

25 JAAR VLUCHTVEILIGHEID IN NEDERLAND EN DE BETROUWBAARHEID VAN VLUCHTSIMULATIES

De afgelopen 25 jaar is er veel veranderd op het gebied van vluchtveiligheid door het toenemende besef van het belang van veilig vluchten. De afgelopen 25 jaar is de regelgeving (met bijbehorende rekenmethodes) rondom veilig vluchten geëvolueerd van eenvoudige vuistregels tot uitgebreide berekeningen en simulaties. In dit artikel wordt deze evolutie aan de hand van een historisch overzicht inzichtelijk gemaakt.

Aansluitend hierop wordt in dit artikel dieper ingegaan op de betrouwbaarheid van ontruimings-simulatie programma's aan de hand van mijn afstudeeronderzoek waarbij de prestaties van enkele evacuatiemodellen (BuildingEXODUS, Simulex en Pathfinder) en een handrekenmethode zijn beoordeeld. Bij de beoordeling zijn de simulatiemodellen en rekenmethode vergeleken met proefontruiming, waarbij opnames zijn gemaakt van de ontruiming van ruimten met tribunes in een normale situatie zonder calamiteit.



ir. P. (Paul) Wijnhoven,
DGMR, Arnhem

BELANG VEILIG VLUCHTEN

Het doel van veilig vluchten is dat mensen te allen tijde een gebouw veilig kunnen verlaten. Dit betekent dat bij een brand of een andere calamiteit voorkomen moet worden dat er gewonden of dodelijke slachtoffers vallen. In de afgelopen jaren is er veel veranderd op het gebied van veilig vluchten. Door het toenemende aantal mensen op aarde wordt het overal drukker. Dit betekent dat er steeds grotere en complexere gebouwen gebouwd worden met een toenemende bezetting en persoonsdichtheid. Onder andere de groeiende bezoekersaantallen in bijeenkomstgebouwen zorgen voor complexe gebouwen. Dit geldt tevens voor evenementen in de buitenlucht die steeds groter en drukker worden. Door de toename van grote mensenmassa's in een gebouw, op een plein of op een veld ontstaan er steeds complexere mensenstromen die gereguleerd moeten worden.

Door het toenemende belang van veilig vluchten, is er ook steeds meer aandacht gekomen voor dit onderwerp tijdens ontwerpprocessen en het organiseren van evenementen/bijeenkomsten. Dit is ook terug te zien in de verandering van de regelgeving en rekenmethodes van de afgelopen 25 jaar.

HET BESEF VAN DE NOODZAAK VAN VEILIG VLUCHTEN

Naast de groei van de complexiteit van gebouwen en mensenstromen, groeit ook het besef van het belang van veilig vluchten. Omdat er in de afgelopen jaren tal van voorbeelden zijn van grote branden en andere soorten calamiteiten waarbij grote aantallen gewonden en dodelijke slachtoffers zijn gevallen, wordt steeds duidelijker dat vluchtroutes van levensbelang kunnen zijn. Branden waar veel slachtoffers en gewonden vielen zijn voornamelijk bijeenkomstgebouwen, zoals theaters, stadions, bioscopen en nachtclubs/discotheken.

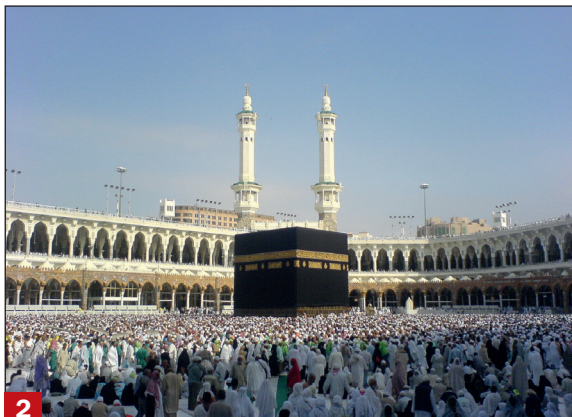
De oorzaak is vaak dat het gebouw een te kleine vluchtcapaciteit heeft voor het aantal bezoekers dat wordt toegelaten. Een voorbeeld hiervan is een brand in de nachtclub Kiss in Brazilië (2013). Door te weinig uitgangen en slechte vluchtrouteaanduiding konden veel mensen niet op tijd naar buiten. Hierdoor kwamen 242 mensen om het leven. Een slecht ontwerp van een gebouw is niet altijd de hoofdoorzaak van gewonden bij brand, ook de naleving van de gestelde eisen en voorwaarden is van cruciaal belang. Dat geldt voor het maximaal aantal bezoekers, maar ook voor de beschikbaarheid van vluchtroutes. Een voorbeeld hiervan is een brand in het Karamay bisocooptheater in China (1994), waar 324 doden vielen ondanks dat er voldoende uitgangen aanwezig waren. Echter waren alle nooduitgangen geblokkeerd met ijzeren staven, waardoor slechts *één uitgang beschikbaar was om te vluchten*.

Verder wordt de regelgeving aangescherpt door incidenten uit het verleden. De brand in het Bradford City stadion (1985) waarbij 56 doden vielen, heeft er bijvoorbeeld voor gezorgd dat er geen houten constructies meer toegepast mogen worden in stadions. Deze houten dakconstructie zorgde er namelijk voor dat de brand zich razendsnel via het dak verspreidde, waardoor mensen niet op tijd weg konden komen. Deze regelgeving is in Nederland overgenomen vanuit Engeland.

Andere calamiteiten waarbij veel slachtoffers vallen, zijn evenementen (in de buitenlucht) waar grote mensenmassa's aanwezig zijn met een hoge persoonsdichtheid. Mensen raken daarbij gewond of komen om door verdrukking en vertrapping, doordat een eenmaal in beweging gezette mensenmassa niet meer te stoppen is. Bij dit soort evenementen is het dus ook van belang dat mensen altijd weg kunnen. Hiervoor moeten voldoende vluchtwegen aanwe-



1 Brand in het Bradford city stadion (bron: bradfordcityfire.co.uk)



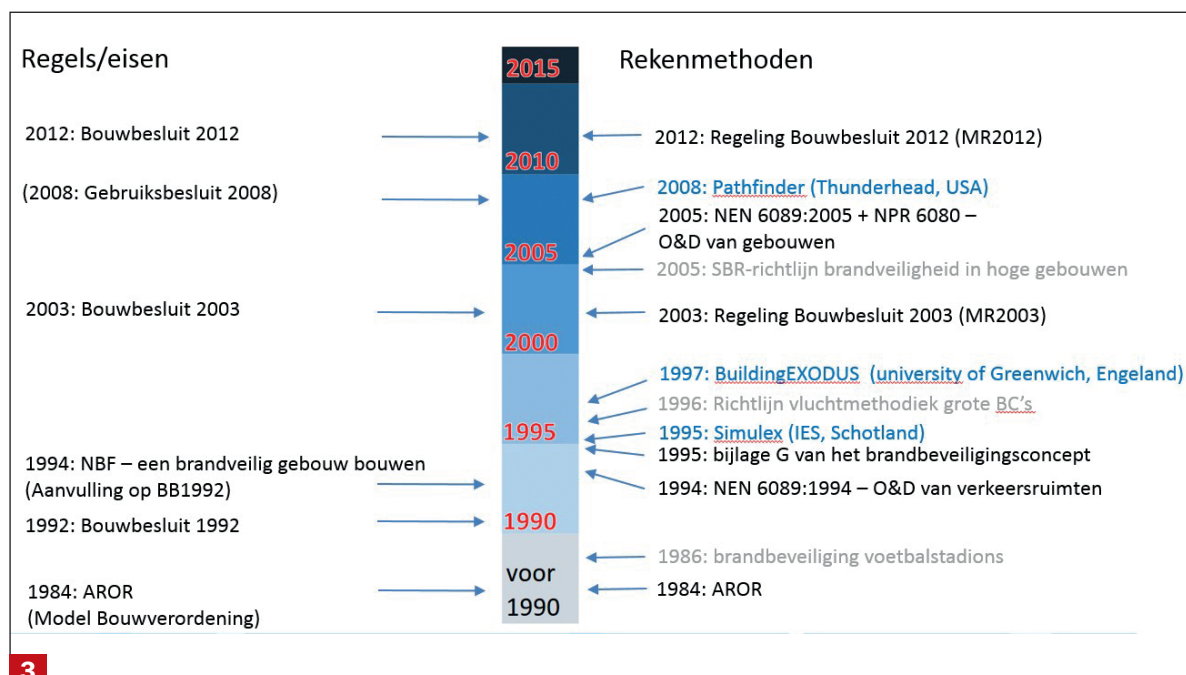
2 Mensenmassa in Mekka tijdens de Hadj (foto: Muhammad Mahdi Karim, Wikipedia)

zig zijn en moet er een beperking zijn op de totale bezetting. Een goed voorbeeld waar bijna jaarlijks mensen onder de voet worden gelopen of worden verdrukt is bij de Hadj (de pelgrimstocht door Moslims naar Mekka), zie figuur 2. Een ander bekend voorbeeld is het drama tijdens de Love Parade in Duisburg (2010), waarbij 21 mensen om kwamen en honderden gewonden vielen door verdrukking als gevolg van een te grote mensenmassa in combinatie met onvoldoende doorgangsbreedte.

Gelukkig zijn er in Nederland de afgelopen 25 jaar geen incidenten voorgekomen met eenzelfde omvang als de hierboven genoemde voorbeelden uit het buitenland. Dit geeft wel aan dat de vluchtsituaties in Nederlandse gebouwen relatief veilig zijn, door de aandacht voor veilig vluchten tijdens het ontwerp en het gebruik.

Ondanks dat, zijn er ook in Nederland incidenten bekend waarbij mensen om het leven zijn gekomen. Hieraan liggen verschillende oorzaken ten grondslag. Bijvoorbeeld

Pension de Vogel (1994), waar 11 mensen om het leven kwamen omdat ze niet tijdig werden gewaarschuwd terwijl ze lagen te slapen. Een ander voorbeeld is de nieuwjaarsbrand in café Het Hemeltje in Volendam (2001) waarbij de kerstversiering aan het plafond vlam vatte en de brand zich razendsnel via het plafond verspreidde, waardoor onvoldoende tijd was om te vluchten. Hierbij kwamen 14 mensen om het leven. Tot slot de brand in het cellencomplex van Schiphol (2005). Hierbij vielen 11 doden, onder andere omdat ze ingesloten waren en daardoor niet direct konden vluchten. Ook hier faalde dus het vluchtplan. Deze brand heeft grote invloed gehad op het verhogen van de bewustwording van brandveiligheid bij de overheid. Naar aanleiding van deze brand is het 'actieprogramma brandveiligheid' opgericht door het ministerie van BZK en het ministerie van VROM (2007) [8]. De hoofddoelstelling van dit actieprogramma was het verhogen van het brandveiligheidsbewustzijn bij verantwoordelijken in het bouwproces.



3 Historisch overzicht wetgeving/richtlijnen (linker kolom) en rekenmethoden (rechter kolom) voor wat betreft vluchtveiligheid. Bij de rekenmethoden is onderscheid gemaakt in algemeen geldende rekenmethoden (zwarte tekst), rekenmethoden voor een specifiek type gebouw (grijze tekst) en ontruimingssimulatiemodellen (blauwe tekst)

WETGEVING EN RICHTLIJNEN

In de afgelopen 25 jaar is de regelgeving in Nederland voor wat betreft brandveiligheid steeds verder ontwikkeld en uitgebreid. In figuur 3 is een historisch overzicht gegeven van wetgeving/richtlijnen en rekenmethoden voor wat betreft vluchtveiligheid.

In 1992 werd de eerste officiële wetgeving van kracht in de vorm van het Bouwbesluit 1992. Daarvoor werd bij het ontwerpen voor wat betreft vluchtveiligheid gebruik gemaakt van de Algemene Richtlijnen Ontvluchting en Redding (AROR, [1]). Hierin stonden enkele eisen voor brandveiligheid en eenvoudige vuistregels voor de doorstroomcapaciteit van uitgangen. Deze eisen en regels zijn als basis gebruikt voor het Bouwbesluit 1992. In 1994 is de richtlijn 'Een brandveilig gebouw bouwen' door de Nederlandse Brandweer Federatie (NBF) op de markt gebracht als aanvulling op het Bouwbesluit 1992. Hierin zijn meerdere functies beschreven, aanvullend op de drie functies (woonfunctie, logiesfunctie en kantoorfunctie) uit het Bouwbesluit. In hetzelfde jaar is de NEN 6089:1994 ontwikkeld, hierin stonden vuistregels voor de opvangcapaciteit. Vervolgens is in 1995 het brandbeveiligingsconcept (handreiking brandweer) ontwikkeld. In bijlage G van 'Brandbeveiligingsconcept, gebouwen met een publieksfunctie' [6] is een rekenmethode beschreven die gebaseerd is op looptijden voor en na obstakels en de passeertijd van de obstakels. Deze methode kan tegenwoordig nog steeds worden toegepast, als alternatief op de nieuwere methodes. In 2003 kwam er een nieuwe versie van het Bouwbesluit uit. In de bijbehorende Regeling Bouwbesluit 2003 (MR2003) is een rekenmethode opgenomen voor het veilig vluchten. Het betreft een opvangen doorstroomcapaciteitsberekening waarbij de maximale ontruimingstijd van het rookcompartiment (1 minuut) en van het gebouw (meestal 15 minuten) wordt getoetst. In 2005 is er een nieuwe versie van de NEN6089 ontwikkeld met de bijbehorende rekensoftware (NPR 6080). Hierin zijn de wachttijden geïntroduceerd. Het gaat daarbij om de maximale wachttijden buiten trappenhuizen die zijn toegestaan, om te voorkomen dat mensen te lang moeten wachten in een grote groep met een hoge persoonsdichtheid. Hiermee wordt voorkomen dat een stressvolle situatie ontstaat waarbij mensen extreem vluchtgedrag kunnen gaan vertonen. Deze rekenmethodiek met wachttijden is grotendeels overgenomen in de Regeling Bouwbesluit 2012 (MR2012). Deze MR2012 hoort bij het huidige Bouwbesluit 2012. De rekenregels voor de doorstroomcapaciteit die worden gehanteerd in de rekenmethode uit de MR2012 volgen dan ook uit dit Bouwbesluit.

Tevens zijn er in de afgelopen jaren enkele rekenrichtlijnen ontworpen die speciaal bedoeld zijn voor het vluchten uit specifieke gebouwen, zoals voetbalstadions, grote brandcompartimenten en hoogbouw. De rekenregels voor de opvang- en doorstroomcapaciteit die aan de basis van deze rekenmethoden liggen zijn vergelijkbaar met de rekenregels uit de algemene rekenmethoden (MR2003/MR2012), echter wordt in deze methoden ook specifiek gekeken naar extra factoren die de ontruiming kunnen vertragen (bijvoorbeeld de extra tijd die nodig is om uit te rusten tijdens de ontvluchting van hoogbouw).

De regels, eisen en rekenmethoden zijn in de afgelopen jaren dus steeds verder uitgebreid. Opmerkelijk is wel dat de eisen/rekenregels uit de AROR [1] nog steeds de basis vormen van het huidige Bouwbesluit 2012. Enkele voorbeelden daarvan zijn:

- Doorstroomcapaciteit doorgang is 90 personen per meter breedte.
- Maximale loopafstand 30 meter.
- Tweede vluchtroute noodzakelijk bij meer dan 200 (is nu 150) personen.
- Deur moet met de vluchtrichting meedraaien.
- Panieksluiting indien meer dan 100 personen op de deur aangewezen zijn.

TYPEN ONTRUIMINGSMODELLEN

In de afgelopen jaren zijn er verschillende ontruimingsmodellen ontwikkeld, hierbij wordt onderscheid gemaakt in handrekenmodellen en simulatiemodellen. Handrekenmodellen zijn grofweg in te delen in twee typen:

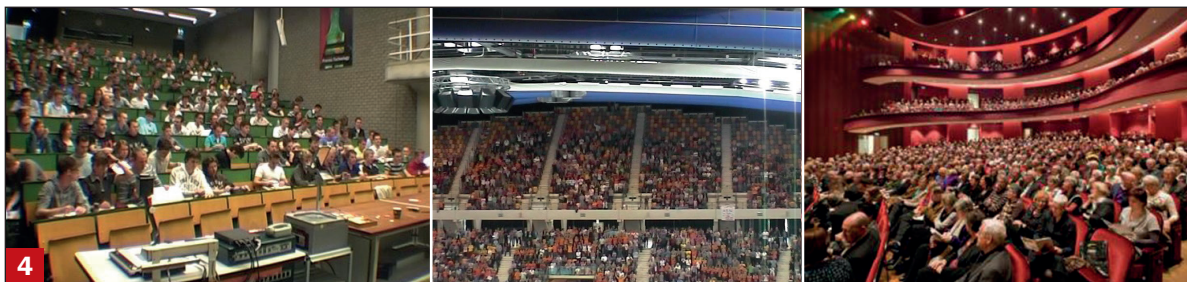
1. Modellen gebaseerd op het verticaal vluchten. Hierbij wordt hoofdzakelijk gekeken naar het vluchten door trappenhuizen (bijvoorbeeld MR2012).
2. Modellen gebaseerd op het horizontaal vluchten. Hierbij wordt hoofdzakelijk het passeren van obstakels beoordeeld (bijvoorbeeld bijlage G van het brandbeveiligingsconcept).

Als een ontwerp voldoet aan de prestatie-eisen voor veilig vluchten uit het Bouwbesluit 2012, zoals minimale doorgangsbreedten en loopafstanden, is het gebruikelijk om de MR2012 toe te passen (dus type 1). Indien er gebruik gemaakt wordt van een gelijkwaardigheid, een zogenoemde ASET-RSET vergelijking, wordt meestal type 2 toegepast. Bij een ASET-RSET vergelijking wordt de beschikbare (ASET) en de benodigde (RSET) ontruimingstijd tegen elkaar uitgezet. De ASET wordt bepaald aan de hand van een rookmodel (bijvoorbeeld het vultijdenmodel) en de RSET aan de hand van een ontruimingsmodel (meestal type 2).

In plaats van rekenmodel type 2 wordt tegenwoordig voor het bepalen van de RSET in een ASET-RSET vergelijking ook gebruik gemaakt van ontruimingssimulaties. Eén van de eerste simulatiemodellen is Simulex (IES), de eerste versie is in 1995 op de markt gebracht. