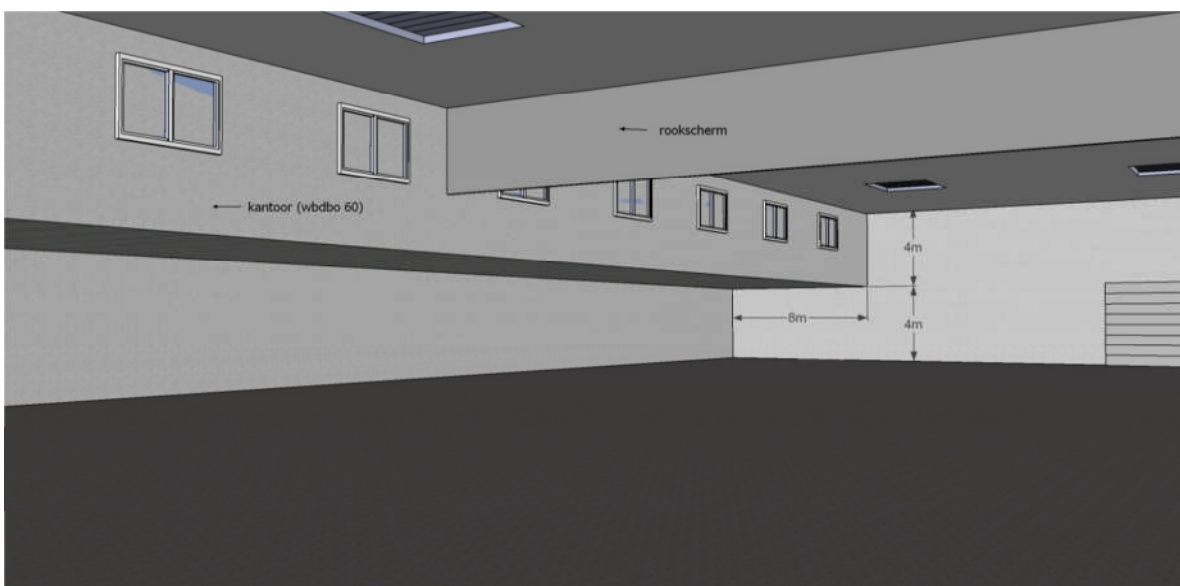
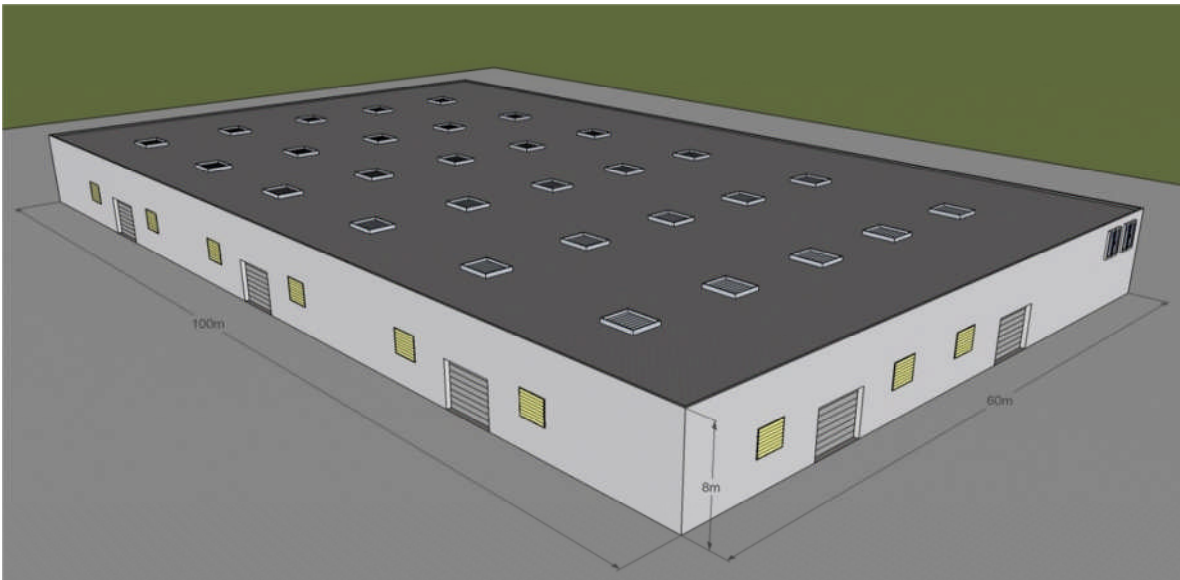


