

# Second opinion brandveiligheid Amsterdam Arenatunnel



| Ira Helsloot

Deze second opinion is uitgevoerd in opdracht van de tunnelbeheerder van de gemeente Amsterdam.

*Auteur:*

prof. dr. Ira Helsloot, Hoogleraar Besturen van Veiligheid, Radboud Universiteit & voorzitter Stichting Crisislab

Februari 2022

Crisislab is de onderzoeksgroep die het onderzoek van de leeropdracht Besturen van Veiligheid van de Radboud Universiteit Nijmegen ondersteunt. De doelstelling van Crisislab is de ontwikkeling en verspreiding van kennis op het domein van crisisbeheersing en veiligheidszorg. Voor Crisislab is een kernactiviteit het verrichten van empirisch gefundeerd onderzoek op het veiligheidsdomein, omdat momenteel feiten vaak ontbreken bij beleidsvorming en discussies op het terrein van het besturen van veiligheid.

Crisislab  
Dashorsterweg 1  
3927 CN Renswoude  
[www.crisislab.nl](http://www.crisislab.nl)

## Managementsamenvatting

---

Op basis van een serie adviezen is de Amsterdam Arenatunnel (AAT) in december 2021 gesloten. Aan Ira Helsloot is in januari 2022 een snelle second opinion over de (berekening van) veiligheidssituatie gevraagd.

De conclusies van deze second opinion zijn:

- Er lijkt een onnauwkeurigheid in de formuleringen van de adviezen over wat het Bouwbesluit precies vraagt van het bevoegd gezag als het gaat om de prestatie-eisen versus standardeisen en bestaande bouw versus rechtens verkregen niveau.
- De adviezen zijn gebaseerd op een CFD-berekening waarin conservatieve aannames worden gehanteerd voor de brandontwikkeling: snelheid van brandontwikkeling en maximumvermogen zullen in de praktijk bijna altijd lager zijn.
- In de adviezen is geen vergelijking gemaakt met het 'richtpunt' van de Nederlandse veiligheidsregelgeving en daarmee ook van het Bouwbesluit, namelijk een wettelijk voldoende veiligheidsniveau van een individueel risico op overlijden van eens in de honderdduizend jaar ( $10^{-5}$ ).
- De meest denkbare conservatieve berekening van het IR cf. de in Amsterdam in december 2021 bestuurlijk geaccepteerde methode voor het metrosysteem levert op dat de huidige AAT ruim voldoet aan de normstelling voor het individueel risico. De conservatieve aanname is dan dat er geen ontvluchting mogelijk is voor iedere wegebruiker in de tunnel op het moment van brand in een zwaarder bedrijfsvoertuig (dat ook conservatief op 10% van alle voertuigen is gezet).
- Wanneer gewenst wordt om het brandveiligheidsniveau in de AAT verder te verhogen (en daarmee bijvoorbeeld nog veiliger te maken in vergelijking met de verkeersveiligheid van de omliggende wegen) dan lijkt de meest kosteneffectieve maatregel het aanleggen van een of enkele extra vluchtdeuren (die als altijd alleen betekenisvol zijn als door een omroepinstallatie de verkeersdeelnemers actief gewezen worden op het gebruik ervan).
- Vanuit het oogpunt van brandveiligheid in de gehele Johan Cruijff Arena is het noodzakelijk om de tunnel bij brand eenvoudig te kunnen separeren van de rest van de Johan Cruijff Arena. Dit kan door instandhouding van de huidige brandwerende deuren maar ook door het aanleggen van een (simpeler) rookscherp op dezelfde locatie.
- De adviezen bevatten aannames over de brandweerinzet (zoals een inzet via 'nieuwe' vluchtdeuren) die verre staan van de praktijk van brandweerinzet in relatie tot de brandontwikkeling. Bovenwettelijke brandweerbestrijding wordt kosteneffectiever gefaciliteerd door het aanleggen van een droge sprinklerbuis. Merk in dat verband op dat als de constructie voldoende brandwerend is zelfs bij een vrachtwagenbrand en er voldoende vluchtmogelijkheden zijn, de noodzaak voor een (altijd risicovolle) brandweerinzet afwezig is.
- Twee slotopmerkingen zijn dat 1) de aanwezigheid van hulpposten niet vereist is en omdat de effectiviteit daarvan nooit is aangetoond, deze beter kunnen worden verwijderd om schijnzekerheid en onnodig onderhoud te beperken, 2) gegeven het huidige ventilatiesysteem het volgens praktijkonderzoek van RWS de aanbeveling verdient om deze uit te laten/zetten bij een brandmelding om de rookstratificatie die mensen extra vluchttijd geeft niet te verminderen.

# Inhoudsopgave

---

<b>1.</b>	<b>Introductie</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Het wettelijk kader</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>De huidige analyse van de brandveiligheid van de AAT</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>Een probabilistische berekening van het individueel risico</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>Enkele aanvullende observaties</b>	<b>17</b>
	<b>Bijlage</b>	<b>20</b>

# 1. Introductie

---

*In dit hoofdstuk wordt de (aanleiding voor de) opdracht beschreven.*

## 1.1 Aanleiding

De Amsterdam Arena is een complex bouwwerk dat o.a. een onderdoorgang heeft voor voertuigen die deels ook functioneert als uitrit voor de parkeergarage.

De lengte van deze onderdoorgang is 221 meter en daarmee minder dan de 250 meter die nodig is om als wegtunnel geclassificeerd te worden. Met andere woorden: hoewel in de volksmond gesproken wordt over de Amsterdam Arenatunnel (AAT) is de onderdoorgang feitelijk een 'gewoon' onderdeel van een 'gewoon' complex bouwwerk. Dit rapport volgt de gebruikelijke lijn en spreekt ook over de AAT.

In de zomer van 2021 is een ambtelijke discussie op gang gekomen over de brandveiligheid van de AAT naar aanleiding van de aankomende renovatie. In deze discussie is de bestaande en vergunde situatie opnieuw tegen het licht gehouden (mede omdat een volledige documentatie over het proces van vergunningverlening bij de bouw ontbreekt) en zijn zorgen geuit over de brandveiligheid.

Een CFD-berekening van de effecten van brand in de AAT (gedifferentieerd naar type voertuig) geeft aan dat bij een brand in een bestelbus/vrachtwagen de aanwezigen niet voldoende vluchttijd zouden hebben. Als voor alle berekeningen zijn hierbij een aantal aannames gemaakt.

Uiteindelijk hebben de zorgen geleid tot een bestuurlijk besluit in december 2021 om de AAT te sluiten in afwachten van nader onderzoek en/of brandveiligheidsverbeteringen. Na het aanbrengen van betere vluchtwegaanduidingen is wel besloten de uitritfunctie in gebruik te houden.

## 1.2 De opdracht

Door de tunnelbeheerder is in januari 2022 gevraagd aan Ira Helsloot om een snelle second opinion over de (berekeningen van de) brandveiligheidssituatie in de AAT.

Deze second opinion is gebaseerd op de aangeleverde (en gevraagde) documentatie die de onderbouwing van de sluiting geeft en die inzicht geeft in de constructie van de AAT.

## 2. Het wettelijk kader

---

*In dit hoofdstuk staan wij stil bij de doelstelling van de wetgeving en de wijze waarop aangetoond kan worden dat aan deze doelstelling tegemoetgekomen wordt. Meer details zijn opgenomen in de bijlage.*

### 2.1 Brandveiligheid: veilig vluchten en beperken van uitbreiding van brand

Sinds 1991 geeft de Woningwet de wetgever de mogelijkheid om landelijke eisen aan de (brand)veiligheid van bouwwerken te stellen. In het Bouwbesluit 1994 zijn dergelijke eisen ook voor het eerst gesteld.

Het kernuitgangspunt voor brandveiligheid is een voldoende mate van brandveiligheid van aanwezige personen en het voorkomen van uitbreiding naar andere percelen. Merk dus op dat bijvoorbeeld schadebeperking of het waarborgen van continuïteit niet een van deze doelen is. De overheid kan daar dus ook geen eisen aan stellen.

Het is aan het gemeentelijke bevoegd gezag om vast te stellen of een bouwwerk voldoende brandveilig is.

Het oorspronkelijke doel van de wetgever bij de ontwikkeling van een 'standaardmaatregelenpakket' zoals opgenomen in het Bouwbesluit was het creëren van duidelijkheid over hoeveel de lokale vergunningverlener/handhaver *maximaal* mag eisen van een gebouweigenaar voor een aantal standaardtypen bouwwerken. Gaandeweg is dit standaardniveau in de beleving van veel vergunningverleners verworden tot een soort van *minimum* waaraan een gebouweigenaar tenminste gehouden kan worden. Hoe dan ook houdt dit standaardmaatregelenpakket maar beperkt rekening met gebouw- en gebruik- specifieke kenmerken die ervoor zorgen dat een situatie in bepaalde omstandigheden wel of geen brandgevaarlijke situatie oplevert.

Voor complexe gebouwen die niet binnen de scope van de standaardtypen vallen (zoals de Amsterdam Arena) is het nodig op terug te vallen van een risicogestuurde benadering van brandveiligheid die teruggrijpt op de hoofddoelstellingen van het bouwbesluit. De wetgever heeft daartoe een bepaling opgenomen in het Bouwbesluit over het gebruik van 'gelijkwaardigheid'.

