen positief te zijn. Het kan voorkomen dat een maatregel die gekozen wordt met een specifieke reden, een negatief effect heeft elders in het doelgerichte brandveiligheidsproces. Een kritische beoordeling van de maatregelen is daarom op zijn plaats.

### **2.1.4 Relatie met latere processtappen**

In deze paragraaf worden op hoofdlijnen de relaties met latere processtappen beschreven.

#### **Ontwerpscenario's**

Het brandveiligheidsontwerp beïnvloedt de mogelijke brandscenario's. Zo kan de aanwezigheid van een automatische brandbeheersingsinstallatie gevolgen hebben voor de het brandgedrag en -verloop, en kan een brandmeld- en ontruimingsalarminstallatie het vluchtscenario beïnvloeden wanneer een brand wordt opgemerkt en mensen worden gewaarschuwd. Tegelijkertijd kan er tijdens het opstellen van de ontwerpscenario's of de beoordeling daarvan in de volgende processtappen worden geconcludeerd dat een aanpassing van de conceptontwerpen noodzakelijk is, omdat de maatregelen bepaalde scenario's onvoldoende afdekken.

#### **Beoordeling van het conceptontwerp**

Tijdens de beoordeling van het conceptontwerp wordt met de gekozen gereedschappen geanalyseerd of invulling wordt gegeven aan de acceptatiecriteria.

#### **De realisatie en beheerfase van een gebouw**

De maatregelen die worden gekozen in deze processtap, worden tijdens de realisatie- en beheerfase in gebruik genomen door de gebruikers van het pand. De effectiviteit van de gekozen maatregelen is niet alleen afhankelijk van de kwaliteit van het doelgerichte ontwerp, maar ook van de kwaliteit van het (technische) ontwerp en het beheer en onderhoud van de maatregel na oplevering. Tijdens het doelgerichte ontwerp kan hier rekening mee worden gehouden door maatregelen te kiezen die bijvoorbeeld onderhoudsvriendelijk zijn of waarvan het ontwerp, beheer en onderhoud goed aansluiten bij het menselijk gedrag zijn.

Inleiding

Processchema

Concept brandveiligheidsontwerp(en)

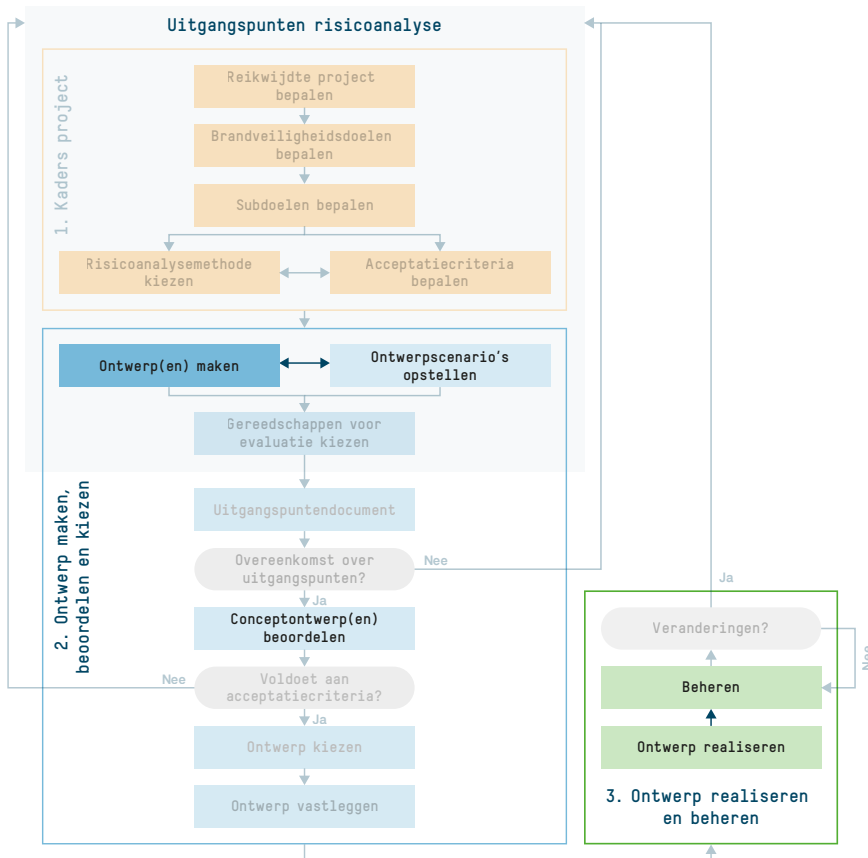
Aandachtspunten bij deze processtap

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 2. Ontwerp maken, beoordelen en kiezen



Inleiding

Processchema

Concept brandveiligheidsontwerp(en)

Aandachtspunten bij deze processtap

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 2.2 Ontwerpscenario's opstellen

Een onderdeel van een risicoanalyse is het bepalen van de mogelijke risico's van de brand. Het is vaak niet mogelijk om dat voor alle scenario's te doen. Daarom is het noodzakelijk om een selectie te maken op basis van de kans en/of het effect; de scenario's zijn maatgevend voor het brandveiligheidsrisico. De geselecteerde scenario's worden in deze handreiking ontwerpscenario's genoemd.

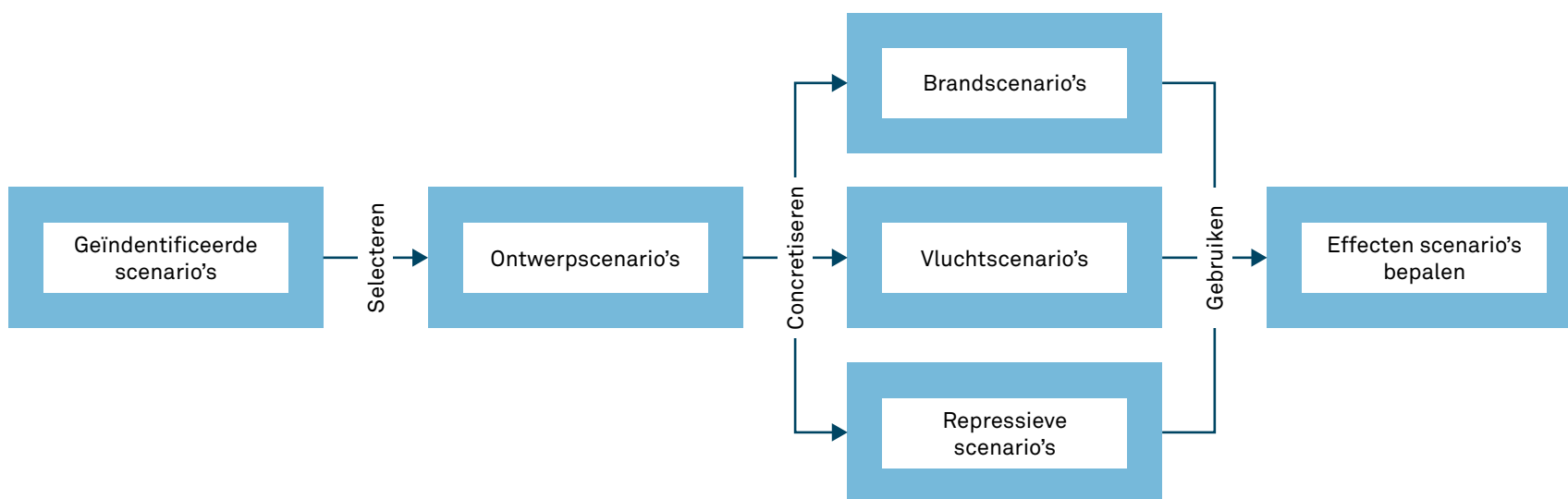
Een ontwerpscenario kan meerdere soorten scenario's omvatten:

- > *Brandscenario's*: een beschrijving van het verwachte brandgedrag en -verloop in een ontwerpscenario.
- > *Vluchtscenario's*: een beschrijving van het verwachte menselijke gedrag in een ontwerpscenario.
- > *Repressief scenario*: een beschrijving van het verwachte brandweer-optreden in een ontwerpscenario.

Het samenspel van de verschillende soorten scenario's is in figuur 2.1 schematisch weergegeven. In het geval van een kwalitatieve risicoanalyse volstaat een beschrijving van de scenario's. Bij een kwantitatieve risicoanalyse is een kwantificering van de scenario's nodig.

### Vluchtscenario's

In deze publicatie is de term vluchtscenario gebruikt om het menselijk gedrag tijdens een brand te beschrijven, hoewel het ook kan voorkomen dat personen besluiten om niet te vluchten. De term vluchtscenario' is gekozen om aan te sluiten bij het kenmerkenschema.



Figuur 2.1 Samenspel verschillende soorten scenario's

Inleiding

Processchema

Ontwerpscenario's opstellen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



### 2.2.1 Identificeren van gevaren en scenario's

Zoals beschreven in paragraaf 1.4.2 Proces uitvoeren risicoanalyse worden scenario's gevormd door een aantal tijdens de brand opvolgende gebeurtenissen die resulteren in een bepaald effect. De gevaren en scenario's kunnen worden geïdentificeerd door:

- > de mogelijke ontstekingsbronnen en brandbare materialen te inventariseren. Hieruit volgt een overzicht van de mogelijke branden in het ontwerp.
- > de gebeurtenissen die het brand-, vlucht-, en repressief scenario kunnen beïnvloeden te analyseren.

Het resultaat is een spectrum aan mogelijke scenario's in het ontwerp, waarbij globaal is stilgestaan bij het brand-, vlucht- en repressief scenario.

### 2.2.2 Ontwerpscenario's selecteren

Het is niet altijd realistisch en nodig om het risico van alle mogelijke scenario's in een ontwerp te beoordelen. Het bepalen van de kansen en effecten van scenario's is tijdrovend en kostbaar. Het is verder niet altijd zinvol om scenario's met een beperkte bijdrage voor het totale risico te beoordelen. Voorbeelden hiervan zijn ontwerpscenario's waarbij een verwaarloosbaar laag effect en/of lage kans wordt verwacht. Het is daarom verstandig om alleen relevante ontwerpscenario's te kiezen voor de uiteindelijke beoordeling. Van de geïdentificeerde scenario's wordt op basis van kansen of effecten ingeschat of ze uitgewerkt moeten tot een ontwerpscenario.

Van de geselecteerde ontwerpscenario's worden de brand-, vlucht- en repressieve scenario's uitgewerkt. Afhankelijk van de gekozen soort risicoanalyse worden de scenario's beschrijvend (kwalitatieve risicoanalyses) of getalsmatig (kwantitatieve risicoanalyses) uitgewerkt.

### 2.2.3 Aandachtspunten bij uitvoering processtap

Onrealistische scenario's vertalen zich naar een brandveiligheidsontwerp dat niet goed aansluit bij het brandveiligheidsrisico van het gebouw. Het is daarom van belang dat ontwerpscenario's zorgvuldig worden geselecteerd en dat de brand- vlucht- en repressieve scenario's een weergave zijn van wat realistisch kan worden verwacht in het gebouw.

In de volgende alinea's wordt daarom een aantal aandachtspunten gegeven bij het opstellen van ontwerpscenario's.

#### Beschrijven brandscenario's

Omdat de effecten van een brand bij kwalitatieve risicoanalyses beschrijvend worden ingeschat, heeft het brandscenario in die analyses ook een beschrijvend karakter. Bij de beschrijving wordt stilgestaan bij onder andere de locatie, de ontwikkelsnelheid en de rookproductie van die brand.

Bij kwantitatieve risicoanalyses worden de effecten van bepaalde ontwerpscenario's doorgaans beoordeeld met brandmodellen. Daarbij is een fysische beschrijving van de brand nodig. Die fysische beschrijving is in veel gevallen een weergave van de brandvermogensontwikkeling in de tijd (het *brandvermogen*, *Heat Release Rate* of *HRR*<sup>4</sup>). Ook kan de beschrijving aspecten bevatten zoals de verbrandingswarmte en yields voor bijvoorbeeld roet en CO.