FSE-case groot brandcompartiment met RWA-voorziening

1. Randvoorwaarden en gebruik

De case betreft een fictieve industriehal waarin kartonnen verpakkingsmaterialen gefabriceerd worden. De hal wordt aangemerkt als industriefunctie met bezettingsgraadklasse B5. De gebruiksoppervlakte van de hal is 6.000 m². De industriehal is grotendeels 8 meter hoog. Boven een deel van de hal bevindt zich een kantoor (kantoorfunctie) van 800 m². In dit gedeelte van de hal is de vrije hoogte 4 meter. Het kantoor blijft in deze case verder buiten beschouwing.

Afbeeldingen 1 en 2: impressie industriehal



De industriehal bestaat uit één brandcompartiment. Het boven de industriehal gelegen kantoorgedeelte ligt in een ander brandcompartiment.

De dakconstructie van de industriehal bestaat uit plaatstaal met daarop een onbrandbare thermische isolatie (minerale wol) en bitumineuze dakbedekking. De gevels van de industriehal bestaan uit standaard stalen gevelbeplating eveneens voorzien van onbrandbare thermische isolatie.

In de bouwkundige scheidingen is een natuurlijke rook- en warmteafvoerinstallatie (RWA) opgenomen, met afvoeropeningen in het dakvlak en toevoeropeningen in de gevels die worden open gestuurd door een automatische brandmeldinstallatie. Om een goede werking van de RWA te kunnen garanderen en aan te sluiten bij de voorwaarden die in NEN 6093¹ worden gesteld aan RWA-installaties, is de hal in twee gelijke rooksegmenten verdeeld.

2. Doel FSE aanpak

Het doel van de FSE aanpak in dit project kan als volgt worden samengevat: het voldoen in een minimaal aan het Bouwbesluit gelijkwaardig veiligheidsniveau, ten aanzien van de beheersbaarheid van brand.

2.1 Bouwbesluit

Volgens het Bouwbesluit² mag een brandcompartiment in een nieuw te bouwen industriefunctie niet groter zijn dan 2.500 m². Deze grenswaarde wordt in het Bouwbesluit gehanteerd om voldoende brandbeheersing te kunnen garanderen. Daarbij wordt uitgegaan van een volledig ontwikkelde brand. Dit is de stationaire (eind)situatie; de brand heeft zich dan uitgebreid tot het gehele compartiment.

Het Bouwbesluit geeft de mogelijkheid van eisen af te wijken, mits sprake is van een zelfde mate van veiligheid als met het Bouwbesluit is beoogd.

Omdat in het Bouwbesluit geen risicogrenswaarden gegeven zijn, in termen van maximale aantallen slachtoffers of maximale schadebedragen, is het alleen mogelijk te beoordelen of een groot brandcompartiment ten aanzien van het branduitbreidingsgebied voldoende veilig is, door deze te vergelijken met een referentiesituatie die rechtstreeks voldoet aan het Bouwbesluit.

¹ NEN 6093:1995. Beoordelingsmethode van rook- en warmteafvoerinstallaties

² In deze case is uitgegaan van de eisen van Bouwbesluit 2012.

2.2 Een andere kijk op brandbeheersing

De beheersbaarheid van een brand wordt door veel grootheden bepaald. De vuurlast, die als maatgevende grootheid wordt toegepast in de veel voor grote brandcompartimenten toegepaste Methode Beheersbaarheid van Brand³, is slechts beperkt van invloed. De ontwikkeling van het brandvermogen in de tijd met de daaruit volgende consequenties voor de brandruimte zijn veel meer bepalend voor brandbeheersing. Deze ontwikkeling wordt bepaald door zowel brandstofkenmerken als bouwkundige kenmerken van het compartiment. De ontwikkeling van een brand als gevolg van bovengenoemde kenmerken, wordt beschreven in het 'natuurlijk brandconcept' (NEN 6055:2011). In dit natuurlijk brandconcept zijn twee opeenvolgende incidenten van belang als het gaat om het risico van een compartimentsbrand:

- Het ontstaan van brand in het compartiment (lokale brand); en
- Het optreden van een flashover in het compartiment.