#### **Art. 1.3 Bouwbesluit: gelijkwaardigheidsbepaling**

Aan een in hoofdstuk 2 tot en met 7 gesteld voorschrift hoeft niet te worden voldaan indien het bouwwerk of het gebruik daarvan anders dan door toepassing van het desbetreffende voorschrift ten minste dezelfde mate van veiligheid, bescherming van de gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en bescherming van het milieu biedt als is beoogd met de in die hoofdstukken gestelde voorschriften.

Het is daarmee altijd de bestuurlijke vraag tot welk niveau een risico gereduceerd moet worden wetende dat '0-risico' een onrealistisch streven is. Het voldoen aan het brandveiligheidsniveau zoals bedoeld door Bouwbesluit, ook voor standaardgebouwen, sluit nadrukkelijk niet uit dat er toch een situatie kan ontstaan met een fatale afloop. De wetgever heeft erkend dat er een grens is aan de redelijkheid voor investeringen in veiligheid.

Een handvat voor die beoordeling van dat ‘voldoende veiligheidsniveau’ voor o.a. brand en constructief falen is dat in het Bouwbesluit zelf is opgenomen dat toetsing van de brandveiligheidsituatie aan een reeks van NEN-normen volstaat om voldoende brandveiligheid aan te tonen. Een deel van die NEN-normen geeft een historisch gegroeide technische beschrijving van testmethodes en de daarbij te hanteren limieten met een onbenoemde faalkans. Een ander deel van de NEN-normen gaat uit van een probabilistische benadering, d.w.z. een expliciete berekening van het overlijdensrisico, waarbij dan het uitgangspunt is dat het individueel overlijdensrisico kleiner is dan eens op de honderdduizend jaar (genoteerd als  $10^{-5}$ ). Merk nogmaals op dat deze handvaten oorspronkelijk bedoeld zijn om tenminste de vergunningaanvrager zekerheid te bieden dat het lokaal bevoegd gezag geen ‘overdreven’ zware eisen zou kunnen stellen.

#### **TNO over $10^{-5}$ als uitgangspunt voor probabilistische benadering voor constructieve veiligheid**

TNO stelt over het gebruik van het individueel risico bij constructieve veiligheid: ‘De kans om te overlijden als gevolg van een ongeval (verkeersongeluk, van de trap vallen etc.) is voor Nederlanders ongeveer 10-4 per jaar. De kans om slachtoffer te worden van een constructieve calamiteit in de bebouwde omgeving (zoals bij een aardbeving) zal niet groter mogen zijn. Hierbij wordt de stelregel gehanteerd dat de kans op overlijden als gevolg van constructief falen significant lager dient te zijn dan andere risico's die mensen in het dagelijks leven ondervinden. Algemeen is geaccepteerd dat kans op slachtoffers als gevolg van constructief falen een factor 10 tot 100 kleiner moet zijn dan de kans op een gewoon ongeval. Bij het opstellen van NEN 8700 (Beoordeling bestaande bouwconstructies) is het uitgangspunt geweest dat een kans van  $P=10^{-5}$  per jaar op dodelijke slachtoffers acceptabel wordt geacht voor bouwkundig falen; deze waarde is dan ook als zodanig wettelijk verankerd in het Bouwbesluit 2012 door de aansturing van NEN 8700.’<sup>1 2</sup>

Brandveiligheid kan dus vanuit meerdere perspectieven benaderd worden:

- Vanuit een directe toepassing van de standaardmaatregelen in het bouwbesluit.
- Vanuit een risicogerichte benadering overeenkomstig de doelstelling van het Bouwbesluit met gebruik van een berekening van de kans op overlijden die door het bestuur wordt vastgesteld en niet strikter zal zijn dan  $10^{-5}$ .
- Vanuit een kosten-batenbenadering, waarbij ook bovenwettelijke maatregelen aan de orde kunnen zijn.

In deze second opinion wordt primair het tweede perspectief gehanteerd. Het eerste perspectief is niet mogelijk omdat de Johan Cruijf Arena en de AAT daarin niet binnen het standaardmaatregelenpakket van het Bouwbesluit passen. In het laatste hoofdstuk worden wel enkele kosten-batenobservaties gegeven mocht de eigenaar besluiten tot bovenwettelijke veiligheidsverbetering.

<sup>1</sup> TNO, *Veiligheidsbeschouwing aardbevingen Groningen t.b.v. NPR 9998*, TNO2013 R12071A, 2015. De discussie over het veiligheidsniveau in Groningen ten gevolge van de gaswinning maakte het noodzakelijk voor de opstellers van de NEN om expliciet te communiceren over de basisuitgangspunten van de berekeningen.

<sup>2</sup> In commentaar op een concept van deze review wordt gesteld dat dit ook kan worden gelezen als dat de kans op instorten van een gebouw waarbij iemand om het leven komt  $10^{-5}$  is. Als reactie van de reviewer: dit kan niet zo worden gelezen. Natuurlijk gaat het individueel risico over het risico dat een individu gedurende blootstelling aan een risico loopt. In NEN 8700 wordt overigens keurig uitgelegd dat uitgaande van een voorwaardelijke kans op overlijden bij een instorting van een woning van ongeveer 0,1% de resulterende ontwerpkan op een instorting waarbij een dode kan vallen (dus) ongeveer 1% per jaar is. Met andere woorden, bij het ontwerp van een woning wordt uitgegaan van een instortingskans van  $10^{-4}$  per jaar.

### Een vergelijk met twee relevante risicodomeinen

Relevant voor elke bestuurlijke afweging in Amsterdam is een vergelijk met het overstromingsrisico. Bij hoogwaterbescherming (dijken) wordt gewerkt met een overschrijdingskans: de kans dat een bepaalde waterhoogte wordt overschreden waardoor de dijk kan falen. In Amsterdam is deze overschrijdingskans eens in de 10.000 jaar, wat overeenkomt met een individuele overlijdenskans van eens in de 125.000 jaar. Merk dus op dat we het acceptabel achten dat eens per 10.000 jaar een overstroming plaatsvindt waarbij 8% van de Amsterdammers zal overlijden en die tot de verwoesting van geheel Amsterdam zal leiden. De overschrijdingskansen variëren binnen Nederland vanwege verschillen in economische waarde of evacuatiemogelijkheden van het land. De huidige overschrijdingskans voor Centraal-Holland is eens in de 10.000 jaar, voor het bovenrivierengebied eens in de 1.250 jaar en voor de kustzone eens in de 4.000 jaar.<sup>3</sup> In het nieuwe Deltabesluit is als wettelijke norm voor overstromingsrisico's vastgelegd een individueel overlijdensrisico van 1 per 100.000 jaar ( $10^{-5}$ ) die voor heel Nederland in 2050 behaald moet zijn.

Ook relevant is evident het vergelijk met de nationale eisen aan wegtunnels. Met het in werking treden van de nieuwe Wet aanvullende regels veiligheid wegtunnels (Warvw, Stb. 134) in mei 2006, zijn alle beheerders van bestaande wegtunnels verplicht om uiterlijk op 1 mei 2019 te voldoen aan het voorgeschreven veiligheidsniveau. De Warvw gebruikt een risicogerichte benadering om te beoordelen of een tunnel voldoende veilig is. Onderdeel van de Warvw is daarmee het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse. Merk op dat als altijd de precieze definiëring van de risicomat van belang is. Het risico is hier gedefinieerd als de kans op overlijden van N of meer slachtoffers *per km per jaar* door een ongeval en deze moet kleiner zijn dan  $10^{-1}/N^2$  per km per jaar ( $N$  is  $>10$ ). Uit de memorie van toelichting en de evaluatie van de Warvw blijkt dat hiermee ook een individueel risico van  $10^{-7}$  *per km per jaar* wordt bedoeld en bereikt.<sup>4</sup> Uitgaande van 100 tunnelkilometers per jaar voor de gemiddelde Nederlander komt dit neer op de bekende risiconorm van  $10^{-5}$  voor het individueel risico.<sup>5</sup>

De reviewer moet van het hart dat hij divers commentaar op het concept van deze review waarin wordt gesteld dat het ondanks het bovenstaande het 'niet duidelijk is dat een veiligheidsniveau bepaald door een individueel risico van  $10^{-5}$  ook passend is voor brandveiligheid in de AAT' niet begrijpt. Als een individueel risico van  $10^{-5}$  op bijna alle veiligheidsdomeinen als de wettelijke norm wordt aanvaard en (terecht dus) ook in Amsterdam voor brandveiligheid in het metrosysteem dan verrast het de reviewer dat de stelling redelijkerwijs kan worden betrokken dat de AAT zo bijzonder is dat er niet met  $10^{-5}$  zou kunnen worden gewerkt.

Merk op dat wel (als altijd) een inhoudelijke discussie gevoerd kan worden over wat de correcte berekeningswijze is van het individueel risico op een nieuw risicodomein. De berekeningskeuzes in deze second opinion passen bij die eerder in Amsterdam voor de metro Oostlijn zijn gemaakt en bestuurlijk zijn vastgelegd maar toch kan daarover (nogmaals) een inhoudelijke discussie worden gevoerd vanuit meerdere perspectieven.