<sup>4</sup> *De Rate of Heat Release* (of *RHR*) is een andere term die wordt gebruikt. Daarmee wordt hetzelfde bedoeld als met de *HRR*.

Inleiding

Processchema

Ontwerpscenario's opstellen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

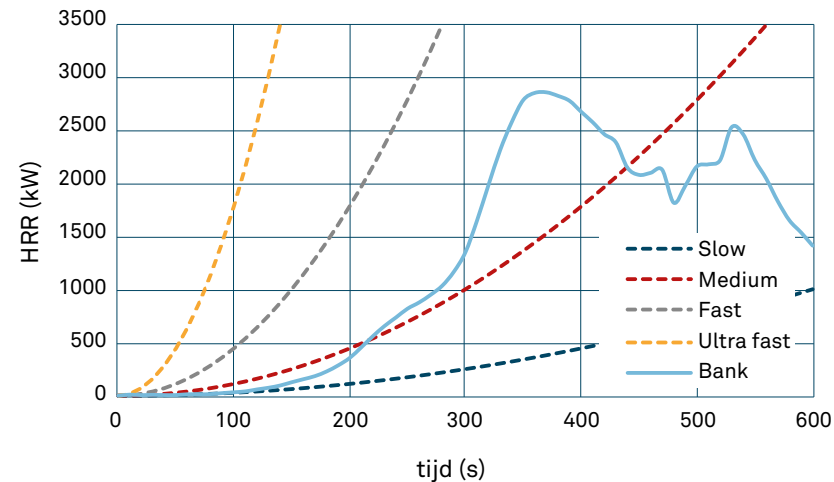
Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

Een brandscenario kan op meerdere manieren worden gekwantificeerd. De meest gangbare databronnen zijn:

- > *t<sup>2</sup>-curves*: *t<sup>2</sup>*-waarden geven een indicatie van de verwachte ontwikkeling van de HRR-ontwikkeling in de tijd en gaan daarbij uit van een exponentiële, cirkelvormige groei van de brand. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in verschillende branduitbreidingsnelheden (zie figuur 2.2). Het voordeel van deze curves is dat het exacte gebruik van een ruimte minder relevant is. Een nadeel is dat er geen zicht is op de daadwerkelijke ontwikkeling van de curves. Bovendien is de herkomst van de getallen vaak niet duidelijk (Staffansson, 2010, p. 22). Ook voor parameters als de verbrandingswarmte en de hoeveelheid verbrandingsproducten zijn getabelleerde waarden beschikbaar. Voorbeelden van literatuur waaruit kan worden geput zijn: (British Standards Institution, 2019b; NEN, 2019; SFPE, 2016).
- > *Data van experimenten*: tijdens gecontroleerde experimenten kunnen onder meer de HRR en de productie van verbrandingsproducten van een brandend object worden gemeten. Hierbij ontstaat een gedetailleerd beeld van de brandontwikkeling. Een nadeel van deze methode is dat de brandkarakteristieken vaak zijn bepaald onder specifieke omstandigheden, zoals hoeveelheid ventilatie en soort ontstekingsbron. Die omstandigheden kunnen de brandontwikkeling hebben beïnvloed, waardoor een vertaling naar het specifieke ontwerp soms lastig is. Voorbeelden van literatuur waaruit kan worden geput zijn: (Babrauskas et al., 1982; BRE, 2010; Joyeux et al., 2002; Kim & Lilley, 2002; NIST, z.d.; Särdaqvist, 1993).
- > *Incidentanalyses*: tijdens de afhandeling van incidenten kan door de optredende brandweerlieden informatie over het verloop van het incident worden gerapporteerd. Daarnaast wordt in bepaalde gevallen brandonderzoek uitgevoerd. Het voordeel van deze databron is dat de informatie een realistisch beeld geeft van de effecten van een ontwerpscenario. Een nadeel is dat een zuivere kwantificatie vaak niet voorhanden is, waardoor deze alsnog moet worden bepaald door de betrokken partijen.



Figuur 2.2 HRR van getabelleerde *t<sup>2</sup>*-curven en van een bank, afgeleid van experimentele data (Brandweeracademie, 2020b)

Menselijk handelen, gebouwkenmerken en specifieke gebeurtenissen gedurende de ontwerpbrand kunnen het scenario beïnvloeden. Met deze beïnvloeding moet rekening gehouden worden bij het opstellen van de ontwerpscenario's. Voorbeelden hierbij zijn:

- > Het openen en sluiten door gebouwgebruikers van deuren van de ruimte waarin de brand zich bevindt, kan gevolgen voor de brandontwikkeling hebben.
- > De aanwezigheid van een automatische brandbeheersingsinstallatie zal de brandontwikkeling beïnvloeden.
- > Naarmate de brand meer door de aanwezige zuurstof wordt beheerst, verandert de verhouding van de productie van verbrandingsproducten. Als die producten relevant zijn voor het doel van de analyse, moet daar rekening mee worden gehouden.

Inleiding

Processchema

Ontwerpscenario's opstellen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst





### Beschrijven vluchtscenario's

Vluchtscenario's beschrijven het verwachte of aangenomen menselijk handelen gedurende een brand. Een vluchtscenario kan zowel beschrijvend (kwalitatieve risicoanalyses) of kwantitatief (kwantitatieve risicoanalyses) zijn en is met name relevant wanneer er een analyse van de ontvluchttingsmogelijkheden worden uitgevoerd. Het vluchtscenario is dan bepalend voor de RSET (Required Safe Egress Time) of meer generiek voor de RST (Required Safe Time). Bij andere brandveiligheidsdoelen ligt een vluchtscenario minder voor de hand, maar kan ook dan relevant zijn.

#### Effecten van menselijk gedrag op de brand

Menselijk gedrag kan invloed hebben op de brandontwikkeling of de rookverspreiding. In deze publicatie is ervoor gekozen die gevolgen onder te brengen in het brandscenario en niet in de vluchtscenario's.

Blootstelling van mensen aan rook is schadelijk en kan uiteindelijk resulteren in een belemmerde ontvluchting of levensbedreigende en fatale situaties. De blootstelling aan rook is afhankelijk van rookverspreiding, maar kan ook door menselijke besluitvorming worden beïnvloed. Zo kunnen mensen besluiten om door een met rook gevulde ruimte te vluchten, of juist om te keren en te wachten op redding (Kuligowski, 2009; SFPE, 2019b). Ook het handelen van de interne hulpverlening (zoals de BHV) kan van invloed zijn op het vluchtscenario. Voorbeelden van relevante aspecten voor een vluchtscenario zijn:

- > het aantal personen
- > de locatie waar personen zich bevinden
- > bekendheid met de locatie
- > de fysieke gesteldheid van personen
- > de loopsnelheid
- > de 'pre-evacuation movement time'
- > keuzes gedurende het vluchten.

### 'Pre-evacuation movement time'

Personen zullen vaak nadat zij geattendeerd worden op een brand of ander incident verschillende acties ondernemen voordat zij daadwerkelijk beginnen met vluchten. Denk hierbij aan het pakken van spullen, het waarschuwen van anderen of het afwachten van andere tekenen van het incident. De tijd die het kost om die acties uit te voeren, wordt de 'pre-evacuation movement time' genoemd.

### Repressieve scenario's beschrijven

In een repressief scenario zijn de aangenomen of verwachtte handelingen van de brandweer beschreven. Dit kan relevant zijn wanneer het doelgerichte brandveiligheidsproces tot doel heeft het effect van de brandweerinzet te verbeteren of het brandweeroptreden veilig te laten plaatsvinden. Ook in andere gevallen kan een repressief scenario relevant zijn.

De handelingen van de brandweer zijn het gevolg van de brand- en vluchtscenario's. Als er bijvoorbeeld personen aanwezig zijn in het pand, dan heeft de brandweer een extra taak naast de brandbestrijding. Daarnaast wordt het repressief scenario bepaald door onder andere de locatie en omvang van de brand en de rookverspreiding door het pand. Een koppeling met het kwadrantenmodel voor gebouwbrandbestrijding (Brandweeracademie, 2014) ligt hier voor de hand. Voorbeelden van relevante aspecten voor een repressief scenario zijn:

- > training
- > opkomsttijd
- > prioriteiten
- > inzettactiek.

Inleiding

Processchema

Ontwerpscenario's opstellen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

Bij repressieve scenario's is het belangrijk om de mogelijkheden van de inzet van de brandweer niet te overschatten. Belangrijke bronnen bij het bepalen van deze mogelijkheden zijn de basisprincipes van brandbestrijding en het *Handboek gebouwbrandbestrijding* (Baaij et al., 2023; Brandweeracademie, 2020a). Het is altijd aan te raden om de brandweer te betrekken bij het bepalen van de inzetmogelijkheden.

### 2.2.4 Meer informatie

Selecteren van ontwerpscenario's:

- > ISO 16733-2 – Fire Safety Engineering - Selection of design fire scenarios and design fires (ISO, 2021).
- > ISO 23932-1 – Fire Safety Engineering - Uitgangspunten - Deel 1: Algemeen (ISO, 2018).
- > SFPE Guide to performance based design, pagina's 12 en 13 (SFPE, 2015, pp. 12–13).

Opstellen van brandscenario's:

- > ISO 16733-2 – Fire Safety Engineering - Selection of design fire scenarios and design fires (ISO, 2021).
- > Selecting Design Fires, L. Staffanson (Staffansson, 2010).
- > Guideline Fire Protection Engineering (Hosser, 2013, Hoofdstuk 4).
- > SFPE Guide to performance based design (SFPE, 2015, Hoofdstuk 4).

Opstellen van vluchtscenario's:

- > SFPE Handbook for fire protection engineering, hoofdstukken 58 en 61 (Kuligowski, 2016; Yamada, T and Akizuki, 2016) .
- > SFPE Guide to Human Behavior in Fire (SFPE, 2019b).
- > PD 7974-6: The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6, Human factors: life safety strategies: occupant evacuation behaviour and condition (British Standards Institution, 2004).

Opstellen van repressieve scenario's:

- > Kwadrantenmodel voor gebouwbrandbestrijding (Brandweeracademie, 2014).
- > Basisprincipes van brandbestrijding (Brandweeracademie, 2020a)
- > Handboek gebouwbrandbestrijding (Baaij et al., 2023)



Inleiding

Processchema

Ontwerpscenario's opstellen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

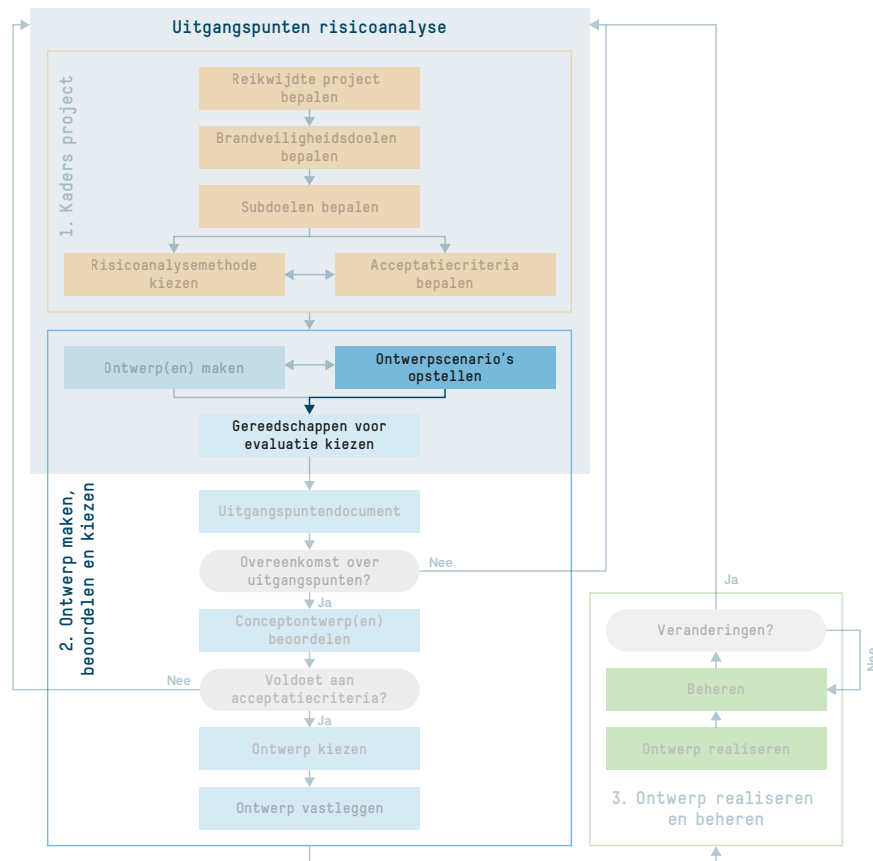
Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

### 2.2.5 Relatie met latere processtappen

De brand- en vluchtscenario's worden in kwantitatieve risicoanalyses vaak gebruikt als input voor brand- of ontruimingsmodellen. Welke informatie in een brand- of vluchtmodel nodig is, verschilt per gereedschap. Het is daarom aan te raden het detail van de scenario's af te stemmen op de gereedschappen die in de volgende processtap worden gekozen.