Naarmate het tijdsinterval tussen het ontstaan van brand en het optreden van flash-over groter is, neemt de kans op succesvol ingrijpen in het brandscenario toe. Succesvol ingrijpen houdt in dat de ontwikkeling tot een compartimentsbrand wordt voorkomen en de lokale brand wordt geblust of ten minste beheerst. Een offensieve brandweerinzet kan daarin voorzien.

Brandweerinzet wordt in de bouwregelgeving niet expliciet benoemd, maar de wet op de veiligheidsregio's geeft aan dat brandweertaken het voorkomen, beperken en bestrijden van brand omvatten. Er mag dus van de brandweer een inzet naar beste vermogen worden verwacht. Uiteraard moet het risico van brandweerinzet (veiligheid hulpverleners) opwegen tegen het verwachte resultaat (veiligheid van gebouwgebruikers en aanwezigen in de omgeving).

Er kan alleen van een offensieve brandweerinzet worden uitgegaan indien de condities dit toestaan. Deze condities worden bepaald door het brandvermogensscenario in combinatie met de ruimte-eigenschappen (afmetingen, openingen, materialisering, e.d.). In deze betreffende case wordt een rook- en warmteafvoerinstallatie (RWA) ingezet om de condities in de brandruimte gunstig te beïnvloeden. Hierdoor ontstaat in de pre flash-over fase een gestratificeerde situatie, waarbij de temperatuurontwikkeling van de hete zone afwijkt van de standaard brandkromme of andere genormeerde temperatuur-tijd krommen.

De genormeerde temperatuur-tijd krommen hebben geen relatie met de werkelijke temperatuurontwikkeling in een brandcompartiment ten gevolge van een brand. Immers, de temperatuurontwikkeling wordt

³ Methode Beheersbaarheid van Brand, 2007. Ministerie van BZK

bepaald door het brandvermogensscenario en de ruimte-eigenschappen. Met het hierop gebaseerde natuurlijk brandconcept wordt dus een meer realistische uitkomst verkregen (zie NEN 6055:2011).

Door van de verschillende brandscenario's vast te stellen of de condities brandweerinzet mogelijk maken en de waarschijnlijkheden van de scenario's te koppelen aan het branduitbreidingsgebied, kan een risico-oppervlakte voor branduitbreiding gedefinieerd worden.

3. Vertaling doelen in grenswaarden

3.1 Risico-oppervlakte voor branduitbreiding

De risicobenadering omvat het afwegen van scenario's die tot een compartimentsbrand en daarmee voor deze case mogelijk tot een onbeheersbare brand leiden. De waarschijnlijkheid van die scenario's wordt daarin meegewogen. Deze wordt bepaald door de gebruiksoppervlakte waarover het brandscenario kan optreden te relateren aan de totale gebruiksoppervlakte van het compartiment. Voor elk brandscenario wordt bepaald of een offensieve brandweerinzet mogelijk is, afhankelijk van de condities in het brandcompartiment en de benodigde primaire waterbehoefte voor blussing. Bij een succesvolle offensieve inzet blijft de branduitbreiding beperkt tot een lokaal gebied, bij een falende offensieve inzet moet van flash-over worden uitgegaan. De brand breidt zich dan uit tot het gehele brandcompartiment. Zo kan voor elk brandscenario de risico-oppervlakte worden bepaald.

De totale risico-oppervlakte volgt uit de sommatie van de risico-oppervlakten van alle mogelijke brandscenario's. Deze totale risico-oppervlakte wordt vergeleken met de grenswaarde voor het maximale branduitbreidingsgebied conform het Bouwbesluit (referentiesituatie = 2.500 m²), zodat beoordeeld kan worden of sprake is van een zelfde mate van veiligheid met betrekking tot branduitbreiding.