<sup>3</sup> Zie bijvoorbeeld Rijkswaterstaat (2006) *Veiligheidsbeleid doorgelicht: een globale omschrijving, vergelijking en verklaring van het veiligheidsbeleid op verschillende terreinen* of RIVM (2004) *Risico's in bedijkte termen: een thematische evaluatie van het Nederlandse Veiligheidsbeleid tegen overstromen*.

<sup>4</sup> HTK 2011-2012, 33125 nr.3. & AEF, Evaluatie Wetgeving Tunnelveiligheid, januari 2011.

<sup>5</sup> N.B. met de inwerkingtreding van de nieuwe Omgevingswet zal het groepsrisico verdwijnen uit het domein van de omgevingsveiligheid. Daarmee bestaat het groepsrisico voorlopig alleen nog in tunnelverband.



## 2.2 Het bepalen van gelijkwaardigheid

Een beroep op gelijkwaardigheid betekent dat een met het bouwbesluit 'bedoeld' veiligheidsniveau voor een specifieke situatie moet worden aangetoond. Dit betekent dat het veiligheidsniveau moet worden aangetoond en onderbouwd met rapportages, tests, metingen of berekeningen.

Specifiek voor vluchtveiligheid kan worden gewerkt met een ASET-RSET-vergelijking. ASET staat hierbij voor de beschikbare veilige tijd waarin nog kan worden gevlucht (Available Safe Egress Time) en RSET voor de tijd die de aanwezigen nodig hebben om het zich in veiligheid te brengen (Required Safe Egress Time).

Merk op dat wel kan worden gesteld dat als  $ASET > RSET$  dat dan een object 'voldoende veilig' is omdat de gemiddelde aanwezige kan vluchten. Omgekeerd kan echter niet worden gesteld dat als  $ASET < RSET$  dat dan het object onvoldoende veilig is. Stel immers dat de kans op de brand waarvoor ASET en RSET worden uitgerekend nihil is, dan maakt het niet uit dat aanwezigen met een nihil-kans niet kunnen vluchten.

En ook deze laatste bewering kan niet worden omgedraaid: er is geen noodzaak dat de brandkans nihil is. Ook bij een serieuze kans op brand in een object kan het object voldoende veilig zijn als de kans op aanwezigheid van een persoon die het risico loopt maar onder de al besproken grens van  $10^{-5}$  ligt.

Modellen bestaan voor zowel ontruimingscapaciteit als voor de ontwikkeling van de brand.

Voor het simuleren van ontvluchting vormt de geometrie van het gebouw, het aantal personen en het gedrag van de mensen de belangrijkste input. Belangrijk standaarduitgangspunt hierbij is dat er uitgegaan wordt van een 'gemiddelde' Nederlander in termen van fysieke mogelijkheden en reactietijd. Ook hier wordt dus een kans op 'afwijken' en dus falen van de veiligheidsvoorzieningen geaccepteerd.

Bij het modelleren van brand zijn doorgaans snelheid van de brandontwikkeling en de rookverspreiding de meest relevante factoren. De hoeveelheid en verspreiding van rook is datgene dat het meest bedreigend is voor aanwezigen in een gebouw. Er overlijden bijvoorbeeld bij woningbrand vaker mensen aan de rook, dan dat zij door de hitte of het vuur omkomen.<sup>6</sup> Voor dergelijke modellering, van bijvoorbeeld rookontwikkeling in besloten ruimtes, bestaat tegenwoordig geavanceerde software, waarmee de CFD-berekeningen kunnen worden uitgevoerd. De simulatiesoftware deelt in deze modellering te berekenen ruimte op in een groot aantal (bijvoorbeeld 100.000) cellen, waarvoor per cel eigenschappen als temperatuur, druk, luchtsnelheid en dichtheid wordt berekend. Hoe deze berekeningen verlopen zijn vooral afhankelijk van de invoerwaarden, zoals de omvang van de vuurlast, windsnelheden die van buitenaf op de ruimte inwerken, en dergelijke. De modellen geven een hoge mate van detail, maar dit moet niet verward worden met een hoge mate van nauwkeurigheid: dat is onder andere afhankelijk van de nauwkeurigheid van de invoer (garbage in, is garbage out). Toch

---

<sup>6</sup> Brandweeracademie (2018), *10 jaar fatale woningbranden onderzocht*, Arnhem: Instituut Fysieke Veiligheid.

kunnen deze modellen helpen om een inschatting te maken van de tijd die nodig (RSET) of beschikbaar (ASET) is om een ruimte te kunnen ontruimen.

Voor alle modelleringen geldt dat de kwaliteit van de invoer bepalend is voor kwaliteit van de uitkomsten. Daarbij zijn sommige parameters (zoals loopsnelheid) eenvoudiger te doorgronden dan anderen (zoals de modellering van de wind). Zeker bij CFD-modellen van brandontwikkeling en in minder mate van ontruimingsmodellen is de toetsing van de modellen aan echte praktijk beperkt.<sup>7</sup>

Dat maakt dat er ook altijd discussie mogelijk is over het gekozen model(scenario). Er zal uiteindelijk een bestuurlijk besluit genomen moeten worden welk model wordt gehanteerd. Essentieel is dus om de daarin gevolgde werkwijze en gemaakte afwegingen te onderbouwen en te documenteren.

---

<sup>7</sup> R. Van Mierlo en A. Tromp (2013), *Fire Safety Engineering*, Delft, Efectis.

## 3. De huidige analyse van de brandveiligheid van de AAT

---

*In dit hoofdstuk gaan we in op de huidige analyse van de brandveiligheid van de AAT en de beperkingen daarvan.*

### 3.1 Drie observaties

Sinds de zomer van 2021 zijn er verschillende ambtelijke adviezen geschreven over de brandveiligheid van de AAT. Drie zaken vallen daarbij op vanuit het perspectief van het voorgaande hoofdstuk:

*De beschrijving van de eisen cf. Bouwbesluit is onnauwkeurig*

In de adviezen wordt terecht opgemerkt dat de AAT niet onder de reikwijdte van de tunnelregelgeving (Warvw) valt omdat de lengte van 221 meter minder is dan de 250 die de grenswaarde van de Warvw is. Onterecht is dan echter de redenering dat omdat 221 meter relatief dicht bij de 250 meter ligt er daarom (ook) aan de Warvw getoetst moet worden. De functie van een grenswaarde wordt hiermee genegeerd.

Als typerend voorbeeld, in passages als onderstaande wordt vervolgens niet heel precies het wettelijk kader beschreven:

‘De wettelijke minimumeisen met betrekking tot brandveiligheid van de AAT worden voorgeschreven door het Bouwbesluit 2012. Onder het Bouwbesluit 2012 valt de tunnel binnen de gebruiksfunctie “bouwwerk geen gebouw zijnde”, en daarbinnen onder de subcategorie “b: ander bouwwerk geen gebouw zijnde” danwel “b. andere tunnel of tunnelvormig bouwwerk voor verkeer” (in tegenstelling tot de subcategorie “a: wegtunnel met een tunnallengte van meer dan 250 m”). Aangezien de gebruiksfunctie “bouwwerk geen gebouw zijnde” een veelheid aan uiteenlopende typen bouwwerken betreft, zijn de bepalingen voor deze gebruiksfunctie veelal functioneel omschreven en niet uitgewerkt tot prestatie-eisen. Zo is in het Bouwbesluit 2012 voor dit type bouwwerk (in tegenstelling tot voor gebouwen en wegtunnels langer dan 250 meter) niet vastgelegd welke loopafstand is toegestaan binnen een subbrandcompartiment en welke voorzieningen er vereist zijn op het gebied van rookbeheersing en brandbestrijding. Hierdoor is het in het geval van de AAT zonder aanvullende analyse niet eenduidig vast te stellen welke maatregelen en voorzieningen in de tunnel benodigd zijn om te voldoen aan de regelgeving.’<sup>8</sup>

De volgende nuances moeten bijvoorbeeld bij deze passage gemaakt worden:

- Het zijn geen ‘wettelijke minimumeisen’ maar juist ‘maximaal mogelijke eisen op grond van de wet’.
- Voor alle gebouwfuncties geldt dat bij een afwijkend ontwerp er gebruik moet worden gemaakt van de functionele eisen (die stellen dat het bevoegd gezag bepaald of er risicogericht voldoende brandveiligheid is bereikt).
- Voor alle gebouwfuncties geldt dat van de maximale standaard prestatie-eisen voor bijvoorbeeld loopafstanden kan worden afgeweken op basis van een integrale beschouwing.

---

<sup>8</sup> Toets Amsterdam Arenatunnel aan wettelijke minimumeisen, d.d. 15 juli 2021.

Ook de volgende passage is niet heel precies:

‘Wanneer wordt besloten de AAT te verbouwen, is voor de eisen m.b.t. vluchtroutes het rechtens verkregen niveau van toepassing. Aangezien de AAT in zijn huidige staat is vergund, en het rechtens verkregen niveau van onderen begrensd is door het niveau bestaande bouw, houdt dit in dat de vluchtroute dient te voldoen aan de eisen voor bestaande bouw.’

Als altijd is het niveau bestaande bouw het maximale niveau van eisen die aan bestaande bouw mag worden gesteld. De wet geeft daarmee de mogelijkheid om een rechtens verkregen niveau van veiligheid aan te scherpen tot het niveau van bestaande bouw. Onjuist is dat dit direct zou betekenen dat één specifieke eis, zoals die aan de vluchtroute, kan worden ‘opgehoogd’. Dit vergt altijd een integrale beschouwing waartegen een vergunninghouder ook bezwaar kan maken.

Dit alles leidt ertoe dat de conclusie dat de AAT niet voldoet aan de regelgeving, niet kan worden getrokken op basis van het enkele feit dat de AAT niet voldoet aan enkele subregels.

#### *Kanttekeningen bij de CFD-berekening*

De adviezen die sluiting bepleiten zijn gebaseerd op een CFD-berekening die inzicht in de brand- en rookontwikkeling koppelt aan inzicht in de benodigde ontruimingstijd.

Voor het deel dat gaat over de brand- en rookontwikkeling geldt dat er conservatieve aannames worden gehanteerd zonder literatuurverwijzing voor de brandontwikkeling: snelheid van brandontwikkeling en maximumvermogen zullen in de praktijk bijna altijd lager zijn maar het maximumvermogen kan na wat langere tijd juist hoger zijn dan aangenomen.

Parameter	Waarde	Eenheid
Maximaal brandvermogen	20	MW
Groei brandvermogen	10	MW/min
Type brandgroei	lineair	-
Effectieve verbrandingswarmte	25	MJ/kg
Massa extinctie coëfficiënt	8700	m <sup>2</sup> /kg
Roetproductie	0.1	g/g

*Tabel 1: Karakteristieken ontwerpbrand bedrijfspersonenauto.*

Parameter	Waarde	Eenheid
Maximaal brandvermogen	5	MW
Groei brandvermogen	2.5	MW/min
Type brandgroei	lineair	-
Effectieve verbrandingswarmte	25	MJ/kg
Massa extinctie coëfficiënt	8700	m <sup>2</sup> /kg
Roetproductie	0.1	g/g

*Tabel 2: Karakteristieken ontwerpbrand personenauto.*

#### **Figuur 3.1:** Aannames in de CFD-berekening voor de AAT.

Een onderbouwd inzicht in de brand- en rookontwikkeling in tunnels is te vinden in het rapport ‘Safety proef’ van Rijkswaterstaat uit 2002 waarin naast een uitgebreide literatuuranalyse

daadwerkelijk testen met auto's, bestelbusje en kleine vrachtwagen in de Tweede Beneluxtunnel zijn gehouden. Het rapport stelt op basis van de literatuur en de eigen experimenten dat:

- Voor personenauto's het piekvermogen meestal tussen 3 en 5 MW ligt maar bij moderne auto's tot wel 10MW kan oplopen. Deze piekvermogens worden na tenminste 10 minuten bereikt. Na gemiddeld 30 minuten ligt het vermogen weer onder de 1 MW.
- Voor busjes en vrachtwagens is de brandontwikkeling de eerste minuten gelijk aan personenauto's tot het moment dat de lading bij de brand betrokken raakt.

Ook de aannames voor veilig vluchten die worden gehanteerd zijn scherp, maar niet ongebruikelijk in Nederland:

- Het warmtestralingsniveau mag niet hoger zijn dan  $2,0 \text{ kW/m}^2$ .
- De temperatuur mag niet hoger zijn dan  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- De zichtlengte naar lichtreflecterende voorwerpen moet groter dan 10 m zijn.

Discussie kan vooral bestaan over de temperatuur waarvoor de normering in de literatuur (zie bijvoorbeeld de analyse in het genoemde rapport van Rijkswaterstaat) meestal wat hoger is. Uitgangspunt is dan dat met  $70^\circ\text{C}$  (zonder stoom!) oncomfortabel langere tijd verbleven kan worden.

Belangrijker is dat de berekeningen een uitkomst op 2 meter geven volgens de figuren in het rapport. Dit betekent enerzijds dat bij dergelijke omstandigheden 'klassieke' nooduitgangenindicaties boven een deur al onzichtbaar kunnen zijn en anderzijds dat gebukt lopend de condities nog veel beter kunnen zijn als de stratificatie niet door ventilatie wordt verbroken.

De vluchttijdberekening lijkt voor één ongunstig scenario gedaan en is niet geheel navolgbaar voor de reviewer. Er worden tenminste eigen aannames over de reactiesnelheid gedaan die niet onderbouwd op basis van literatuur lijken.

### *Geen risico-gebaseerde analyse*

De belangrijkste kanttekening van de reviewer bij de adviezen is dat deze vooral duidelijk maken dat er een probleem zou kunnen zijn, maar niet onderbouwen of de resulterende onveiligheid groter is dan het Bouwbesluit acceptabel acht. Met andere woorden: in de adviezen is geen vergelijk gemaakt met het 'richtpunt' van het Bouwbesluit, namelijk een wettelijk voldoende veiligheidsniveau van een individueel risico op overlijden van eens in de honderdduizend jaar ( $10^{-5}$ ).

## 4. Een probabilistische berekening

---

*In dit hoofdstuk berekenen we het individueel risico dat aanwezig is in de AAT lopen en concluderen dat dit zelfs bij zeer voorzichtige aannames voldoet aan de  $10^{-5}$ -norm.*

### 4.1 Het berekeningsschema

In deze second opinion hanteren we het volgende berekeningsschema voor het individueel risico. In formele zin is het daarmee het advies om deze berekeningsmethode (die evident past bij de in december vastgestelde berekeningsmethode voor de brandveiligheid in het metrosysteem) bestuurlijk vast te stellen.

Het individueel risico (IR) berekenen we als volgt:

$$IR = P(\text{omkomen per jaar in AAT}) = P(\text{kans op brand in AAT}) \times P(\text{kans dat individu betrokken is bij brand}) \times P(\text{kans dat individu omkomt bij brand}).$$

In technische termen (vergelijk de nota *Omgaan met risico's*, 1989) beschouwen we dan het brandrisico in de AAT als een eigen risicocompartiment. Dit is een voor de hand liggende bestuurlijke keuze, zoals recent bijvoorbeeld door het Amsterdamse gemeentebestuur voor het brandrisico in het metrosysteem is gedaan en door de minister van EZK voor geïnduceerde aardbevingen in Nederland (als gevolg van bijvoorbeeld geothermie).

Een andere bestuurlijke keuze zou kunnen zijn om het als sub-risicocompartiment van het algemene tunnelrisico te beschouwen. In het onderstaande zal blijken dat de voorgestelde berekening behoorlijk conservatief is in vergelijking met de berekeningen uit de Warvw zodat bij het gelijk trekken van uitgangspunten (dat is niet gedaan in deze snelle second opinion) waarschijnlijk zal blijken dat ook in dit geval aan de individuele risiconorm wordt voldaan. Tenminste kan worden gezegd dat wanneer cf. *Omgaan met risico's* voor de normering van subrisico's wordt gewerkt (en dus met een  $IR 10^{-6}$ ) dat de AAT hier ook zal voldoen bij de onderstaande berekening.

Voor de deeltkansen hanteren we een serie aan aannames om berekening van het individueel risico op basis van de bestaande documentatie mogelijk te maken. De verschillende onderliggende rapporten hanteren veelal niet precies dezelfde definities/aannames zodat 'een gelijke noemer' geforceerd moet worden.

Zeer conservatief zijn we bij de aanname dat iedereen die bij een (middel)zware brand in de tunnel aanwezig is ook omkomt. Evident zal dit niet het geval zijn in werkelijkheid. Omgekeerd gaan we ervan uit dat bij een brand in een personenauto er geen zelfredzame personen als

gevolg van de brand sec zullen overlijden.<sup>9</sup> Dus kijken we alleen naar de kans op een (middel)zware brand, d.w.z. met betrokkenheid van een bestelbus of vrachtwagen.<sup>10</sup>

$P(\text{kans dat individu omkomt bij (middel)zware brand}) = 1$ ,  $P(\text{kans dat individu omkomt bij personenautobrand}) = 0$

Voor de bepaling van de kans op een (middel)zware brand gaan we uit van de meest recente cijfers die door TNO zijn gerapporteerd ten behoeve van een nieuwe QRA voor de Warvw.<sup>11 12</sup> TNO maakt onderscheid in diverse brandvermogens ( $P_{\text{brand}}$  in MW). Wij relateren die aan de vier voertuigcategorieën die in de AAT worden geregistreerd, elk met een eigen kans op brand per motorvoertuigkilometer (mtvkm):

Type	Kans brand per mtkm
Personenauto met $P_{\text{brand}} < 25$ MW	$3,2 \cdot 10^{-9}$
Bedrijfsbus, vrachtauto en autobus met $P_{\text{brand}} > 25$ MW	$1,5 \cdot 10^{-9}$

Dus:

$P(\text{kans op (middel)zware brand in AAT}) = P(\text{kans op brand in busje, vrachtwagen of autobus}) = 1,5 \times 10^{-9}$  per motorvoertuigkilometer voor elk van de drie typen.