Inleiding

Processchema

Ontwerpscenario's opstellen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Relatie met latere processtappen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 2.3 Gereedschappen voor beoordeling kiezen

In deze processtap worden gereedschappen gekozen waarmee wordt beoordeeld of in de geselecteerde ontwerpscenario's voldaan wordt aan de acceptatiecriteria. Met een gereedschap kan bijvoorbeeld de rookverspreiding of de thermische blootstelling van een constructieonderdeel bij een scenario worden berekend.

### 2.3.1 Verschillende soorten gereedschappen

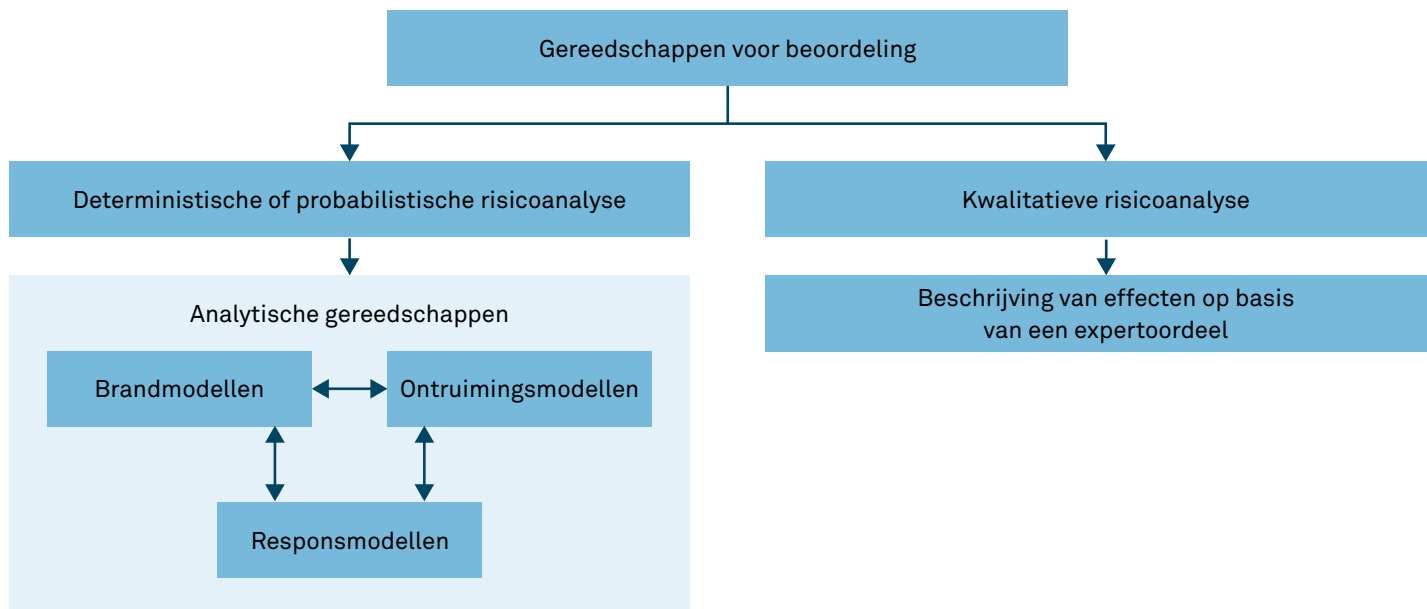
De keuze voor het gereedschap is afhankelijk van de soort risicoanalyse die wordt uitgevoerd. Bij een kwalitatieve risicoanalyse wordt een beschrijvend gereedschap gebruikt om de effecten te beoordelen, en bij een kwantitatieve analyse rekenkundige gereedschappen. Een globaal overzicht van de gereedschappen is gegeven in figuur 2.3.

#### Kwalitatieve risicoanalyses

Bij een kwalitatieve risicoanalyse worden de effecten op een beschrijvende wijze ingeschat; ze worden dus niet numeriek bepaald. Er wordt een expertoordeel gebruikt, waarin bijvoorbeeld ervaring uit eerdere projecten, literatuur of informatie over incidenten een rol speelt.

#### Kwantitatieve risicoanalyses

Bij kwantitatieve risicoanalyses worden de effecten van een brand numeriek beoordeeld met verschillende rekenmodellen. Het doel van de berekeningen is om te beoordelen of de effecten voldoen aan de acceptatiecriteria. Er bestaat een breed scala aan gereedschappen die kunnen worden gebruikt bij een kwantitatieve risicoanalyse.



Figuur 2.3 Verschillende gereedschappen voor beoordeling en onderlinge verhoudingen

Inleiding

Processchema

Gereedschappen kiezen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst



Ze kunnen grofweg worden onderverdeeld in:

- > *Brandmodellen*: met brandmodellen worden de gevolgen van de brand op de omgeving voorspeld.
- > *Ontruimingsmodellen*: met ontruimingsmodellen wordt het verloop van de ontruiming van een brand voorspeld.
- > *Andere responsmodellen*: modellen waarmee bijvoorbeeld de reactie kan wordt voorspeld van een bouwconstructie wanneer deze wordt blootgesteld aan brand.

Afhankelijk van het doelgerichte ontwerpproces kunnen de gereedschappen los van elkaar of samen worden gebruikt om de effecten van een brand inzichtelijk te maken.

### Verschillende gereedschappen

In de volgende alinea's worden verschillende brand- en ontruimingsmodellen beschreven. De 'andere responsmodellen' zijn niet nader behandeld in deze rapportage omdat deze wat minder vaak worden toegepast.

#### Brandmodellen

Brandmodellen worden gebruikt om de gevolgen van brand op de omgeving in te schatten. Ze worden vaak ingezet bij ASET-analyses. Met de modellen kunnen bijvoorbeeld rookverspreiding en thermische belasting van constructiedelen worden voorspeld. Er bestaan verschillende soorten brandmodellen, elk met een verschillende nauwkeurigheid en toepassingsgebied.

- > *Handrekenmethoden*: met handberekeningen kunnen inschattingen worden gemaakt van de effecten van brand in eenvoudige situaties. Handrekenmethoden hebben als voordeel dat ze vaak eenvoudig toe te passen zijn en snel inzicht geven in de te verwachten omstandigheden gedurende een brand. Ze zijn vaak het resultaat van vereenvoudigingen van de realiteit en gebaseerd op experimentele data. Hierdoor is het

toepassingsgebied beperkt tot situaties waarin die vereenvoudigingen te rechtvaardigen zijn en situaties die niet sterk afwijken van de uitgangspunten waarop de experimenten gebaseerd zijn. Voorbeelden van handberekeningen zijn de pluimvergelijkingen van Heskestad (Heskestad, 2002) en de vergelijking voor de ruimtetemperatuur bij brand door McCaffrey, Quintiere en Harkleroad (de MQH-vergelijking) (McCaffrey et al., 1981).

- > *Zonemodellen*: met zonemodellen kunnen de effecten van een brand in meer detail berekend worden dan het geval is met handrekenmethoden. De basis daarvoor zijn de behoudswetten voor massa en energie. Die behoudswetten worden gecombineerd met empirische vergelijkingen voor bijvoorbeeld inmenging van schone lucht in rookpluimen ('pluimmodellen'). Zonemodellen rekenen snel, waardoor snel inzicht verkregen wordt in de mogelijke gevolgen. Het toepassingsgebied van zonemodellen wordt met name gevormd door vereenvoudigingen en aannames in de onderliggende fysica. Zo kennen zonemodellen een beperkte validatie in ruimten met een bijzondere geometrie en sterke ventilatie of windinvloed (Walton et al., 2016). Voorbeelden van zonemodellen zijn CFAST van NIST, B-RISK van BRANZ en het fysisch brandmodel dat is beschreven in NEN 6055 (BRANZ, 2016; NEN, 2011; NIST, 2021). Een voorbeeld van een zonemodel is gegeven in figuur 2.4.

#### Empirische vergelijkingen

Empirische vergelijkingen zijn (deels) afgeleid van experimentele resultaten. Een voorbeeld van empirische modellen zijn 'pluimmodellen', waarmee kan worden berekend hoeveel omgevingslucht inmengt in een vuur- en/of rookpluim bij brand.

Inleiding

Processchema

Gereedschappen kiezen

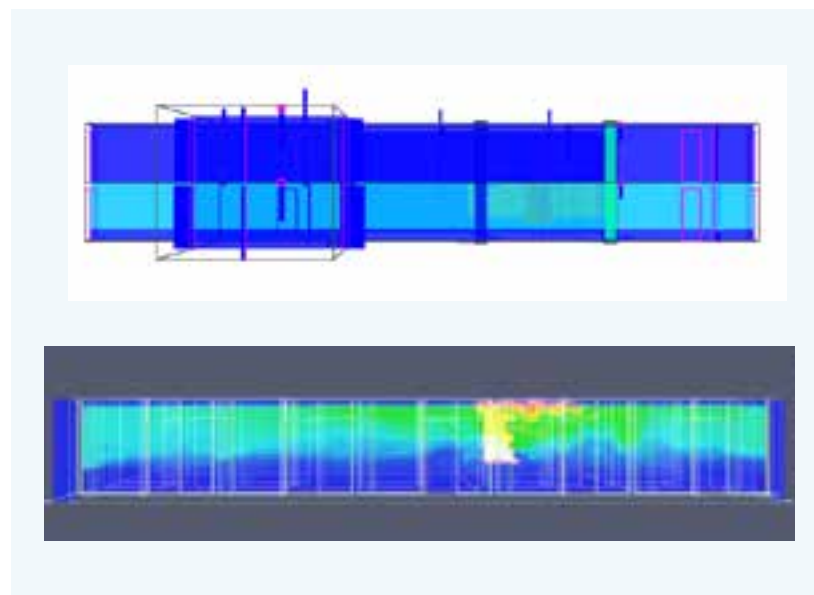
Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst

- > **CFD-brandmodellen:** CFD-brandmodellen (Computational Fluid Dynamics) kunnen de effecten van een brand in groter detail berekenen dan handrekenmethoden of zonemodellen. Een gebouw en indien nodig de ruimte daaromheen wordt opgedeeld in kleine volumes ('cellen') en voor elk van die cellen wordt een vorm van de behoudswetten voor energie, massa en impuls opgelost. Daarmee worden stromingen in lucht (of vloeistof) voorspeld. CFD is de meest complete methode binnen de toegepaste brandveiligheidskunde en kan daarom worden gebruikt om een breed scala aan problemen op te lossen. Niet alle fenomenen kunnen echter met CFD voldoende betrouwbaar worden voorspeld. Voorbeelden daarvan zijn sterk zuurstofgecontroleerde branden of branden beheerst door een brandbeheersingsinstallatie. Het is een methode die veel rekentijd vergt. Bovendien vraagt ze veel kennis en kunde van de gebruiker, met name vanwege de complexiteit van de onderliggende fysica (McGrattan & Miles, 2016; Versteeg & Malalasekera, 2007). Voorbeelden van CFD-brandmodellen zijn Fire Dynamics Simulator van NIST en Fluent van Ansys (Ansys, z.d.; McGrattan et al., 2021). Een hulpdocument voor het beoordelen van CFD-brandsimulaties is beschikbaar (Bellos et al., 2024). Een voorbeeld van resultaten van een CFD-brandmodel is gegeven in figuur 2.4.