De kans op het ontstaan van brand blijft in deze beoordeling buiten beschouwing. Daarmee sluit de methode goed aan bij het Bouwbesluit waarin de ontstaanskans van brand evenmin wordt beschouwd (feitelijk gelijk gesteld wordt aan een referentiekans van 1).

3.2 Grenswaarden veilige brandweerinzet

Voor de casus is uitgegaan van brandweerinzet 20 minuten na ontstaan van de brand. Op het moment van inzet wordt per scenario beoordeeld of sprake is van voldoende veilige condities om van een brandweerinzet uit te kunnen gaan. Daarbij wordt van de volgende grenswaarden uitgegaan:

- Gestratificeerde situatie met rookvrije hoogte van minimaal 3,5 meter: één meter boven onderzijde rookscherm om te garanderen dat aanvoer lucht via het andere rooksegment de rooklaag niet verstoort;

- Temperatuur rooklaag hoge deel hal < 300 °C. Bij deze temperatuur zal er in het hoge deel van de hal geen flash-over door convectie optreden door opslag die in de rooklaag staat. Tevens is de straling van een rooklaag met een temperatuur < 300 °C en een rookvrije hoogte van 3,5 meter, aan de zijkanten van de hal voldoende laag zodat inzet van brandweer met beschermende kleding mogelijk is;
- Voldoende bluswater aanwezig om de brand te blussen. De hoeveelheid bluswater die nodig is om een brand met een bepaald vermogen te blussen kan volgens het Model Beheersbaarheid van Brand⁴ worden berekend met de formule $Q = 450 * F * X * R$, met Q = waterbehoefte in liter/minuut, F = efficiëntiefactor en R = afbrandsnelheid in kg/s . Ervan uitgaande dat de verbranding van 1 kg vurenhoutequivalent een energie van 19 MJ oplevert, volgt hieruit voor een lage druk inzet (efficiëntiefactor F=1) de waterbehoefte per MW brandvermogen met de formule $Q = 23,7 * RHR$, met Q = waterbehoefte in liter/minuut en RHR = brandvermogen (rate of heat release) in MW

Bovenstaande uitgangspunten voor het toetskader dienen met de brandweer af te worden gestemd.

4. Risico-inventarisatie

In deze case wordt een risicobenadering toegepast. De risicobenadering omvat het afwegen van scenario's die tot een compartimentsbrand en daarmee voor deze case mogelijk tot een onbeheersbare brand leiden. Zo'n brand ontstaat in deze case wanneer de condities in het compartiment of de bluswatervoorziening een offensieve brandweerinzet niet mogelijk maken.

Ook als de totale risico-oppervlakte kleiner is dan de grenswaarde die het Bouwbesluit geeft voor de omvang van een brandcompartiment kunnen er scenario's voorkomen waarbij een – in de zin van het Bouwbesluit – onbeheersbare brand ontstaat. Of dit acceptabel is hangt af van de vraag of een brand nog tot op zekere hoogte beheersbaar gehouden kan worden als deze zich heeft uitgebreid tot het gehele brandcompartiment. Wanneer een offensieve brandweerinzet niet mogelijk is dient te worden overgeschakeld naar een defensieve brandweerinzet. Zo nodig dient de brandweerinzet opgeschaald te worden en/of dienen andere bluswatervoorzieningen te worden ingezet. In hoeverre dit mogelijk is dient met de brandweer te worden afgestemd. Tevens dient beoordeeld te worden of een brand die zich tot het gehele brandcompartiment uitbreid, leidt tot onacceptabele risico's voor de omgeving. Zo nodig kunnen hiervoor extra voorzieningen worden getroffen .

⁴ Conform bijlage B.1 van het Model Beheersbaarheid van Brand, 1995. Ministerie BZK

In deze case wordt de kans op het ontstaan van brand net als in het Bouwbesluit op 1 gesteld en wordt er net als in het Bouwbesluit uitgegaan van maximaal één brand tegelijkertijd.