De kans dat een individu bij brand betrokken is, is gerelateerd aan de verblijfstijd in de AAT die afhangt van het aantal malen dat door de AAT rijdt en de snelheid waarmee dat gebeurt. Voor de berekening van de kans dat een individu bij een brand betrokken is gaan we uit van een 'hardwerkende forens' (in de terminologie van de risicoanalyse van het Amsterdamse metrosysteem). Dit is een individu dat 250 maal per jaar de AAT heen- en terugrijdt met 50 km/uur. We gaan er daarbij conservatief uit dat de risicodag maar 12 uur heeft, d.w.z. dat alle brand en alle gebruik binnen 12 i.p.v. 24 uur gebeuren.

$P(\text{kans dat individu betrokken is bij brand}) = \text{fractie van aanwezigheid van drukke forens per risicodag.}$

<sup>9</sup> Wereldwijd zijn er nog geen 'alleen' personenautobranden in tunnels geweest waarbij zelfredzame verkeersdeelnemers om het leven zijn gekomen als gevolg van de brand zie bijvoorbeeld K. Bergmeister & S. Francesconi, *Causes and Frequency of Incidents in Tunnels*, D1.2a Report van het Europese UpTun project, 2004. Zoals een commentaar op deze review terecht stelde 'the absence of proof is no proof of the absence', maar toch hanteren we deze aanname bij afwezigheid van indicaties op het tegengestelde.

<sup>10</sup> Slechts omdat hier een vraag over werd gesteld in de commentaar: bij constructieve veiligheid wordt in NEN 8700 een onderscheid gemaakt in vier 'consequence classes' (CC) die ingaan op de voorwaardelijke kans dat iemand bij instorten om het leven komt. Deze lopen van nihil (klasse CC1A, schuren e.d.) tot groot (klasse CC3, flatgebouwen e.d.). Hier wordt een  $P(\text{omkomen bij instorten})$  gehanteerd van 0,15 voor klasse CC2 (woningen) tot 0,5 voor klasse CC3. Een eerste verfijning van de conservatieve aanname voor de voorwaardelijke kans op omkomen bij brand in deze second opinion zou kunnen zijn om bij een personenautobrand klasse CC2 aan te houden en voor brand met groot vermogen CC3. De overlijdenskans wordt met zulke verfijnde aannames dus kleiner.

<sup>11</sup> TNO, De statistische kans op brand in tunnels, 2013, pg 31.

<sup>12</sup> Met dank aan Eric Sluimer die opmerkte dat in het concept van deze second opinion werd gerekend met het landelijke percentage aan bedrijfsvoertuigen op de weg van 10% terwijl dat in de AAT maar 1% is. Hierdoor is de kans op een bedrijfsvoertuig brand, en daarmee het uiteindelijke IR ook, ongeveer een factor 10 kleiner geworden. Om deze cijfers te kunnen gebruiken is de wijze waarop 'appels en peren' in de berekening geforceerd in samenhang zijn gebracht, iets anders ingericht.

## 4.2 Het berekeningsschema toegepast op de AAT

Uitgaande van bovenstaande uitgangspunten geldt dat de kans op (middel)zware brand per jaar in Arenatunnel uitgaande van de 23.274 bedrijfsvoertuigen die erdoorheen reden in 2019 is

$$P(\text{kans op (middel)zware brand in AAT}) = 1,5 \times 10^{-9} \text{ per motorvoertuigkilometer voor} \\ \text{bedrijfsvoertuigen} \times 0,221 \text{ km tunnellen} \times 23.274 \text{ voertuigen} = 7,7 \times 10^{-6}$$

Met andere woorden, maximaal ongeveer eens per honderdduizend jaar zal er naar verwachting een (middel)zware brand in de AAT plaatsvinden waarbij doden kunnen vallen (uitgaande van de genoemde conservatieve uitgangspunten). Ter herinnering: de kans op een overstroming na dijkdoorbraak in dijkkring 14 waar Amsterdam in ligt, is wettelijk genormeerd op eens per tienduizend jaar en in de rest van Nederland is die kans eens in de 1250 of 3000 jaar.

De verblijftijd in tunnel voor de forens die tweemaal per dag tijdens 250 werkdagen door de 221m lange AAT heen gaat met 50 km /u is

$$P(\text{kans op aanwezigheid bij brand in AAT}) = \text{verblijftijd in AAT in uren} / \text{uren per} \\ \text{risicojaar} = (250 \text{ passages} \times 2 \times 0,221 \text{ km} / 50 \text{ km/uur}) / (12 \text{ uren per risicodag} \times 250 \\ \text{risicodagen per werkjaar}) = 7,4 \times 10^{-4}$$

Dus het individueel risico gedefinieerd als de kans dat een forens bij een dergelijke brand om het leven komt (uitgaande dat iedereen op het moment van brand in de AAT om het leven komt) is dan het product van de kans dat er een (middel)zware brand plaatsvindt met de kans dat de forens dan aanwezig is. Het individueel risico is dus ongeveer  $5,7 \times 10^{-9}$ .

De conclusie moet zijn dat zelfs bij deze ruwe en daarom conservatieve berekening het individueel risico van de drukke forens zoals hierboven gedefinieerd naar analogon van de definitie die is gebruikt in het Amsterdamse metrosysteem van de Oostlijn ruim binnen de gebruikelijke norm hiervoor van  $10^{-5}$  valt. Daarmee is de AAT voldoende veilig volgens het Bouwbesluit wanneer bovenstaande als berekeningswijze van het individueel risico wordt vastgesteld.



## 5. Enkele aanvullende observaties

---

*In dit hoofdstuk geven we enkele aanvullende observaties die relevant kunnen zijn wanneer de eigenaar het huidige voldoende brandveiligheidsniveau zou willen ophogen.*

### 5.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken hebben we betoogd dat uitgaande van de gebruikelijke normering in Nederland voor het individueel risico (en die ook de onderliggende basis is voor de beoordeling van voldoende veiligheid in het Bouwbesluit) de AAT voldoende brandveilig is. Een eigenaar kan in zo'n situatie niet gedwongen worden door het bevoegd gezag om te investeren in een hoger brandveiligheidsniveau. Natuurlijk kan een eigenaar zelf wel besluiten tot investeringen in een hoger veiligheidsniveau vanwege bijvoorbeeld continuïteitsoverwegingen.

Buiten beschouwing is in het voorgaande gelaten die relatie tussen de AAT en de rest van het gebouw. Hier is de aanname dat deze voldoende afscheiding heeft zodat incidenten in de AAT niet leiden tot veiligheidsrisico's in de rest van de Amsterdam Arena. Op dit moment zijn er bijvoorbeeld robuuste branddeuren die de AAT scheiden van de parkeergarage bij brand. Het in stand houden van een dergelijke voorziening is dus noodzakelijk. Bij een nadere beschouwing zal waarschijnlijk overigens blijken dat rook hier het gevaarsaspect is zodat een simpeler rookscherm (op bijvoorbeeld dezelfde locatie) ook zou voldoen.

In dit hoofdstuk geven we enkele observaties over wat wel en niet helpt in de praktijk om de brandveiligheid in de AAT te verhogen. Dit hoofdstuk is daarmee feitelijk een snelle review van de uitgebreide scenarioanalyse die is opgesteld over alle maatregelen die genomen kunnen worden in de diverse denkbare scenario's.

### 5.2 Bevordering ontvluchting

Wanneer gewenst wordt om het brandveiligheidsniveau in de AAT verder te verhogen (en daarmee bijvoorbeeld veiliger te maken dan de verkeersveiligheid op de omliggende wegen die ergens tussen de  $10^{-4}$  en  $10^{-5}$  zal liggen net als op de andere wegen in Nederland<sup>13</sup>) dan lijkt de meest kosteneffectieve maatregel het aanleggen van een of enkele extra vluchtdeuren naar de parkeergarage.

---

<sup>13</sup> Niet direct relevant voor deze review maar in een commentaar werd opgemerkt dat 'de verkeersveiligheid in tunnel per definitie hoger is dan die van de omliggende wegen vanwege het extra risico dat een verkeersdeelnemer loopt bij een ongeval met brand in een ander voertuig'. Dit is onjuist omdat o.a. vanwege de 'risicothermostaat' die mensen bezitten, verkeersdeelnemers in tunnels voorzichtiger zijn dan op een gewone weg. Het resultaat is dat zelfs met verrekking van de extra kans om slachtoffer te worden bij brand in een ander voertuig (deze review laat ook weer zien hoe klein die extra kans is) de kans op omkomen in een tunnel kleiner is dan op het omliggende wegennet. Zie bijvoorbeeld S. Bassan, *Overview of traffic safety aspects and design in road tunnels*, IATSS Research 40 (2016) 35–46 of het standaardwerk 'handbook of road-safety measures (p.283): 'For the tunnel as a whole, the accident rate is relatively low. Many roads above-ground in rural areas, and the great majority of roads in towns and cities, have a higher rate of injury accidents than tunnels.' Dit besef is ook in de wetenschap nog niet overal ingedaald: zo stellen ook in 2016 Malmtorp et al nog voor om als norm voor tunnelveiligheid te hanteren dat de tunnel net zo veilig is als de omliggende wegen, een doel dat dus in het algemeen al behaald is zelfs zonder 'nieuwe' brandveiligheidsmaatregelen (J. Malmtorp, et al, *Safety in Road Tunnels – Safety Target Proposal*, Seventh International Symposium on Tunnel Safety and Security, Montréal, Canada, March 16-18, 2016).