*Figuur 2.4 Voorbeelden van de resultaten van een zonemodel (CFAST, boven, 2 bouwlagen) en CFD-brandmodel (FDS, onder, 1 bouwlaag) voor rookverspreiding van een woning naar een corridor*

### Ontruimingsmodellen

In specifieke gevallen kan inzicht van belang zijn in bijvoorbeeld de hoeveelheid mensen die in het pand aanwezig zijn, de manier waarop zij het pand verlaten en welke handelingen zij uitvoeren tijdens het evacueren. Dit kan bijvoorbeeld relevant zijn wanneer een analyse van de benodigde vluchttijd wordt uitgevoerd. Er bestaan meerdere modellen om hier inzicht in te krijgen. De meest gangbare worden hieronder kort behandeld.

- > **Handrekenmethoden:** met handrekenmethoden kan snel inzicht worden verkregen in ontruiming van gebouwen in eenvoudige situaties. Handrekenmethoden zijn vaak gebaseerd op een hydraulisch model. Personen worden gezien als stroming die weerstand ondervindt van vernauwingen in de vluchtweg zoals deuren of trappen. Menselijk

Inleiding

Processchema

Gereedschappen  
kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst

gedrag wordt grotendeels verwaarloosd. Een voorbeeld van een handrekenmethode is het hydraulische model van SFPE, beschreven in het boek *SFPE Guide to Human Behavior in Fire* (SFPE, 2019b, pp. 73–82). Het model voor opvang- en doorstroomcapaciteit uit de bouwregelgeving is ook een voorbeeld van een handrekenmethode voor ontruiming (Besluit bouwwerken leefomgeving, 2024, 4.81).

- › *Ontruimingssimulaties*: er bestaan verschillende computermodellen waarmee de ontruiming van gebouwen kan worden gemodelleerd. De basis van die modellen loopt uiteen; het ene model werkt meer als een hydraulisch model (een voorbeeld daarvan is Simulex), terwijl het andere model meer de werkelijkheid nastreeft door het menselijk gedrag gedurende het vluchten mee te nemen (voorbeelden daarvan zijn Building Exodus en Pathfinder). Meer werkelijkheidszin betekent in principe dat de resultaten betrouwbaarder zijn. Anderzijds betekent het ook dat de ontwerper meer kennis en kunde nodig heeft en dat er meer invoerparameters noodzakelijk zijn die op hun beurt gevoelig zijn voor onzekerheid en gebruikersfouten. In *SFPE Guide to Human Behavior in Fire* (SFPE, 2019b, Hoofdstuk 9) zijn meerdere beschikbare modellen inhoudelijk beschreven en vergeleken.

### 2.3.2 Aandachtspunten bij uitvoering processtap

Hieronder wordt een aantal aandachtspunten gegeven bij het kiezen van passende gereedschappen. De keuze is afhankelijk van verschillende aspecten. Een aantal hiervan staan hier kort beschreven:

- › *De geschiktheid van het model voor de situatie*  
Gereedschappen kennen doorgaans een bepaalde validiteit. Gebruik van de modellen buiten het validatiebereik resulteert in een bepaalde mate van onbetrouwbaarheid (ISO, 2015). Bovendien zijn gereedschappen gebaseerd op een vereenvoudiging van de realiteit, waardoor niet alle fenomenen kunnen worden gemodelleerd. De validatiegrond van alle soorten brandmodellen is voor bijvoorbeeld zuurstofgecontroleerde en door een brandbeheersingsinstallatie gecontroleerde branden zwak.

In die gevallen is het nodig om te bepalen of het toepassen van de gereedschappen mogelijk is binnen de kaders van het project.

#### Validatie van een model

Met de validatie van een model wordt de mate bedoeld waarin het model een fenomeen juist voorspelt. Vergelijkingen tussen experimenten en rekenresultaten van het model liggen vaak ten grondslag aan de validatie van modellen (ISO, 2015).

- › *Welke informatie nodig is voor het doel van het project*  
Het detailniveau van het model moet aansluiten bij de informatie die nodig is om te kunnen beoordelen of aan de doelen, subdoelen en acceptatiecriteria wordt voldaan. Als het detailniveau van de methode te laag is, levert de methode onvoldoende informatie om een beoordeling te kunnen uitvoeren. Het gebruik van een methode met een te hoge resolutie vertaalt zich doorgaans in onnodig veel rekentijd (Hofmeister et al., 2012).
- › *De veiligheidsmarge tussen acceptatiecriteria en de berekende resultaten*  
Soms kan uit resultaten van eenvoudige methoden blijken dat acceptatiecriteria ruim worden behaald of overschreden. In die gevallen is het gebruiken van een meer verfijnde methode beperkt van meerwaarde. In die gevallen waar acceptatiecriteria nèt behaald of overschreden worden, kan wel een meer verfijnde rekenmethode worden overwogen (SFPE, 2015). Dit is grafisch weergegeven in figuur 2.5.



Inleiding

Processchema

Gereedschappen  
kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst



Figuur 2.5 Geïdealiseerd kader voor het kiezen van een gereedschap op basis van de acceptatiecriteria (figuur gebaseerd op SFPE, 2015, p. 81)

**Voorbeeld invloed sprinklersysteem op brandvermogen**

In een specifiek geval wordt de effectiviteit van een bepaald sprinklersysteem beoordeeld in termen van onderdrukking van het brandvermogen. De validatie van de beschikbare gereedschappen voor het voorspellen hiervan is zwak. De ontwerper zal daarom moeten overwegen of de effecten van de branden alsnog kunnen worden gemodelleerd met de gereedschappen. Als dit niet het geval is, kan worden overwogen experimenten uit te voeren.

**Voorbeeld windinvloed op rookverspreiding**

In een specifiek geval is de invloed van wind bepalend voor de rookverspreiding in een gebouw. Een zonemodel is in dit geval minder geschikt, omdat het niet of beperkt in staat is om de invloed van wind mee te nemen in de modellering (Tromp & van Mierlo, 2013, p. 263). Daarvoor is een andere methode nodig, zoals een CFD-brandmodel.

Inleiding

Processchema

Gereedschappen kiezen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst





### 2.3.3 Meer informatie

Brandmodellen:

- > 'Fluid Mechanics Aspects of Fire a(Merci & Beji, 2016).Enclosures' (Merci & Beji, 2016).
- > PD 7974-2 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings - Spread of smoke and toxic gases within and beyond the enclosure of origin (British Standards Institution, 2019b).
- > 'SFPE Guide to performance-based fire safety design' (SFPE, 2015, Hoofdstuk 5).
- > 'SFPE Guidelines for Substantiating a Fire Model for a Given Application' (Hofmeister et al., 2012).
- > ISO/TS 13447 Fire safety engineering - Guidance for use of fire zone models (ISO, 2022a).
- > 'SFPE Handbook of fire protection engineering' hoofdstukken 31 en 32 (McGrattan & Miles, 2016; Walton et al., 2016).

Ontruimingsmodellen:

- > ISO 19706 - Guidelines for assessing the fire threat to people (ISO, 2022b).
- > 'SFPE Guide to Human Behavior in Fire' (SFPE, 2019b).
- > 'SFPE Handbook of fire protection engineering' hoofdstukken 58 en 61 (Kuligowski, 2016; Yamada, T. and Akizuki, 2016).

Inleiding

Processchema

Gereedschappen  
kiezen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 2.4 Uitgangspuntendocument

De beoordeling van de conceptontwerpen met de risicoanalyse wordt uitgevoerd in de volgende processtap en kan veel tijd en middelen kosten. Om te voorkomen dat er daarna discussies ontstaan, is het aan te raden om op voorhand overeenstemming te hebben over de uitgangspunten.

In deze handreiking is voorgesteld om een uitgangspuntendocument op te stellen. Daarin worden de belangrijkste keuzes uit het doelgerichte ontwerpproces *vastgelegd* en *verantwoord*. Het uitgangspuntendocument kan ter goedkeuring worden aangeboden aan de betrokken partijen. In tabel 2.1 is per processtap een aantal voorbeelden van relevante uitgangspunten gegeven.

Tabel 2.1 Voorbeelden van de inhoud van een uitgangspuntendocument

Processtap	Inhoud
Reikwijdte project bepalen	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Voor welke aspecten wordt doelgericht ontwerpen gebruikt?</li> <li>&gt; Wie zijn de betrokkenen?</li> <li>&gt; Om welk (deel) van het gebouw gaat het?</li> <li>&gt; Wat zijn de kenmerken van het gebouw?</li> </ul>
Brandveiligheidsdoelen bepalen	Welke doelen worden nagestreefd in het project en waarom?
Subdoelen bepalen	Vertaling brandveiligheidsdoelen naar subdoelen.
Soort risicoanalyse kiezen	Soort risicoanalyse beschrijven. Eventuele koppeling aan specifieke risicoanalysemethode opnemen.
Acceptatiecriteria bepalen	<p><b>Acceptabel brandveiligheidsrisico:</b> Te hanteren acceptabel brandveiligheidsrisico</p> <p><b>Acceptatiecriteria voor effecten:</b> Te hanteren acceptatiecriteria voor effecten van brand</p>
Concept brandveiligheidsontwerp(en) maken	Opbouw conceptontwerpen in termen van het kenmerkschema. Onderbouwing van maatregelkeuze.

Processtap	Inhoud
Ontwerpscenario's opstellen	<p><b>Ontwerpscenario's:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Identificering gevaren en scenario's</li> <li>&gt; Onderbouwing keuze ontwerpscenario's op basis van verwachte kansen en effecten.</li> </ul> <hr/> <p><b>Brandscenario's:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Locatie</li> <li>&gt; Ontwikkeling HRR</li> <li>&gt; Productie verbrandingsproducten</li> <li>&gt; Eventuele effecten brandbestrijdingsinstallaties</li> <li>&gt; Invloed menselijk handelen</li> <li>&gt; Onderbouwing van bovenstaande</li> </ul> <hr/> <p><b>Vluchtscenario's:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Samenstelling populatie</li> <li>&gt; Gevoeligheid populatie</li> <li>&gt; Handelen personen</li> <li>&gt; Onderbouwing van bovenstaande</li> </ul> <hr/> <p><b>Repressieve scenario's:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Opkomsttijd brandweer</li> <li>&gt; Inzetmogelijkheden op basis van conceptontwerp</li> <li>&gt; Veronderstelde inzetactiek</li> <li>&gt; Onderbouwing van bovenstaande</li> </ul>
Gereedschappen voor beoordeling kiezen	Te hanteren gereedschappen en een onderbouwing waarom deze gekozen zijn.