In deze case is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van brandgevaarlijke stoffen in het gebouw. Wanneer het wenselijk is gevaarlijke stoffen in het gebouw te herbergen dienen deze ofwel in een apart brandcompartiment ondergebracht te worden ofwel dient er een extra brandscenario te worden meegenomen.

5. Ontwerp brandbeveiligingsconcept

5.1 Bouwkundige voorzieningen

Indien de risico-oppervlakte van het brandcompartiment kleiner is dan de grenswaarde die het Bouwbesluit stelt aan de omvang van brandcompartimenten, dan kan ten aanzien van WBDBO-eisen naar andere brandcompartimenten in het gebouw en naar andere brandcompartimenten op naburige percelen, worden aangesloten bij de eisen die het Bouwbesluit hieraan stelt.

In de scenariobeoordeling wordt geen rekening gehouden met brandvoortplanting via wanden, vloeren en plafonds. Dit betekent dat van brandklasse 1 conform NEN 6065 ofwel eurobrandklasse B conform NEN-EN 13501-1 dient te worden uitgegaan.

Omdat van een offensieve brandweerinzet wordt uitgegaan dient uitgassen van isolatiematerialen te worden voorkomen. Dit betekent dat onbrandbare isolatiematerialen toegepast dienen te worden.

Om een goede werking van de rook- en warmteafvoerinstallatie te kunnen waarborgen dient de hal in twee rooksegmenten te worden ingedeeld. Tussen de rooksegmenten dient vanaf 2,5 meter boven de vloer, een rookwerende scheidingsconstructie aanwezig te zijn. Dit mag eventueel een bij brand neer te laten rookscherm zijn.

5.2 Installatietechnische voorzieningen

In het gebouw dient een rook- en warmteafvoerinstallatie te worden aangebracht. In de berekeningen wordt uitgegaan van in totaal 114 m² aan aanvoeropeningen in de gevels en eveneens 114 m² aan afvoeropeningen in het dak. Deze openingen dienen gelijkmatig over de twee rooksegmenten verdeeld te worden. Doordat de hal in twee rooksegmenten is ingedeeld zullen de afvoeropeningen in het dak van het naastgelegen rooksegment ook als toevoer gaan functioneren.

Alle RWA-openingen (ook in het naastgelegen rooksegment) dienen bij brand te worden open gestuurd door een automatische brandmeldinstallatie met volledige bewaking. Om van een snelle brandweerinzet

(na 20 minuten) uit te kunnen gaan dient de brandmeldinstallatie van een doormelding te worden voorzien.

In deze case wordt van een offensieve brandweerinzet uitgegaan. Dit betekent dat er voldoende bluswatervoorzieningen aanwezig dienen te zijn om de brand te kunnen blussen. Voor deze case is uitgegaan van een primaire inzet met lage druk. Hiertoe dient er een droge blusleiding rond het gebouw aanwezig te zijn met het vulpunt ter plaatse van de opstelplaats voor het brandweervoertuig en aansluitpunten ter plaatse van een aantal toegangen van de hoge hal. Tevens dient een primaire bluswatervoorziening van 60 m³ met een capaciteit van 1200 l/min. aanwezig te zijn (zo mogelijk kan van de openbare brandkranen gebruik worden gemaakt). Tevens dienen secundaire en tertiaire bluswatervoorzieningen binnen bereik te zijn ten behoeve van eventuele opschaling van de inzet. Met de brandweer dient overleg plaats te vinden over de inzetstrategie.

Voor de eisen ten aanzien van overige brandbeveiligingsinstallaties dient bij het Bouwbesluit te worden aangesloten.

5.3 Organisatorische voorzieningen

Er is binnen de case sprake van een gebruiksbepierking voor het gebouw. De gebruikers van het gebouw zijn er voor verantwoordelijk dat het gebruik van het gebouw overeen komt met de uitgangspunten in deze case.

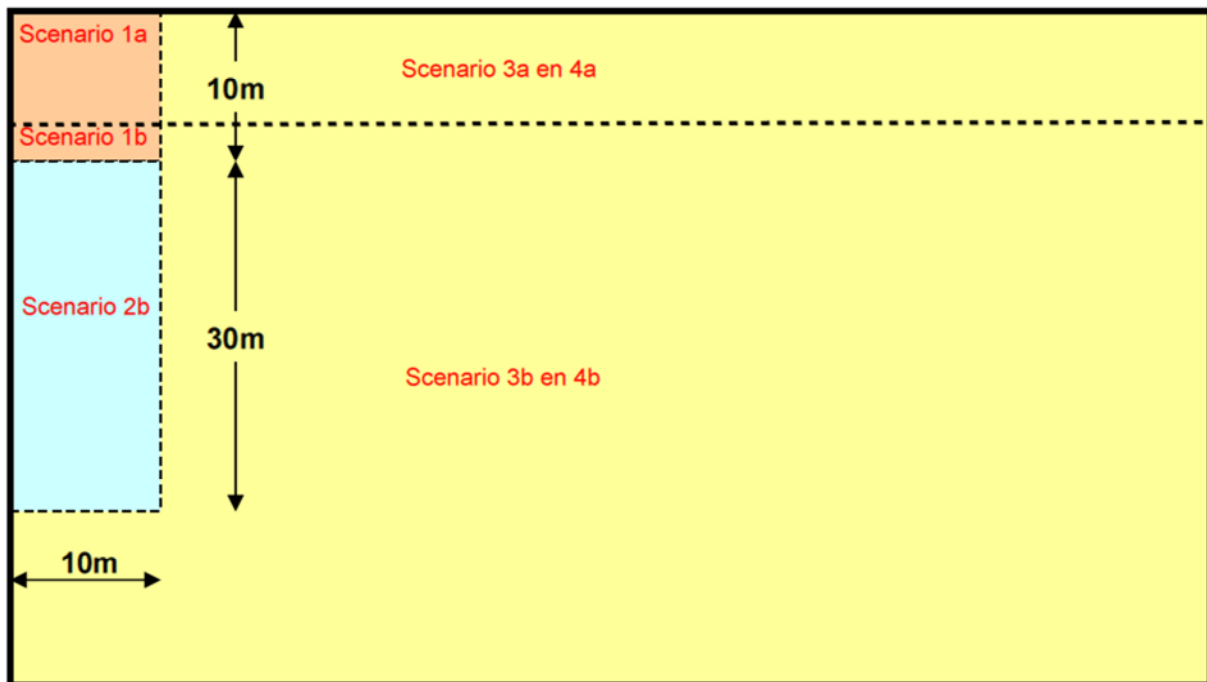
In de bedrijfshal zullen een beperkt aantal personen aanwezig zijn. Bij een brand zal de ontruimingsalarminstallatie aangeven dat gevlucht dient te worden. In het gebouw zal conform de wettelijke bepalingen een Bedrijfshulpverleningsorganisatie aanwezig zijn die de ontruiming aan kan begeleiden. Er worden binnen deze case bij deze organisatie geen extra taken neergelegd.

Er wordt binnen deze case een specifieke taak neergelegd bij de externe hulporganisaties ofwel de brandweer. Er wordt uitgegaan van een offensieve brandweerinzet waar de condities dit toelaten en er voldoende water beschikbaar is. Uitgangspunt is een primaire brandweerinzet van 1 TAS. Hierover dient overeenstemming te zijn met de brandweer.

6. Ontwerp brandscenario's

In de industriehal vindt zowel productie als opslag van grondstoffen en gereed product plaats. Op basis van de kenmerken van deze verschillende activiteiten zijn vier verschillende brandscenario's bepaald. Brand kan zowel in het lage deel van de hal als in het hoge deel van de hal ontstaan. Er is dan ook een subverdeling in de scenario's gemaakt op basis van de plaats van ontstaan van de brand. Zie voor de verdeling van de scenario's afbeelding 3.

Afbeelding 3: verdeling scenario's over hal



In tabel 1 zijn de brandscenario's met hun kenmerken opgesomd.