Deze vluchtdeuren zijn als altijd alleen betekenisvol als deze *lage* noodverlichting hebben en door een omroepinstallatie de verkeersdeelnemers actief gewezen worden op het gebruik ervan. De scenarioanalyse spreekt in dit verband terecht over contourverlichting van de nooduitgangen, maar ook de nooduitjes zelf zouden laag moeten worden bevestigd.

Merk op dat ondertussen wel duidelijk is dat verkeersdeelnemers zelfs bij een brandend voertuig zoals dit mogelijk is nog zullen proberen erlangs te rijden. Als de tunnel snel wordt afgesloten, kan dit (zelfs) als positief worden beschouwd omdat vaak de tunnel leeg zal zijn gereden voordat de brand volledig ontwikkeld is.<sup>14</sup>

Merk ook op dat gegeven het huidige ventilatiesysteem de aanbeveling verdient om deze uit te laten of laten zetten bij een brandmelding om de rookstratificatie die mensen extra vluchttijd geeft niet te verminderen.<sup>15</sup> In de scenarioanalyse wordt opgemerkt dat na renovatie er geen mechanische ventilatie meer in de AAT zal zijn en dat is dus terecht vanuit kosteneffectiviteitsoverwegingen.<sup>16</sup>

Voor ontvluchting is een snelle alarmmelding wenselijk. Videobewaking van de AAT in combinatie met warmte-/rookmelders geeft de operator de mogelijkheid om automobilisten op te roepen de tunnel zo snel mogelijk te verlaten. Ondersteuning (zonder garantie) biedt een intercomsysteem dat automobilisten zelf kunnen activeren. In de scenarioanalyse wordt hier ook op gewezen. In die scenarioanalyse lijkt echter de hulppost gelijk te worden gesteld aan een intercomsysteem terwijl in de klassieke hulppost ook kleine blusmiddelen aanwezig zijn. De aanwezigheid van dergelijke hulpposten is niet vereist en omdat de effectiviteit daarvan nooit is aangetoond kunnen deze beter kunnen worden verwijderd om schijnzekerheid en onnodig onderhoud te beperken.

### 5.3 Bevordering brandbestrijding

Het uitgangspunt voor brandveiligheid in het Bouwbesluit is zelfredzaamheid van de aanwezigen. Brandbestrijding is daarmee geen doel van het Bouwbesluit.<sup>17</sup>

De adviezen bevatten aannames over de brandweerinzet die verre staan van de praktijk van brandweerinzet in relatie tot de brandontwikkeling. Een inzet via de omweg van de 'nieuwe' vluchtdeuren naar de parkeergarage zal al snel meer dan een kwartier duren in een optimistisch scenario en daarmee geen levensreddend effect meer hebben. Hetzelfde geldt voor de inzet van een nog te ontwikkelen blusrobot.

---

<sup>14</sup> Zie bijvoorbeeld R. Horgan, Latest Blackwall Tunnel blaze could prompt fire safety rethink, *New Civil Engineer*, 14 april 2021.

<sup>15</sup> Deze opinie is gebaseerd op het genoemde rapport van RWS over 'echte' brandproeven (i.t.t. CFD-berekeningen) waarbij bleek dat tijdens de experimenten zonder ventilatie gold dat 'het zicht stroomafwaarts van de brand [Er was altijd een geringe trek in de tunnel die feitelijk zorgde dat de rook een kant op ging, IH] het zicht de eerste 5 minuten na ontsteking van de brand volledig aanwezig' was (p.71).

<sup>16</sup> Niet direct de focus van deze review maar het scenarioteam heeft ook terecht opgemerkt dat bij mechanische ventilatie tegen de wind in, de rook dus weer de Johan Cruijff Arena zelf zal worden ingeblazen met onbekende effecten.

<sup>17</sup> Bij de herziening van het Bouwbesluit in 2012 cf. de VROM-nota 'Visie brandveiligheid' en de memorie van toelichting zijn er wel (onbewust) enkele artikelen achtergebleven die toch over aspecten van brandbestrijding spreken.

Bovenwettelijke brandweerbesteding wordt kosteneffectiever gefaciliteerd door het aanleggen van een droge sprinklerbuis waar de brandweer zich aan kan koppelen. Het al genoemde rapport van RWS laat zien dat een dergelijke simpele constructie goed in staat is de hoge temperaturen van een brand in een tunnel te overleven en een flink effect heeft op de temperatuur (maximaal 80 graden Celcius) waardoor de schade aan de tunnel beperkt wordt (zo vindt er geen betonschade plaats). Door het doorbreken van de stratificatie is zowel een droge sprinklerbuis als een offensieve inzet van de brandweer niet levensreddend: de mogelijkheid tot zelfredzaamheid van mensen wordt immers verminderd. Bij een normale brandweerinzet bij een grotere brand die bij het volgen van de procedure na tenminste 15 minuten zal plaatsvinden is dit niet relevant omdat dan de verkeersdeelnemers al gevlucht of overleden zijn.

Merk in dat verband op dat als de constructie voldoende brandwerend is zelfs bij een vrachtwagenbrand en er voldoende vluchtmogelijkheden zijn, de noodzaak voor een (altijd risicovolle) brandweerinzet afwezig is.

## Bijlage De gedachte achter de modellen en wetgeving

---

*In deze bijlage staan wij stil bij de historie achter de wet- en regelgeving, de bedoeling van de wetgeving en de wijze waarop aangetoond kan worden dat aan deze bedoeling tegemoetgekomen wordt. Deze bijlage is tot stand gekomen in interactie met o.a. Brandweer Amsterdam-Amstelland in het kader van de review brandveiligheid Oostlijn in 2020.*

### B.1 Brandveiligheid: veilig vluchten en beperken van uitbreiding van brand

In 1952 werd de eerste Brandweerwet van kracht waarin de gemeentelijke verantwoordelijkheid voor “het maken van verordeningen betreffende het voorkomen, beperken en bestrijden van brand, het beperken van brandgevaar, het voorkomen en beperken van ongevallen bij brand en al hetgeen daarmee verband houdt” werd geregeld. Dit leidde tot lokale verordeningen voor brandveiligheid waardoor de daadwerkelijke regels in die tijd dus verschillen per gemeente. Later wordt wel gewerkt aan meer uniformiteit, maar pas met de Woningwet van 1991, en als concretisering daarvan de komst van het Bouwbesluit in 1994, is er sprake van eenduidige landelijke regelgeving.

Aangezien de verantwoordelijkheid voor het toetsen van brandveilig ontwerp bij de gemeente belegd is, heeft het lange tijd niet voordehand gelegen dat er formele toetsing op bouwprojecten van de gemeente zelf werd gedaan, ervan uitgaande dat de gemeente zich toch wel aan de eigen regels zal houden. De veronderstelling is dat bij de oorspronkelijke aanleg het proces van bouwplantoetsing er anders uitzag, waardoor eisen toentertijd niet formeel zijn vastgelegd.

Hoewel het Bouwbesluit 2012 een verdere uitwerking geeft aan vereisten uit de Woningwet, is de reikwijdte (ook van deze wet zelf) zeker breder dan alleen woonvoorzieningen, hoewel de naam wellicht anders doet vermoeden.

De wetgever heeft in het Bouwbesluit een duidelijke visie neergelegd over hoe van overheidswege naar brandveiligheid wordt gekeken: er wordt alleen getoetst of aanwezige personen voldoende beschermd zijn tegen brand. In basis gaat dit erom dat mensen gelegenheid hebben zichzelf tijdig in veiligheid te brengen. Verder is er aandacht voor branduitbreiding van het ene object naar het andere: het voldoen aan de wetgeving zou dit moeten voorkomen.

Deze twee doelen, namelijk de veiligheid van aanwezige personen en het voorkomen van uitbreiding naar andere percelen zijn de hoofddoelstellingen van het Bouwbesluit. Merk op dat bijvoorbeeld schadebeperking of continuïteit niet een van deze doelen is. Eigenaren of beheerders die hier belang bij hebben, zullen dit zelf moeten organiseren, de regelgeving is daar niet op gericht.

De doelstellingen zijn, om voor het ontwerpen van gebouwen houvast te geven, vertaald naar functionele- en prestatie-eisen.<sup>18</sup> Deze eisen zijn oorspronkelijk bedoeld om ontwerpers, bouwers en eigenaren zekerheid te bieden over het maximale van wat de overheid kan

---

<sup>18</sup> Bijvoorbeeld dat de omvang van een brandcompartiment bij een industrie functie maximaal 2500 m<sup>2</sup> mag zijn, of dat een deur 1 uur brandwerend moet zijn.

afdwingen, maar worden tegenwoordig vooral gezien als het minimale niveau waaraan voldaan moet worden.

De prestatie-eisen voor brandveiligheid hebben vooral betrekking op afmetingen, lengtes en inrichting van vluchtroutes en de tijdsduur waarin branddoorslag en brandoverslag (WBDBO=Weerstand tegen BrandDoorslag en BrandOverslag) moet worden voorkomen. Dit kan variëren per type gebruik (van een gebouw). Daarnaast zijn er nog specifieke eisen voor o.a. ontruimingsinstallaties, aanwezigheid van blusmiddelen en beheer.

## B.2 Gelijkwaardigheid en een risicogerichte benadering

Omdat de wetgever zich heeft gerealiseerd dat het gebruik van een standaardpakket in bepaalde situaties niet tot bevredigende uitkomsten leidt en te weinig flexibiliteit biedt om bijvoorbeeld innovaties mogelijk te maken, is de zogeheten 'gelijkwaardigheidsbepaling' opgenomen in art. 1.3 van het Bouwbesluit 2012.

### Art. 1.3 Bouwbesluit: gelijkwaardigheidsbepaling

Aan een in hoofdstuk 2 tot en met 7 gesteld voorschrift hoeft niet te worden voldaan indien het bouwwerk of het gebruik daarvan anders dan door toepassing van het desbetreffende voorschrift ten minste dezelfde mate van veiligheid, bescherming van de gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en bescherming van het milieu biedt als is beoogd met de in die hoofdstukken gestelde voorschriften.

Dit biedt de ruimte om af te wijken van de prestatie-eisen van het Bouwbesluit, waarbij wel steeds voldaan dient te worden aan de hoofddoelstellingen van het Bouwbesluit. In praktijk betekent dit dat van een voorschrift kan worden afgeweken, als aangetoond kan worden dat de veiligheid van aanwezigen en de beperking van mogelijke brandoverslag nog steeds in voldoende mate gewaarborgd zijn. Het informatieblad 'Bouwbesluit 2012: Gelijkwaardigheid' bevat hierover het volgende:<sup>19</sup>

### Wanneer is iets gelijkwaardig?

Om te bepalen of sprake is van een gelijkwaardige oplossing is het van belang om vast te stellen wat de wetgever met de voorschriften heeft beoogd. Veelal kan dit worden afgeleid uit de functionele of prestatie-eisen. De functionele en prestatie-eisen zijn een invulling van wat de overheid heeft beoogd, maar zijn niet de overheidsdoelstellingen zelf. De functionele en prestatie-eisen hoeven daarom ook niet de basis te vormen waarop gelijkwaardigheid moet worden beoordeeld. Gelijkwaardigheid kan ook worden getoetst aan de overheidsdoelstellingen zelf. Deze overheidsdoelstellingen kunnen worden afgeleid uit:

- De Nota van toelichting bij het Bouwbesluit 2012;
- De wetshistorie;
- Kamerstukken en andere officiële publicaties;
- Onderzoeksresultaten die ten grondslag hebben gelegen aan een voorschrift.

In enkele gevallen kan gelijkwaardigheid aan de orde zijn wanneer een bepaald voorschrift vanwege unieke omstandigheden geen praktische meerwaarde blijkt te hebben, maar doorgaans

---

<sup>19</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/brochures/2012/06/11/infoblad-gelijkwaardigheid-bouwbesluit-2012>

zal het erom gaan dat aan de prestatie-eis niet voldaan kan worden, zonder vergaande ingrijpende maatregelen. Het gelijkwaardigheidsbeginsel biedt een uitweg zodat met alternatieve maatregelen nog steeds een voldoende mate van veiligheid wordt bereikt.

Dit betekent dat veelal niet meer gekeken wordt naar de eis van het op zichzelf staande voorschrift waaraan niet voldaan kan worden, maar dat naar het gehele brandveiligheidsconcept van het bouwwerk wordt gekeken. De prestatie-eisen zijn het resultaat van een impliciete weging van kans en gevolg. Men zou kunnen stellen dat het Bouwbesluit is gebaseerd op 'standaard' kansen, die niet zijn geëxpliciteerd. Het gelijkwaardigheidsbeginsel biedt de mogelijkheid om een expliciete weging van kans en gevolgen te maken, om tot een vergelijkbaar veiligheidsniveau te komen als beoogd door de wetgever. Concreet is een functionele eis dat bij een 'standaard' brand een 'gemiddeld' persoon veilig kan vluchten. Het is aan het bevoegd gezag om te bepalen hoe bij een 'niet-standaard' brand er voldoende mensen veilig kunnen vluchten om gelijk veiligheidsniveau te bereiken ten opzichte van 'standaard'.<sup>20</sup>

Het beschouwen van het totale brandveiligheidsconcept, afgestemd op de daadwerkelijke risico's, aanwezige doelgroep en dergelijke wordt met verschillende termen geduid: een risicogerichte, doelgerichte, risicogestuurde, Risk-Based of integrale benadering. Zelf hanteert Crisislab doorgaans de term risicogericht, maar de essentie is hetzelfde: er wordt in beeld gebracht wat realistische (brand)scenario's zijn, dan volgt een analyse wat de impact van elk van de scenario's is, met inachtneming van de omstandigheden, de doelgroep, verwacht menselijk gedrag en de genomen maatregelen.

Merk op dat er altijd een onzekerheidsfactor is, er is geen absolute zekerheid dat er in geval van een brand geen slachtoffers vallen, en de regelgeving eist dat ook niet.<sup>21</sup> Het uitgangspunt is dat gebruikers van een pand in beginsel een redelijke kans moeten hebben om op tijd weg te komen, met name wanneer zij zich niet in de ontstaansruimte van de brand bevinden. Voor de ontstaansruimte van de brand biedt namelijk ook het voldoen aan de prestatie-eisen geen absolute zekerheid op overleving van een ontwikkelde brand.

Een risicogerichte benadering wordt overigens ook onderschreven door Brandweer Nederland en het Instituut Fysieke Veiligheid.<sup>22</sup> Zij onderkennen dat enkel het volgen van de prestatie-eisen in veel gevallen geen passende oplossing voor brandveiligheidsrisico's vormt, bijvoorbeeld in de zorg waar vaak minder mobiele en verminderd zelfredzame personen aanwezig zijn. Prestatie-eisen houden daar geen rekening mee, terwijl vanuit een risicogerichte benadering hier wel naar gekeken kan worden.

#### Toetsen in de praktijk

De notitie 'Basis voor brandveiligheid' van het Instituut Fysieke Veiligheid constateert dat (p58):

Voor gebouwen die gelden als complex of risicovol en voor gebouwen die niet passen binnen de grenswaarden van de gegeven voorschriften, is het stelsel van voorschriften ontoereikend.

<sup>20</sup> Brandweer Nederland (2015), Visie Risicogerichtheid. IFV (2017), Basis voor brandveiligheid.

<sup>21</sup> Een overzicht van literatuur hieromtrent is te vinden in: *Helsloot, I., R. Pieterman, and J. Hanekamp. "Risico's en redelijkheid: naar een nieuw beoordelingskader voor risico's in Nederland. Den Haag, 2010.*

<sup>22</sup> Brandweer Nederland (2015), Visie Risicogerichtheid. IFV (2017), Basis voor brandveiligheid.

Gelijkwaardige brandveiligheid gaat dan een rol spelen. In de uitvoeringspraktijk blijkt dat het beoordelen van de brandveiligheid op grond van gelijkwaardigheid onvoldoende is ontwikkeld. Dit heeft onder meer te maken met de gebrekkige kennis over de doelstellingen en uitgangspunten van de voorschriften voor brandveiligheid. Het toepassen van de regels uit het Bouwbesluit wordt veelal tot doel verheven in plaats van de regels te gebruiken als middel om het doel, een adequaat brandveiligheidsniveau, te realiseren.

Gebruikers van het Bouwbesluit passen de bouwvoorschriften veelal toe zonder rekening te houden met andere aspecten van brandveiligheid. Zij handelen dan in het keurslijf en vaak ook in het isolement van regels, waardoor de noodzakelijk integrale benadering op basis van bouwen, gebruiken en hulpverleners niet - voldoende - aan de orde komt. Het gevolg van deze handelswijze heeft in veel gevallen een negatief effect op de kwaliteit van het noodzakelijke preventieresultaat. Creatieve gelijkwaardige oplossingen blijken niet mogelijk.

Medeoorzaak van deze werkwijze zijn de branden met slachtoffers uit het verleden, zoals de cafébrand in Volendam (2001) en de brand in het cellencomplex op Schiphol-Oost (2005). Onder invloed van een risicoreflex is bij vergunningverleners een toenemende angst ontstaan om van de regels af te wijken. Het handelen is defensief en vertoont kenmerken van het streven naar 100% veiligheid. Van creativiteit en oplossingsgericht denken is beperkt sprake, vergunningverleners zijn terughoudend om gelijkwaardige oplossingen positief te beoordelen. De angst later afgerekend te worden op basis van afwijkingen op de regelgeving treedt vaak prominent op de voorgrond. De vergunningverleners nemen het zekere voor het onzekere.

De notitie constateert vervolgens dat er op dit punt wel sprake is van een beweging van regelgericht naar risicogericht. In dit nieuwe kennisdocument is de mate van brandbeveiliging niet zozeer gekoppeld aan specifieke gebruiksfuncties, maar aan maatgevende risicofactoren en scenario's' (p 21).