Inleiding

Processchema

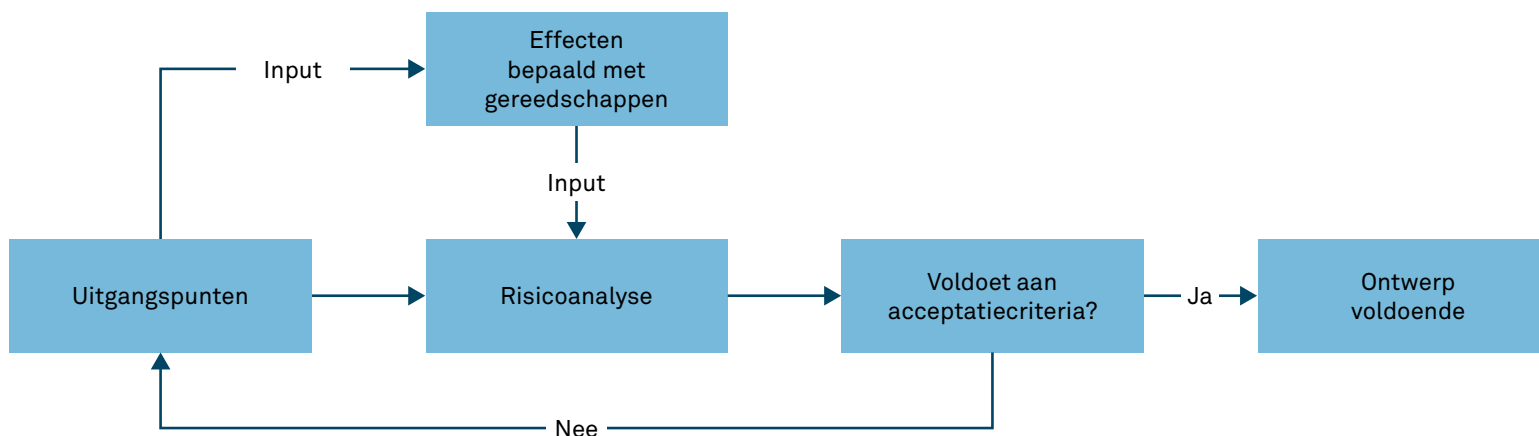
**Uitgangspunten-  
document**

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 2.5 Conceptontwerp(en) beoordelen

In deze processtap wordt beoordeeld of de conceptontwerpen voldoen aan de gestelde acceptatiecriteria. De beoordeling wordt uitgevoerd op basis van de vastgestelde uitgangspunten. Bij de beoordeling worden de effecten van de ontwerpscenario's gebruikt als input. Een stroomschema voor de beoordeling is hieronder gegeven.



Figuur 2.6 Stroomschema ten behoeve van de beoordeling van een conceptontwerp

### 2.5.1 Onzekerheid in de resultaten

In paragraaf 1.4.4 Risicoanalyse en onzekerheid is beschreven waar onzekerheid uit voortkomt in de verschillende soorten risicoanalyses. In deze paragraaf wordt uitgebreider stilgestaan bij de herkomst van onzekerheid in het doelgerichte ontwerpproces.

In de toegepaste brandveiligheidskunde komt de invloed van onzekerheid vooral tot uiting in de volgende aspecten (SFPE, 2015, pp. 185–186):

- > *Uitgangspunten bij risicoanalyse*: de data die worden gebruikt als uitgangspunt bij de risicoanalyse zijn onderhevig aan onzekerheid. Er bestaan bijvoorbeeld weinig betrouwbare data omtrent de kans dat

bepaalde gebeurtenissen zich voordoen. Het ontbreken van die data maakt probabilistische risicoanalyses gevoeliger voor onzekerheid.

- > *Ontwerpscenario's*: het is tijdens het doelgerichte brandveiligheidsproces niet altijd duidelijk hoe een persoon of brand zich zal gedragen. Dus worden aannames gedaan. Wanneer die in bepaalde mate afwijken van de realiteit, ontstaat er onzekerheid. Een voorbeeld daarvan zijn de gebeurtenissen tijdens een scenario. Als die afwijken van de realiteit, ontstaat onzekerheid.

Inleiding

Processchema

Conceptontwerp(en) beoordelen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst

- › *Acceptatiecriteria*: acceptatiecriteria worden doorgaans gekozen op basis van project-specifieke uitgangspunten. Als de gekozen acceptatiecriteria afwijken van de realiteit, omdat deze bijvoorbeeld meer spreiding kent, ontstaat er onzekerheid. Een voorbeeld hiervan is de gevoeligheid van een populatie voor de gevolgen van brand. De individuen in de populatie zijn niet allemaal even gevoelig en zullen daarin een spreiding vertonen. Hierdoor is de keuze voor één acceptatiecriterium mogelijk niet voor alle personen in de populatie voldoende veilig.

Elke uitkomst van een berekening of analyse in een doelgericht ontwerpproces is hierdoor gevoelig voor onzekerheid. Deze onzekerheid bepaalt in grote mate hoe robuust het ontwerp is. Het inschatten van die gevoeligheid is daarom van belang in een doelgericht ontwerpproces. Een goed doelgericht brandveiligheidsontwerp staat dus altijd in meer of mindere mate stil bij de gevolgen van onzekerheid.

### 2.5.2 Aandachtspunten bij uitvoering processtap

In de volgende alinea's wordt een aantal aandachtspunten gegeven bij het beoordelen van conceptontwerpen.

#### Iteratief proces

Uit de beoordeling van de conceptontwerpen kan blijken dat geen enkele van de ontwerpen voldoet aan de gestelde acceptatiecriteria en dus geen invulling geeft aan de gestelde brandveiligheidsdoelen. In dat geval is een heroverweging van de conceptontwerpen noodzakelijk. Als die aanpassingen tegen bezwaren aanlopen van de betrokken partijen, kunnen de brandveiligheidsdoelen, subdoelen en/of acceptatiecriteria worden heroverwogen. Dit kan alleen wanneer die brandveiligheidsdoelen niet worden opgelegd door regelgeving en om private redenen gekozen zijn. Als zij wel door regelgeving worden opgelegd, staan de doelen vast en is een aanpassing van het conceptontwerp noodzakelijk.

Heroverwegingen van de brandveiligheidsdoelen, subdoelen en/of acceptatiecriteria leiden meestal tot een brandveiligheidsontwerp met een ander restrisico dan eerst voorzien. Die aanpassingen moeten daarom weloverwogen worden gemaakt.

#### Omgaan met onzekerheid

Omdat de onzekerheid direct invloed kan hebben op de kwaliteit van het doelgerichte brandveiligheidsontwerp, is het aan te raden om het effect van die onzekerheid op het ontwerp mee te nemen in de beoordeling van het brandveiligheidsrisico. Daar kunnen verschillende methoden bij worden gebruikt:

- › Met een *'what-if-analyse'* worden de effecten van afwijkende ontwerpscenario's ingeschat om zo de gevolgen van onzekerheid te verkleinen.
- › Met *veiligheidsfactoren* kan worden gecompenseerd voor onzekerheid.
- › Daarnaast kan een *gevoelighedsanalyse* worden gebruikt om de invloed van wijzigingen van variabelen of uitgangspunten op de uitkomsten van een model of analyse te beoordelen. Een gevoelighedsanalyse geeft geen beeld van de onzekerheid in een model of risicoanalyse. Het geeft inzicht in de variabelen of uitgangspunten die van (grote) invloed zijn op de uitkomsten en waar de onzekerheid van beperkt zou moeten worden.
- › Met een *onzekerheidsanalyse* kan de mate van onzekerheid in een model of risicoanalyse en de invloed daarvan op de uitkomsten bepaald worden.

Hieronder worden de verschillende genoemde methoden kort toegelicht.

#### 'What-if-analyse'

Bij een *'what-if-analyse'* wordt het brandveiligheidsrisico van andere ontwerpscenario's dan primair gekozen beoordeeld. Door met andere ontwerpscenario's rekening te houden, worden de gevolgen van onzekerheid beperkt.

Inleiding

Processchema

Conceptontwerp(en)  
beoordelen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst



### Veiligheidsfactoren

Met veiligheidsfactoren kan in kwantitatieve risicoanalyses worden gecompenseerd voor onzekerheid in de resultaten. Het kan gaan om expliciete of impliciete veiligheidsfactoren:

- > *Expliciet*: het resultaat van een risicoanalyse wordt vermenigvuldigd met de veiligheidsfactor.
- > *Impliciet*: de variabelen gebruikt in een risicoanalyse worden vermenigvuldigd met de veiligheidsfactor. De veiligheidsfactor zit verwerkt in de risicoanalyse.

De effecten van onzekerheid zelf worden niet ingeschat met deze methode. Er wordt enkel onderkend dat er sprake is van onzekerheid en daarvoor wordt met een veiligheidsfactor gecompenseerd.

#### Voorbeeld impliciete veiligheidsfactoren

Een voorbeeld van de toepassing van impliciete veiligheidsfactoren is opgenomen in de Eurocodes. Voor belastingen op constructies worden veiligheidsfactoren groter dan 1 toegepast, terwijl voor de draagkracht van constructies een lagere waarde dan verwacht wordt toegepast. Op die manier wordt gecompenseerd voor het feit dat er onzekerheid zit in de bepalingsmethode en de uitgangspunten die bij het ontwerp worden gebruikt (CEN, 2021).

#### Voorbeeld expliciete veiligheidsfactoren

In NEN 6060 zijn veiligheidsfactoren gegeven voor de toepassing op ASET-RSET-berekeningen in grote brandcompartimenten (NEN, 2015). De herkomst van de factoren is niet beschreven in de norm.

De veiligheidsfactor is afhankelijk van de gewenste betrouwbaarheid van een ontwerp en de verwachte onzekerheid in het doelgerichte brandveiligheidsproces.

#### Voorbeeld bezwijken staalconstructies

Een constructeur berekent een kritieke staaltemperatuur van een stalen ligger van 620°C. De thermische belasting wordt bepaald met een zonemodel. Omdat er in de bepaling van de kritieke staaltemperatuur reeds impliciete veiligheidsfactoren gebruikt zijn en er in het zonemodel gerekend is met overwegend conservatieve uitgangspunten<sup>5</sup>, wordt een expliciete veiligheidsfactor van 1,2 voor de thermische belasting voldoende bevonden.

Veiligheidsfactoren kunnen worden gebruikt in combinatie met de andere methoden die in deze paragraaf zijn beschreven. Als een onzekerheidsanalyse wordt uitgevoerd, wordt al in bepaalde mate rekening gehouden met onzekerheid. In dat geval zou een lagere veiligheidsfactor kunnen worden gekozen dan wanneer er in de risicoanalyse verder geen rekening met onzekerheid wordt gehouden.

#### Gevoeligheidsanalyse

Bij een gevoeligheidsanalyse wordt één variabele gewijzigd en wordt beoordeeld hoe die wijziging het resultaat van de risicoanalyse beïnvloedt. Zo wordt ingeschat hoe gevoelig de uitkomst is voor de wijziging en welke parameters met name bijdragen aan onzekerheid.

<sup>5</sup> Zonder informatie te hebben over het realisme van de uitgangspunten, is het onmogelijk te bepalen hoe conservatief de uitgangspunten daadwerkelijk zijn.

Inleiding

Processchema

Conceptontwerp(en)  
beoordelen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst

Een gevoeligheidsanalyse kan ook worden gebruikt voor het inschatten van theoretische en modelmatige onzekerheid door andere modelmatige uitgangspunten te kiezen. Een voorbeeld is het gebruik van een alternatief pluimmodel in een zonemodel. Hetzelfde kan worden gedaan voor onzekerheid met betrekking tot de acceptatiecriteria. De mate van gevoeligheid voor de gewijzigde variabele wordt dan bepaald met de volgende formule (SFPE, 2015, p. 190):

$$\text{Gevoeligheid [-]} = \frac{\text{Percentage gewijzigde output}}{\text{Percentage gewijzigde input}}$$

Door het kwantitatieve karakter van de gevoeligheidsanalyse is deze niet geschikt voor kwalitatieve risicoanalyses. Een gevoeligheidsanalyse kan wel in alle vormen van kwantitatieve risicoanalyses worden toegepast.

Een gevoeligheidsanalyse werkt als volgt:

- > Selecteren van ontwerpscenario en uitvoeren van de beoordeling.
- > De variabelen van het ontwerpscenario een voor een variëren en de analyseresultaten vergelijken met het basisscenario.
- > Hoe hoger de berekende gevoeligheid, hoe gevoeliger de uitkomsten van de analyse zijn voor veranderingen aan die variabele.
- > Uit een vergelijking van de gevoeligheid van verschillende variabelen kan dan blijken welke variabelen de meeste invloed hebben op de rekenresultaten. Als de gevarieerde variabelen resulteren in situaties waarin acceptatiecriteria worden overschreden, kan worden overwogen aanpassingen aan de uitgangspunten of risicoanalyse door te voeren:
  - > Aanpassingen doen aan het ontwerp.
  - > Voor de meest invloedrijke variabelen een hogere waarde te kiezen in de beoordeling, om zo een robuuster brandveiligheidsontwerp te krijgen.
  - > Voor de meest invloedrijke variabelen de kans op hogere waarden te beperken.

- > Voor de meest invloedrijke variabelen een uitgebreidere (onzekerheids)analyse uit te voeren (zie verder).
- > Besluiten om de gevoeligheid te accepteren als restrisico.

### Voorbeeld ontvluchting uit een grote ruimte

Voor een grote ruimte wordt onderzocht of veilig vluchten mogelijk is. Om de effecten in te schatten worden zonemodellerings gemaakt. Er wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de variabelen brandvermogen (HRR) en de roet-yield van de brandstof. Beide worden met 20 % verhoogd en de gevolgen van die verhogingen worden vergeleken met de basisanalyse. Daaruit blijkt dat de gevolgen voor de ASET als volgt zijn:

Onderdeel	ASET (s)	Gevoeligheid (-)
Basisanalyse	510	-
HRR + 20%	400	1,1
Roet-yield + 20%	505	0,05

Hieruit blijkt dat de analyse nauwelijks gevoelig is voor het verhogen van de roet-yield, maar dat de aangenomen Heat Release Rate belangrijk is voor de uitkomst van de analyse. Er wordt daarom besloten een hogere waarde voor de HRR aan te nemen.

Inleiding

Processchema

Conceptontwerp(en) beoordelen

Aandachtspunten bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst

### Onzekerheidsanalyse

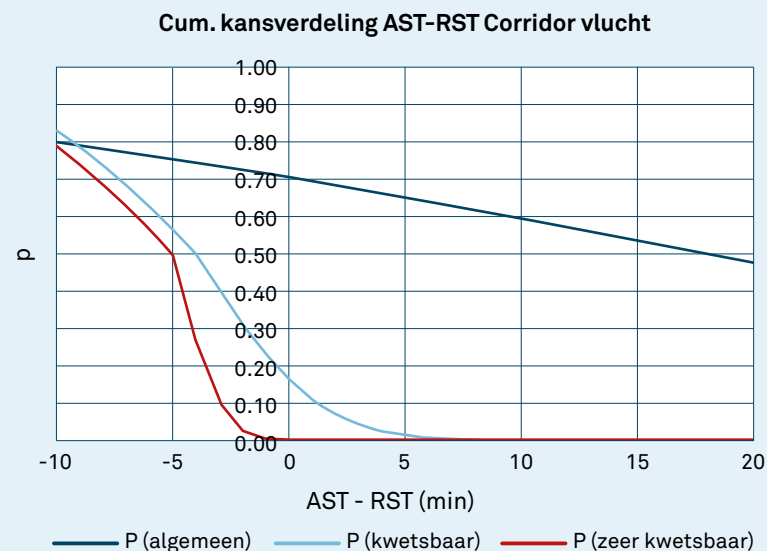
Variabelen die als gevolg van onzekerheid een spreiding kennen, worden stochastische variabelen genoemd. Als er data bekend zijn over de statistische spreiding van een of meerdere stochastische variabelen kan een onzekerheidsanalyse worden uitgevoerd. In een onzekerheidsanalyse wordt op basis van een spreiding in de variabelen de spreiding in de uitkomst bepaald. Uitkomst van de analyse is de kans op een bepaald effect of risico. Een onzekerheidsanalyse kan een integraal onderdeel van een probabilistische risicoanalyse zijn.

Er bestaan verschillende methoden om een onzekerheidsanalyse uit te voeren. Voorbeelden daarvan zijn:

- > **Centrale limietstelling:** uitgangspunt binnen de centrale limietstelling is dat, wanneer er veel variabelen worden meegenomen in de onzekerheidsanalyse, de spreiding van de resultaten van die analyse een normaalverdeling volgt. De exacte spreiding van de verschillende variabelen is dan minder relevant. Bij deze methode wordt geen rekening gehouden met een combinatie van gewijzigde variabelen.
- > **Monte-Carlo-simulaties:** bij Monte-Carlo-simulaties worden willekeurig waarden gekozen uit een dataset. De dataset bestaat in dit geval uit de kansverdelingen van de variabelen. Op basis van die willekeurig gekozen waarden wordt de kans op een bepaald effect bepaald. Monte-Carlo-simulaties kunnen rekenkundig kostbaar zijn, omdat vaak veel iteraties nodig zijn om te komen tot de benodigde nauwkeurigheid.

### Voorbeeld onzekerheidsanalyse

Een voorbeeld van een kansverdeling uit een onzekerheidsanalyse op basis van de centrale limietstelling is gegeven in figuur 2.7. Daaruit kan worden opgemaakt wat de kans is dat de AST gelijk aan of groter is dan de RST voor verschillende populatiesamenstellingen. Die kans bedraagt bijvoorbeeld 0,71 voor een algemene doelgroep.



Figuur 2.7 Cumulatieve kansverdeling AST-RST voor een bepaalde ontvluchtingssituatie (van Liempd et al., 2022, p. 56).



Inleiding

Processchema

Conceptontwerp(en)  
beoordelen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst



### 2.5.3 Meer informatie

Beoordeling van conceptontwerpen:

- > SFPE Guide to performance based design, pagina's 18 en 19 (SFPE, 2015).
- > ISO 23932-1 – Fire Safety Engineering - Uitgangspunten - Deel 1: Algemeen, hoofdstuk 13 (ISO, 2018).

Onzekerheid:

- > prINSTA TS 950 - Fire Safety Engineering — Verification of fire safety design in buildings, hoofdstuk 10 (Standard Norge, 2013).
- > SFPE Guide to performance based design, hoofdstuk 12 (SFPE, 2015).
- > Gevoeligheidsanalyse en Onzekerheidsanalyse (Janssen et al., 1990).
- > ISO 23932-1 – Fire Safety Engineering - Uitgangspunten - Deel 1: Algemeen, paragraaf 13.3 (ISO, 2018).

Inleiding

Processchema

Conceptontwerp(en)  
beoordelen

Aandachtspunten  
bij deze processtap

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst





### 2.6 Ontwerp kiezen

In de vorige processtappen zijn een of meerdere (concept) brandveiligheidsontwerpen beoordeeld op basis van de gekozen brandveiligheidsdoelen, subdoelen en acceptatiecriteria. In deze processtap wordt een keuze gemaakt welk brandveiligheidsontwerp gerealiseerd gaat worden.

Als er meerdere (concept)ontwerpen overblijven na de beoordeling, zal er een keuze moeten worden gemaakt. De keuze kan afhangen van verschillende aspecten, zoals:

- > voorkeuren van betrokken partijen
- > het restrisico van de verschillende ontwerpen
- > gevoeligheid van de ontwerpen voor onzekerheid
- > flexibiliteit van de ontwerpen
- > duurzaamheidsaspecten
- > noodzakelijk onderhoud en beheer van voorzieningen
- > kosten van de maatregelen, niet alleen bij aanleg, maar ook gedurende de levenscyclus van het gebouw
- > gebruiksvriendelijkheid en eventuele beperkingen van de maatregelen.

De keuze kan eventueel worden ondersteund met een kosten-batenanalyse (Van Coile et al., 2023a, 2023b). Het kan daarnaast ook wenselijk zijn om het brandveiligheidsontwerp verder te optimaliseren. In dat geval kan een extra herhaling van het doelgericht brandveiligheidsproces nodig zijn.

Inleiding

Processchema

Ontwerp kiezen

Literatuurlijst

Begrippenlijst



### 2.7 Ontwerp vastleggen

Nadat een brandveiligheidsontwerp is gekozen, is het van belang dat het goed gerapporteerd wordt in een brandveiligheidsdossier. In het dossier zijn alle keuzes en de verantwoording daarvan vastgelegd. Daarnaast kunnen ook technische documenten en ontwerpen van bijvoorbeeld brandveiligheidsinstallaties en tekeningen worden opgenomen in het dossier. Het dossier beschrijft verder het benodigde onderhoud ten aanzien van de maatregelen en de randvoorwaarden die in acht moeten worden genomen voor het juist functioneren van het brandveiligheidsontwerp.

Het dossier kan meerdere doelen dienen. Zo kan het worden gebruikt bij de vergunningsaanvraag of bij de prijsvorming voorafgaand aan de realisatiefase (bijvoorbeeld bij een aanbesteding). Tijdens het bouwen en de gebruiksfase van een gebouw kan het dossier als uitgangspunt dienen. Mochten er gedurende de bouw of levensloop van een gebouw veranderingen worden doorgevoerd, dan kan met het dossier gecontroleerd worden of dat gevolgen heeft voor het brandveiligheidsontwerp. Het is daarom van belang dat het brandveiligheidsdossier zo compleet mogelijk is en nauwgezet wordt samengesteld.

Inleiding

Processchema

Ontwerp vastleggen

Literatuurlijst

Begrippenlijst

# 3. Realisatie en beheer

In de vorige processtappen is een doelgericht brandveiligheidsontwerp voor een gebouw opgesteld. Nadat een ontwerp is gekozen, gerapporteerd en geaccepteerd door alle betrokkenen, kan het worden gerealiseerd en in gebruik worden genomen.

## 3.1 Ontwerp realiseren

Tijdens de realisatiefase wordt het brandveiligheidsontwerp geïmplementeerd in het gebouw. In veel gevallen staat de ontwerpende partij vanaf dat moment verder van het project af en draagt de uitvoerende partij de verantwoordelijkheid voor de realisatie ervan. Toch kan het raadzaam zijn de ontwerpende partij betrokken te houden bij het realisatieproces. Het kan immers blijken dat wijzigingen aan het doelgerichte brandveiligheidsontwerp wenselijk of zelfs noodzakelijk zijn, of er kunnen gedurende de technische uitwerking van de brandveiligheidsmaatregelen vragen ontstaan.

Daarnaast wordt de effectiviteit van een brandveiligheidsontwerp grotendeels gevormd door de kwaliteit van de uitvoering. Het kan daarom zinvol zijn om gedurende de uitvoering verschillende controle-momenten in te plannen waarbij de kwaliteit van de gerealiseerde brandveiligheidsmaatregelen wordt beoordeeld. Die controles kunnen verschillende vormen aannemen:

- > *Testen*: het functioneel testen van brandveiligheidsmaatregelen kan bijdragen aan een voldoende hoogwaardige uitvoering, maar ook worden ingezet om te beoordelen of de maatregel doet wat hij moet doen. Voorbeelden hiervan zijn controles van zelfsluitende mechanismen op deuren of hete en koude rookproeven bij rookbeheersingsinstallaties.

- > *Inspecties*: tijdens inspecties wordt (veelal) visueel gecontroleerd of de maatregelen zijn gerealiseerd zoals ze zijn opgenomen in het brandveiligheidsontwerp. Een voorbeeld hiervan zijn inspecties van bouwkundige brandveiligheidsmaatregelen, zoals brandscheidingen.
- > *Certificering*: voor bepaalde brandveiligheidsmaatregelen is inspectiecertificering door een geaccrediteerde instantie verplicht. Tijdens certificering wordt gecontroleerd of de maatregelen invulling geven aan het doel dat ervan wordt verwacht. Bij de certificering wordt vaak een combinatie van testen en inspecties gebruikt. Vanuit de bouwregelgeving moeten alle brandveiligheidsinstallaties die zijn gerealiseerd om gelijkwaardigheid in te vullen worden gecertificeerd. In bepaalde gevallen moeten ook brandmeldinstallaties worden gecertificeerd.