Tabel 1: omschrijving brandscenario's

Scenario	Omschrijving vuurlast	Referentievermogensdichtheid K_{ref} (kW/m ²)	Branduitbreidingsnelheid T_c (s)	Oppervlakte lage deel hal (m ²)	Oppervlakte hoge deel hal (m ²)
1	Opslag grondstoffen	100 (laag)	600 (traag)	80	20
2	Opslag gereed product	500/m ¹ (hoog/zeer hoog)	150 (snel)		300
3	Productie type I	250 (normaal)	300 (matig)	110	2.200
4	Productie type II	250 (normaal)	150 (snel)	610	2.680

De referentie brandvermogensdichtheid (K_{ref}) geeft aan welk vermogen vrijkomt bij verbranding van 1 m² van de vuurlast. De tijdconstante (T_c) geeft de snelheid van branduitbreiding aan (tijdsduur tot ontwikke-

ling van 1 MW brandvermogen). De randcondities met betrekking tot de brandstof zijn gebaseerd op de nationale bijlage bij Eurocode 1 (NEN-EN-1991-1-2+NB:2007).

Voor scenario 2, opslag gereed product, die alleen voorkomt in het hoge deel van de hal, is een factor toegepast op de referentievermogensdichtheid (K_{ref}) vanwege de stapeling. Tevens is hierbij rekening gehouden met verkeersruimte tussen de opslagrekken. Er is uitgegaan van een 6 meter hoge stapeling en 50% verkeersruimte wat resulteert in een referentievermogensdichtheid (K_{ref}) van 1,5 MW/m².

7. Toegepaste modellen en methodieken

De berekening van de condities die in de ruimte ontstaan, is gebaseerd op de uitgangspunten van de richtlijn Vultijdenmodel grote brandcompartimenten van TNO⁵.

Het vultijdenmodel bestaat uit een rekenmethodiek waarmee in geval van brand de ontwikkeling van de condities in de ruimte (rooktemperatuur, rookdichtheid en dikte rooklaag) in een groot brandcompartiment kunnen worden bepaald. Het is een dynamische methode waarbij in kleine tijdstappen (0,1 s) steeds opnieuw alle condities zoals de brandomvang, temperatuur van de rooklaag, afkoeling aan wanden, toevoer van rook vanuit de brand naar de rooklaag en rookafvoer door de RWA-installatie worden berekend. Het vultijdenmodel gaat uit van een gestratificeerde situatie (hete bovenlaag boven een koude onderlaag). Binnen het vultijdenmodel is het mogelijk de condities in de ruimte te bepalen wanneer een brand begint in een aangrenzende ruimte. In deze case betreft de aangrenzende ruimte een ruimte onder een tussenvloer zoals deze in het vultijdenmodel is omschreven.

In het vultijdenmodel is geen overgang naar een één- zone-model door bijvoorbeeld flash-over opgenomen. Fysisch gezien moet bij een cellulosebrand van flash-over door straling worden uitgegaan wanneer de temperatuur van de hete zone > 500 °C bedraagt en flash-over door convectie wanneer de temperatuur van de hete zone > 300 °C bedraagt en vuurlast in de hete zone aanwezig is. Wanneer deze condities zich bij een brand in de hoge hal voordoen, zal er voor dat betreffende scenario vanuit worden gegaan dat geen offensieve brandweerinzet mogelijk is.

8. Evaluatie brandveiligheidsmaatregelen

In tabel 2 zijn de condities in de brandruimte weergegeven 20 minuten na ontstaan van de brand.

⁵ Richtlijn vultijdenmodel grote brandcompartimenten 96-CVB-R0330, TNO 1996.

Tabel 2: condities brandruimte na 20 minuten

Scenario	Vermogen Q (MW)	Oppervlakte A (m ²)	Rookvrije hoogte H _{rv} (m)	Temperatuur rook- laag T _{rook} (°C)	Waterbehoefte (l/min)
1a	0,8	8	3,39	29	19
1b	0,8	8	7,74	47	19
2b	192	128	4,75	1508	4550
3a	8	32	3,65	71	190
3b	8	32	7,37	135	190
4a	32	128	0	386	758
4b	32	128	6,57	299	758

Voor scenario's 1a, 2b, en 4a geldt dat de brandruimte niet kan worden betreden omdat de condities dit niet toelaten. Voor scenario 2b geldt dat geen offensieve brandweerinzet mogelijk is omdat er op basis van de primaire watervoorziening niet voldoende water beschikbaar is om de brand te kunnen blussen.

In tabel 3 is aangegeven welke risico-oppervlakte er ontstaat op basis van bovenstaande rekenresultaten.

Tabel 3: berekening risico-oppervlakte

Scenario	Kans p _i	Oppervlakte scenario (m ²)	Conditie toelaat- baar ja/nee	Voldoende water ja/nee	Risico- oppervlakte m ²
1a	0,01	80	Nee	Ja	80
1b	0,00	20	Ja	Ja	0
2b	0,05	300	Nee	Nee	300
3a	0,02	110	Ja	Ja	1
3b	0,37	2.200	Ja	Ja	12
4a	0,10	610	Nee	Ja	610
4b	0,45	2.680	Ja	Ja	57
Totale risico-oppervlakte					1.059 m ²

9. Prestatie

Er is als doel gesteld de brand beheersbaar te houden. Het Bouwbesluit stelt dat een brand beheersbaar is indien de oppervlakte van een brandcompartiment van een industriefunctie maximaal 2.500 m² bedraagt. De totale risico-oppervlakte van het brandcompartiment in deze case bedraagt op basis van de scenario's zoals omschreven in hoofdstuk 6, 1.059 m². De risico-oppervlakte is lager dan de grenswaarde van 2.500 m² die het Bouwbesluit stelt aan brandcompartimenten. Dit betekent dat er sprake is van een gelijkwaardige situatie.

10. Implementatie voorzieningen

In deze case wordt uitgegaan van zowel bouwkundige, als installatietechnische als organisatorische maatregelen.

De bouwkundige voorzieningen dienen op een juiste wijze te worden gerealiseerd. Het is te adviseren deze voorzieningen tijdens en/of na realisatie te controleren op de juiste uitvoering. Voor het uitwerken van de RWA-installatie en de brandmeld- en ontruimingsalarminstallatie, dient conform het Bouwbesluit een Programma van Eisen te worden opgesteld in overleg met de eisende partijen (brandweer en eventueel verzekeraar). Omdat wordt uitgegaan van een doormelding, dient de brandmeldinstallatie gecertificeerd te worden.

De bluswatervoorziening dient te worden aangelegd volgens de geldende normeringen zodat een goede werking van deze installatie gegarandeerd kan worden.

Over de offensieve brandweerinzet, zullen afspraken moeten worden gemaakt met de brandweer.

11. Brandveiligheid management en audit

Het is aan te bevelen om alle brandveiligheidsvoorzieningen die van belang zijn om de brandveiligheid te waarborgen, vast te leggen in een Integraal Plan Brandveiligheid. In dit IPB kan worden vastgelegd welke voorzieningen periodiek gecontroleerd dienen te worden. In het IPB kunnen tevens de afspraken die zijn gemaakt met de brandweer worden vastgelegd en overige organisatorische aspecten zoals onderhoudslogboeken, bedrijfsnoodplannen, ontruimingsplannen en dergelijke worden opgenomen. Door alle aspecten ten aanzien van de brandveiligheid van het gebouw in één dossier op te nemen en dit gebouwdossier tijdens de beheersfase van het gebouw periodiek bij te werken, wordt de brandveiligheid van het gebouw gewaarborgd. Tevens wordt voor externe partijen zoals de brandweer controleerbaar of bijvoorbeeld periodieke controles zijn uitgevoerd.

12. Omgang met wijzigingen

In deze case is uitgegaan van maatgevende scenario's die zich in het gebouw kunnen voordoen. Deze scenario's zijn gebaseerd op gebouwkenmerken en brandstofkenmerken. Indien zich wijzigingen voordoen in ofwel het gebouw ofwel de brandstof die in het gebouw aanwezig is, zal moeten worden bekeken of dit leidt tot een wijziging in de scenario's. Indien dit het geval is zal opnieuw beoordeeld moeten worden of er sprake is van een gelijkwaardig brandveiligheidsniveau.