Daarbij sluit de notitie aan bij een aanpak die in het domein van externe veiligheid al langer gangbaar is. Bij een risicobenadering is de relatie tussen de kansen/waarschijnlijkheden en de gevolgen/effecten bepalend voor het al dan niet van toepassing zijn van bepaalde regels in de zin van geleidelijkheid. Bij risico's gaat het om kansen en gevolgen. Dan geldt:

- Kleine kans met een klein gevolg is verwaarloosbaar. Er zijn geen voorzieningen en/of maatregelen noodzakelijk;
- Kleine kans met een groot gevolg is niet verwaarloosbaar. Hierover dient een afweging te worden gemaakt of acceptatie mogelijk is in samenhang met de inzet van voorzieningen en/of maatregelen;
- Grote kans met een klein gevolg is hinderlijk. Dit is veelal gemakkelijk oplosbaar;
- Grote kans met een groot gevolg is onacceptabel. Er zijn dan voorzieningen en/of maatregelen noodzakelijk.

Verderop geeft de notitie Basis voor brandveiligheid een typering van brandrisico's:

'Met regelmaat breken er branden uit met fatale afloop. Uit onderzoek, literatuur en praktijk, is algemeen bekend dat gebouwen brandrisico's met zich meebrengen en dat brandveiligheid bovenal mensenwerk is. Er blijft onvermijdelijk altijd een restrisico over. Het risico 0, ofwel 100% brandveiligheid, is onmogelijk. De risico's reduceren tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau met brandveiligheidsvoorzieningen en -maatregelen, is wel mogelijk.'

Bij de uitvoering van de brandveiligheid is risicoreductie het centrale thema. Risicoreductie staat rechtstreeks in verband met (het staat in dienst van) het samenstel van de hoofdoelen van de brandveiligheid, die zijn gericht op:

- Voorkomen van brand;
- Veilig vluchten bij brand;
- Beheersen van brand;
- Veilig en effectief optreden bij brand door interne hulpverleners en brandweer.

Het in redelijkheid beoordelen van risico's is uiteindelijk een kwestie van het afwegen van kosten en baten, impliciet of expliciet. Overigens bevatten ook de regels uit het Bouwbesluit impliciete afwegingen. Dat ook binnen brandveiligheid 100% veiligheid niet het vertrekpunt laten twee kosten-baten studies naar brandveiligheidsmaatregelen (Akker, Tieben, Bos, & Van der Veen, 2010)<sup>23</sup>, (Hof, Rougoor, & Tieben, 2014)<sup>24</sup> zien. Deze zijn door de minister van Veiligheid en Justitie betrokken in de afweging over aanvullende wetgeving binnen het brandveiligheidsbeleid. Hoewel de minister constateert dat door maatregelen meer slachtoffers te voorkomen zijn kiest hij ervoor, mede gelet op de uitkomst van de kosten-baten afweging, geen aanvullende maatregelen via wetgeving verplicht te stellen.<sup>25</sup>

### **B.3 Gelijkwaardigheid in de praktijk: meten en rekenen**

Een beroep op gelijkwaardigheid betekent dat niet kan worden teruggevallen op de 'standaard' functionele- en prestatie-eisen uit het bouwbesluit. Daar zit nu juist het knelpunt. Een met het bouwbesluit vergelijkbaar veiligheidsniveau moet voor de specifieke situatie worden aangetoond. Dit betekent bij gelijkwaardigheid voor brandveiligheid dat het veiligheidsniveau moet worden aangetoond en onderbouwd met rapportages, tests, metingen of berekeningen. Dergelijke onderzoeken gaan in op de relevante brandscenario's, de mogelijke effecten en de werking van maatregelen. Daarbij zijn er verschillende factoren die bij het expliciteren van de risico's onderzocht kunnen worden.

Een basale aanpak is het simpelweg testen en meten. Brandproeven van bepaalde constructies, rookproeven, ontruimingsoefeningen en dergelijke zijn allemaal redelijk veel voorkomende praktijken om uitspraken te kunnen doen over de mate waarin aan de doelstellingen van het Bouwbesluit kan worden voldaan.

Specifiek voor vluchtveiligheid kan worden gewerkt met een ASET-RSET-vergelijking. ASET staat hierbij voor de beschikbare veilige tijd waarin nog kan worden gevlucht (Available Safe Egress Time) en RSET voor de tijd die de aanwezigen nodig hebben om het zich in veiligheid te brengen (Required Safe Egress Time). Deze laatste tijd kan bijvoorbeeld gemeten worden, door eenvoudigweg te klokken hoelang de ontruiming duurt.

---

<sup>23</sup> Akker, I., Tieben, L., Bos, J., & Van der Veen, M. (2010). Investeren in brandveiligheid: SEO-rapport 2010-78. Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek.

<sup>24</sup> Hof, B., Rougoor, W., & Tieben, B. (2014). Maatschappelijke kosten-batenanalyse brandveiligheid in woningen, SEO-rapport nr. 2014-16. Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek.

<sup>25</sup> Tweede Kamer, vergaderjaar 2013-2014, 26 956, nr. 197.



Behalve meten, kan er ook gemodelleerd worden, of een combinatie van beiden. Modellen bestaan voor zowel ontruimingscapaciteit als voor het nagaan van de ontwikkeling van de brand. Voor het simuleren van ontvluchting vormt de geometrie van het gebouw, het aantal personen en het gedrag van de mensen de belangrijkste input. Bij het modelleren van brand zijn doorgaans snelheid van de brandontwikkeling en de rookverspreiding de meest relevante factoren. De hoeveelheid en verspreiding van rook is datgene dat het meest bedreigend is voor aanwezig in een gebouw. Er overlijden bijvoorbeeld bij woningbrand vaker mensen aan de rook, dan dat zij door de hitte of het vuur omkomen.<sup>26</sup>

Natuurlijk zit in meten en modelleren een onzekerheidsmarge. Daarom wordt ook gewerkt met veiligheidsfactoren die iets zeggen over de gewenste marge tussen de ASET en RSET.

Voor dergelijke modellering, van bijvoorbeeld rookontwikkeling in besloten ruimtes, bestaat tegenwoordig geavanceerde software, waarmee de CFD-berekeningen kunnen worden uitgevoerd. De simulatiesoftware deelt in deze modellering te berekenen ruimte op in een groot aantal (bijvoorbeeld 100.000) cellen, waarvoor per cel eigenschappen als temperatuur, druk, luchtsnelheid en dichtheid wordt berekend. Hoe deze berekeningen verlopen zijn vooral afhankelijk van de invoerwaarden, zoals de omvang van de vuurlast, windsnelheden die van buitenaf op de ruimte inwerken, en dergelijke.

De modellen geven een hoge mate van detail, maar dit moet niet verward worden met een hoge mate van nauwkeurigheid: dat is onder andere afhankelijk van de nauwkeurigheid van de invoer (rotzooi in, is rotzooi uit). Toch kunnen deze modellen helpen om een inschatting te maken van de tijd die nodig (RSET) of beschikbaar (ASET) is om een ruimte te kunnen ontruimen.

Ook voor ontruimingsmodelleringen geldt het principe dat de kwaliteit van de invoer bepalend is voor de uitkomsten. Daarbij zijn sommige parameters (zoals loopsnelheid) eenvoudiger te doorgronden dan anderen (zoals de modellering van de wind). Desondanks is het onontkoombaar dat er altijd bepaalde inschattingen en aannames gedaan moeten worden, voor het bepalen van de invoer. Zeker bij CFD-modellen van brandontwikkeling en in minder mate van ontruimingsmodellen is de toetsing van de modellen aan echte praktijk beperkt.<sup>27</sup>

Een ander punt van aandacht is dat in bovengenoemde modelleringen de kansfactor geen rol speelt: een model geeft alleen weer hoe de mogelijke ontwikkeling eruitziet indien de brand die de simulatie heeft doorgerekend zich voordoet. Daar waar de modellen de mogelijke gevolgen berekenen is de factor kans verpakt in de selectie en beschrijving van het te modelleren scenario.

Voor de kansfactor bestaat geen gestandaardiseerde benadering (net zoals dat ook voor bepaling van de gevolgen niet bestaat), anders dan dat gekeken wordt naar historische data, faalkansen van bepaalde onderdelen van bijvoorbeeld aanwezige installaties en dat er een soort expert-inschatting wordt gemaakt hoe groot de daadwerkelijke kans is dat een brand zich

---

<sup>26</sup> Brandweeracademie (2018), *10 jaar fatale woningbranden onderzocht*, Arnhem: Instituut Fysieke Veiligheid.

<sup>27</sup> R. Van Mierlo en A. Tromp (2013), *Fire Safety Engineering*, Delft, Efectis.

voordoet, en welk scenario dan het meest waarschijnlijk is. Het model blijft echter een model, een daadwerkelijke situatie kan anders zijn.

Dat maakt dat er ook altijd discussie mogelijk is over het gekozen scenario en de aannames die gedaan worden ten aanzien van de kansfactor. Essentieel is om de daarin gevolgde werkwijze en gemaakte afwegingen te onderbouwen en te documenteren.

Dus bij toepassen van het gelijkwaardigheidsprincipe hoort een navolgbaar traject van de bepaling van doelstellingen in het verlengde van het Bouwbesluit. Daarbij hoort de onderbouwing van keuzes/afwegingen in maatgevende scenario's (kans), onderbouwde bepaling van gevolgen (effect) en weging van uitkomsten (risicobeoordeling).