Inleiding

Processchema

Ontwerp realiseren

Literatuurlijst

Begrippenlijst

## 3.2 Ontwerp beheren

Nadat het gebouw gerealiseerd is, wordt het in gebruik genomen. Gedurende het gebruik kunnen er wijzigingen plaatsvinden van de uitgangspunten en randvoorwaarden die zijn gebruikt in het doelgerichte brandveiligheidsproces. Voorbeelden hiervan zijn verbouwingen, wijzigingen in gebruik en wijzigingen van de omgeving waarin het pand gebouwd is. Die wijzigingen kunnen zorgen voor een situatie waarin het pand niet meer past bij het doelgerichte brandveiligheidsontwerp. In dat geval is het noodzakelijk om te beoordelen of een heroverweging van het brandveiligheidsontwerp noodzakelijk is. Bij die beoordeling kan het processchema uit dit document worden gebruikt.

Het beheren van een brandveilig gebouw is doorgaans niet de taak van de partij die het brandveiligheidsontwerp heeft gemaakt. Een gebouweigenaar of beheerder is daarvoor vaak verantwoordelijk, en die partij heeft doorgaans niet de kennis en kunde die noodzakelijk is om het brandveiligheidsontwerp volledig te doorgronden. Het is van belang dit gedurende het proces in het achterhoofd te houden, door een gebouw te ontwerpen dat qua gebruik en beheer goed aansluit op de verwachte gebruikers van het gebouw.

### 3.2.1 Meer informatie

Het NIPV heeft een [Leidraad brandveilig beheer van woongebouwen](#) ontwikkeld (van der Graaf et al., 2023). De leidraad is in het bijzonder bedoeld voor woongebouwen, maar de essentie kan ook worden gebruikt voor andere bouwtypen. De leidraad beschrijft:

- > de basis voor brandveilig beheer: de wettelijke kaders, verantwoordelijkheidsverdeling en impact van gedrag en van rookverspreiding
- > het opstellen van een beheersplan
- > het onderhouden van een beheersplan.

Er is ook een aantal checklists opgesteld, waarmee gebouweigenaren en -beheerders makkelijk alle controlepunten kunnen langslopen. Verder is een voorbeeld van een beheersplan opgesteld. Zie <https://nipv.nl/onderwerp/brandveilig-beheren-van-woongebouwen/>



Inleiding

Processchema

Ontwerp beheren

Meer informatie

Literatuurlijst

Begrippenlijst

# Literatuurlijst

Ansys. (z.d.). Ansys Fluent. <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent>

Baaij, S., de Witte, L., Hofman, R., Huizer, E., Molenaar, J., & Weever, R. (2023). *Handboek gebouwbrandbestrijding*.

Babrauskas, V., Lawson, J. R., Walton, W. D., & Twilley, W. H. (1982). *Upholstered Furniture Heat Release Rates Measured With A Furniture Calorimeter* (Nummer December).

Bellos, J. M., Barreveld, A., van de Nes, R., & van der Heijden, M. G. M. (2024). *Hulp bij het beoordelen van CFD-brandsimulaties*.

Besluit bouwwerken leefomgeving (2024).

Brandweeracademie. (2014). *Kwadrantenmodel voor gebouwbrandbestrijding*.

Brandweeracademie. (2020a). *Basisprincipes van brandbestrijding*.

Brandweeracademie. (2020b). *Rookverspreiding in woongebouwen. Hoofdrapport van de praktijkexperimenten in een woongebouw met inpandige gangen*. IFV.

BRANZ. (2016). SR364 [2016]: *B-RISK 2016 user guide and technical manual*.

BRE. (2010). *Fire spread in car parks BD2552*.

<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120919132719/http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/1795610.pdf>

British Standards Institution. (2003). *PD 7974-3 Structural response*.

British Standards Institution. (2004). *PD 7974-6 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6, Human factors: life safety strategies : occupant evacuation behaviour and condition*. 3, 49.

British Standards Institution. (2019a). *BS 7974:2019 Application of Fire Safety Engineering Principles to the Design of Buildings - Code of Practice*. *British Standards Institution*, 1(1), 7–68.

British Standards Institution. (2019b). *PD 7974-2 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings - Spread of smoke and toxic gases within and beyond the enclosure of origin*.

British Standards Institution. (2019c). *PD 7974-7 (2019) - Application of fire safety engineering principles to the design of buildings*.

CEN. (2021). *NEN-EN 1991-1-1\_C1\_C11\_2019 nl Eurocode 1: belastingen op constructies*. 11(november 2019).

Heskestad, G. (2002). Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment. In P. J. DiNenno, D. Drysdale, C. Beyler, & E. Al. (Red.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (Third Edit, pp. 2.1-2.17). Society of Fire Protection Engineers.

Hofmeister, C. E., Mill, S. M., & Jensen, R. (2012). *SFPE Guidelines for Substantiating a Fire Model for a Given Application*. Fire Protection Engineering Emerging Trends. <https://www.sfpe.org/publications/fpemagazine/fpeextra/etarchives2/fpeetissue54>

Hosser, D. (2013). *Guideline Fire Protection Engineering*. vfdb TB 04-01

Instituut Fysieke Veiligheid. (2017). *Basis voor brandveiligheid - De onderbouwing van brandbeveiliging in gebouwen* (2e dr.).

ISO. (2012). *NEN-ISO 16732-1 (Vol. 1)*. ISO.

ISO. (2015). *ISO 16730-1 Fire safety engineering — Procedures and requirements for verification and validation of calculation methods* (Vol. 2015).

ISO. (2017). *ISO/TR 16576 of fire safety objectives , functional* (Vol. 2017).

ISO. (2018). *NEN-ISO 23932-1*. ISO.

ISO. (2019). *ISO 24679-1 Fire safety engineering — Performance of structures in fire — 2019*.

ISO. (2021). *ISO/TS 16733-2 Fire safety engineering — Selection of design fire scenarios and design fires, Part 2: design fires*.

ISO. (2022a). *ISO / TS 13447 Fire safety engineering - Guidance for use of fire zone models*. 13447(april 2013).

ISO. (2022b). *ISO 19706 - Guidelines for assessing the fire threat to people*. 19706(september 2011).

Janssen, P. H. M., Slob, W., & Rotmans, J. (1990). *Gevoeligheidsanalyse en onzekerheidsanalyse: een inventarisatie van ideeën, methoden en technieken* (p. 125).

Joyeux, D., Kruppa, J., Cajot, L. G., Schleich, J. B., Leur, P. van de, & Twilt, L. (2002). *Demonstration of real fire tests in car parks and high buildings*. In *Report of the Commission of the European Communities - EUR, Technical steel research - steel structures*.

Kim, H. J., & Lilley, D. G. (2002). Heat release rates of burning items in fires. *Journal of Propulsion and Power*, 18(4), 866–870. <https://doi.org/10.2514/2.6011>

Klote, J. H., & Milke, J. A. (2002). *Principles of Smoke Management*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.

Kuligowski, E. D. (2009). The Process of Human Behavior in Fires. *National Institute of Standard and Technology*, 1632, 15.

Kuligowski, E. D. (2016). Human behavior in fire. In M. J. Hurley (Red.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (5de dr., pp. 2070–2115). Springer.

McCaffrey, B., Quintiere, J. G., & Harkleroad, M. (1981). Estimating room fire temperatures and the likelihood of flashover using fire test data correlations. *Fire Technology*, 17, 98–119.

McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., & Overhold, K. (2021). Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User 's Guide (FDS). *NIST Special Publication 1019, Sixth Edit*, 402.

McGrattan, K., & Miles, S. (2016). Modeling Fires Using Computational Fluid Dynamics (CFD). In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition* (pp. 1034–1065).

Merci, B., & Beji, T. (2016). *Fluid Mechanics Aspects of Fire and Smoke Dynamics in Enclosures*. CRC Press/Balkema.

Mohan, A. T., Van Coile, R., Hopkin, D., Jomaas, G., & Caspeele, R. (2021). Risk Tolerability Limits for Fire Engineering Design: Methodology and Reference Case Study. *Fire Technology*, 57(5), 2235–2267. <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01118-w>

NEN. (2011). NEN 6055: *Thermische belasting op basis van het natuurlijk brandconcept - Bepalingsmethode*.

NEN. (2015). *NEN 6060:2015 - brandveiligheid van grote brandcompartimenten*.

NEN. (2019). *NEN-EN 1991-1-2+C3:2019/NB:2019nl*.

NIST. (z.d.). *Fire Calorimetry Database*. Geraadpleegd 20 oktober 2023, van <https://www.nist.gov/el/fcd>

NIST. (2021). *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 7) Volume 2: Users Guide / NIST Technical Note 1889v2*.

NRC CNRC. (2005). *International Fire Engineering Guidelines*.

Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2012). *Brand bij Chemie-Pack te Moerdijk*.

PGS-programmaraad. (2017). *Handreiking Generieke Risicobenadering. Nieuwe Stijl*.

Särdqvist, S. (1993). *Initial fires, RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests*.

SFPE. (2015). *SFPE Guide to Performance-Based Fire Safety Design*.

SFPE. (2016). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (M. J. Hurley, D. Gottuk, J. R. Hall, K. Harada, E. Kuligowski, M. Puchovsky, J. Torero, J. M. Watts, & C. Wieczorek, Red.; 5th dr., Vol. 1, Nummer 5). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0>

SFPE. (2019a). *SFPE Guide to Human Behavior in Fire*.

SFPE. (2019b). *SFPE Guide to Human Behavior in Fire*.

SFPE. (2021). *International Handbook of Structural Fire Engineering* (K. LaMalva & D. Hopkin, Red.). Springer.

SFPE. (2023). *SFPE Guide to Fire Risk Assessment* (2nd edition). SFPE.

Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*.

Standard Norge. (2013). *prINSTA TS 950 - Fire Saety Engineering - verification of fire safety design in buildings*. Standard Norge.

Tromp, A. J., & van Mierlo, R. J. M. (2013). *Fire safety engineering : handboek voor de bouw*. Eburon.

Van Coile, R., Hopkin, D., Lange, D., Jomaas, G., & Bisby, L. (2019). The Need for Hierarchies of Acceptance Criteria for Probabilistic Risk Assessments in Fire Engineering. *Fire Technology*, 55(4), 1111–1146. <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0746-7>

Inleiding

Processchema

Literatuurlijst

Begrippenlijst

Van Coile, R., Lucherini, A., Chaudhary, R. K., Ni, S., Unobe, D., & Gernay, T. (2023a). Cost-benefit analysis in fire safety engineering: State-of-the-art and reference methodology. *Safety Science*, 168(September), 106326. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106326>

Van Coile, R., Lucherini, A., Chaudhary, R. K., Ni, S., Unobe, I. D., & Gernay, T. (2023b). Economic Impact of Fire: Cost and Impact of Fire Protection in Buildings. *National Fire Protection Association*, February, 1–125.

Van der Graaf, J., Leene, M., & Ebus, J. (2023). *Leidraad brandveilig beheer van woongebouwen*.

Van het Veld, F., Ham, K., Jap a Joe, K., & Steijger, N. (2005). *risico en risicoanalyse*. TNO.

Van Liempd, R., de Witte, L., Karemaker, M., van Herpen, R., & Jansen, V. (2022). *Rookverspreiding en persoonlijke veiligheid*. NIPV.

Van Liempd, R., & Van Rede, P. (2024). *Introductie doelgerichte brandveiligheid*.

Van Mil, B. P. A., Dijkzeul, A. E., & van der Pennen, R. M. A. (2006). *Zicht op risico's. Handboek Risicoanalysemethodieken*. Minsiterie van Economische Zaken.

Van Rede, P., Graaf, J. van der, Herpen, R. van, & De Witte, L. (2024). *Herijking enkele vluchtroute woongebouwen*.

Versteeg, H., & Malalasekera, W. (2007). *Introduction to Computational Fluid Dynamics, An The Finite Volume Method* (2de dr.).

Walton, W. D., Carpenter, D. J., & Wood, C. B. (2016). Zone Computer Fire Models for Enclosures. In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Third Edition*. (pp. 1024–1033).

Yamada, T and Akizuki, Y. (2016). Visibility and human behavior in fire smoke. In M. Hurley (ed.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, DOI 10.1007/978-1-4939-2565-0\_61, # Society of Fire Protection Engineers 2016.

Inleiding

Processchema

Literatuurlijst

Begrippenlijst



# Begrippenlijst

Begrip	Betekenis
Absolute risicoanalyse	Risicoanalyse waarbij een ontwerp wordt vergeleken met acceptatiecriteria.
Acceptatiecriterium	Een acceptatiecriterium is een nadere (meetbare) concretisering van een subdoel en dient als een grenswaarde bij de evaluatie van het brandveiligheidsontwerp. Wanneer aan alle acceptatiecriteria wordt voldaan, dan wordt daarmee ook automatisch voldaan aan de subdoelen en brandveiligheidsdoelen. [Andere vergelijkbare termen: prestatiecriteria, grenswaarden, risicodrempel]
AS(E)T	Available Safe (Egress) Time: beschikbare veilige (vlucht)tijd.
Brandmodellen	Modellen waarmee de effecten van een brand kunnen worden gemodelleerd.
Brandscenario	Een beschrijving van het verwachte brandgedrag en -verloop in een ontwerpscenario.
Brandveiligheidsdoelen	Brandveiligheidsdoelen beschrijven op hoofdlijnen wat er wordt nagestreefd met de brandveiligheidsoplossing. De brandveiligheidsdoelen zijn zo eenvoudig geformuleerd, dat ze goed worden begrepen door leken. [Andere vergelijkbare termen: doelen]
Brandvermogen	De hoeveelheid energie die per tijdseenheid vrijkomt bij verbranding. [Andere termen: heat release rate, HRR, RHR]
CFD-brandmodel	CFD is de afkorting van Computational Fluid Dynamics. Een CFD-brandmodel is een computermodel waarmee de gevolgen van een brand in een gebouw kunnen worden gesimuleerd. Het gebruikt daarvoor de behoudswetten voor energie, massa en impuls. Het model simuleert stroming van lucht en rook. In een CFD-brandmodel wordt een ruimte opgedeeld in veel rekencellen.
Deterministische risicoanalyse	Bij een deterministische risicoanalyse worden de effecten van de geselecteerde ontwerpscenario's gekwantificeerd. De kans op de geselecteerde ontwerpscenario's wordt niet kwantitatief bepaald, maar wordt vaak (kwalitatief) gebruikt bij de selectie van de ontwerpscenario's.

Begrip	Betekenis
Doelgerichte brandveiligheid	In de doelgerichte aanpak van brandveiligheid wordt brandveiligheidskunde gebruikt om op een systematische en navolgbare wijze een brandveiligheidsoplossing te vinden die aan een of meerdere vooraf bepaalde brandveiligheidsdoelen voldoet. Hier vormen conceptueel en risico-denken de verbinding tussen wetenschap en praktijk. Om tot een brandveiligheidsoplossing te komen, worden brandveiligheidsdoelen bepaald, wordt een methode voor de bepaling van de mate van brandveiligheid gekozen en worden scenario's en risico's geanalyseerd.
Effect	Het gevolg van een gebeurtenis of scenario, bijvoorbeeld schade of letsel door brand. [Andere vergelijkbare termen: consequentie]
Gereedschappen voor beoordeling	Kwalitatieve of kwantitatieve gereedschappen die kunnen worden gebruikt om het effect van een scenario te bepalen. [Engels: FSE-tools].
Gevoeligheidsanalyse	Analyse waarbij de invloed van wijzigingen van variabelen of uitgangspunten op de uitkomsten van een model of analyse wordt beoordeeld. Een gevoeligheidsanalyse geeft geen beeld van de onzekerheid in een model of risicoanalyse. Ze geeft wel inzicht in de variabelen of uitgangspunten die van (grote) invloed zijn op de uitkomsten en waar de onzekerheid van beperkt zou kunnen worden.
Handberekeningen	Eenvoudige berekeningen die met een calculator of spreadsheet kunnen worden opgelost.
Kans	Geeft aan hoe waarschijnlijk het is dat een bepaald(e) gebeurtenis of scenario zich voordoet. Voorbeeld: het sluiten van een deur in het geval van brand of de kans op ontsteking van een brand per jaar. [Andere vergelijkbare termen: frequentie]
Kwalitatieve risicoanalyse	Risicoanalyse waarbij de beoordeling van de risico's wordt uitgevoerd op basis van een beschrijvende inschatting van de kansen en effecten van scenario's.
Kwantitatieve risicoanalyse	Risicoanalyse waarbij de kansen en/of effecten getalsmatig worden bepaald.

Begrip	Betekenis
Kenmerkschema voor brandveiligheid	In het kenmerkschema worden de onderlinge verbanden tussen brand-, mens-, gebouw-, omgeving- en interventiekenmerken gegeven. Het samenspel daarvan bepaalt de mate van brandveiligheid van een object / gebouw.
Ontruimingsmodellen	Model waarmee de ontruiming van een gebouw gemodelleerd kan worden.
Ontruimingssimulaties	Computermodel waarmee de ontruiming van een gebouw kan worden gesimuleerd. Daarbij wordt in meer of mindere mate rekening gehouden met het menselijk gedrag.
Ontwerpscenario	Een scenario dat wat betreft kans en/of effect maatgevend is voor het totale brandveiligheidsrisico van een ontwerp. Wordt gebruikt bij de uiteindelijke beoordeling van het ontwerp.
Onzekerheid	De mate van mogelijke afwijking van een observatie of berekende waarde van de realiteit.
Onzekerheidsanalyse	Analyse van de onzekerheid in een model of risicoanalyse en de invloed daarvan op de uitkomsten.
Private doelen	Brandveiligheidsdoelen die niet door regelgeving worden opgelegd, maar worden gekozen door de betrokken partijen in het doelgerichte brandveiligheidsproces.
Probabilistische risicoanalyse	Risicoanalyse waarbij de beoordeling van de risico's wordt uitgevoerd op basis van een getalsmatige bepaling van zowel kansen als effecten van scenario's.
Publieke doelen	Brandveiligheidsdoelen die door regelgeving worden opgelegd.
Regelgerichte brandveiligheid	Bij regelgerichte brandveiligheid staat het volgen van een (generieke) set aan regels en eisen centraal.
Repressief scenario	Een beschrijving van het verwachte brandweeroptreden in een ontwerpscenario.
Restrisico	Het risico dat ondanks de getroffen brandveiligheidsvoorzieningen en/of -maatregelen overblijft en geaccepteerd wordt.

Begrip	Betekenis
Risico	Het risico wordt gevormd door de vermenigvuldiging van het effect van een scenario en de kans op dat effect (risico = kans x effect). Meer betrokken op brandveiligheid is het risico de vermenigvuldiging van het effect van de brand, zoals schade of het aantal slachtoffers met de kans daarop.  In deze handreiking wordt overal de term risico gebruikt, ook wanneer er sprake is van een deterministische analyse. Bij een deterministische risicoanalyse wordt alleen het effect getalsmatig bepaald. De kans wordt vaak impliciet meegenomen, bijvoorbeeld bij de selectie van scenario's. Hoewel de kans niet expliciet wordt meegenomen in de berekening en er dus niet getoetst wordt op het 'risico', wordt in deze handreiking overal de term risico gebruikt, ook wanneer er sprake is van een deterministische analyse en er feitelijk gesproken zou moeten worden van het 'berekende effect'. Hier is voor gekozen, omdat anders telkens 'risico / effect' zou moeten worden geschreven.
Risicoanalyse	Het op een systematische wijze identificeren, selecteren en beoordelen van risico's.
RS(ET)	Required Safe (Egress) Time: benodigde veilige (vlucht) tijd.
Scenario	Opeenvolgende gebeurtenissen die leiden tot een bepaald effect. Gebeurtenissen kunnen technisch van aard zijn, maar kunnen bijvoorbeeld ook menselijk gedrag beschrijven.
Stochastische variabele	Variabele die door onzekerheid een bepaalde mate van spreiding kent. (Andere vergelijkbare termen: stochast, toevalsvariabele)
Subdoelen	Een subdoel is een concretisering van een brandveiligheidsdoel. Een subdoel geeft een beschrijving van de wijze waarop het brandveiligheidsdoel behaald wordt (voor het voorkomen van slachtoffers en gewonden bijvoorbeeld het beschikbaar houden van vluchtwegen). Subdoelen zijn kwalitatief, en geven aanvullend op de doelen al een oplossingsrichting mee.

Begrip	Betekenis
Toegepaste brandveiligheidskunde	<p>Bij het toepassen van brandveiligheidskunde gaat het om het op een systematische en navolgbare wijze gebruiken en analyseren van kennis over (de interactie tussen) brand, gedrag, interventie, gebouwen, omgeving en brandveiligheidsmaatregelen. Volgens de International Standard for Organisation (ISO) is de definitie van toegepaste brandveiligheidskunde (ISO, 2018): “Het maken of beoordelen van een ontwerp voor de bebouwde omgeving door het toepassen van op wetenschappelijke principes gebaseerde ontwerpmethoden waarbij brandscenario's geanalyseerd worden of het risico van meerdere brandscenario's gekwantificeerd wordt.”</p> <p>Toegepaste brandveiligheidskunde wordt veelal gebruikt voor het realiseren van brandveiligheid in de gebouwde omgeving, maar kan ook elders toegepast worden, zoals bijvoorbeeld in het transport of de natuurlijke omgeving. De kennis die gebruikt wordt binnen de toegepaste brandveiligheidskunde heeft normaliter een wetenschappelijke basis, bijvoorbeeld uit onderzoeken of experimenten. Wanneer er onvoldoende wetenschappelijke basis is, kan het nodig zijn om met een expertbeoordeling te werken. [Engels: 'fire safety engineering']</p>
Validatie	Met de validatie van een model wordt de mate bedoeld waarin het model een fenomeen juist voorspelt. Vergelijkingen tussen experimenten en rekenresultaten van het model liggen vaak ten grondslag aan de validatie van modellen (ISO, 2015).
Variabele	Een parameter die wordt gebruikt als invoer in de risicoanalyse. De variabele kan per project of analyse een andere waarde aannemen. Een voorbeeld is het brandvermogen van een brand.
Veiligheidsfactor	Veiligheidsmarge bedoeld om rekening te houden met de mate van onzekerheid.
Verbrandingswarmte	De hoeveelheid energie die vrijkomt bij verbranding van een bepaalde hoeveelheid brandstof. [Engels: heat of combustion]
Vergelijkende risicoanalyse	Risicoanalyse waarbij een ontwerp wordt vergeleken met een referentie. Kan bijvoorbeeld worden toegepast in het kader van gelijkwaardigheid.
Vluchtscenario	Een beschrijving van het verwachte menselijke gedrag in een ontwerpscenario.

Begrip	Betekenis
What-if analyse	Analyse waarin afwijkende scenario's of variabelen worden beoordeeld, om zo de gevolgen van onzekerheid op de uitkomsten van de risicoanalyse in beeld te brengen.
Yield	De massa 'deeltjes' die vrijkomt bij verbranding van een bepaalde massa brandstof. Voorbeelden zijn de roet-yield en de CO-yield. [andere term: fractie]
Zone-model	Computermodel waarmee de gevolgen van een brand in een gebouw kunnen worden gemodelleerd. Het model gebruikt daartoe de behoudswetten voor energie en massa en andere submodellen zoals pluimmodellen. In een zone-model wordt per ruimte gerekend met 1 of 2 zones.

Inleiding

Processchema

Literatuurlijst

Begrippenlijst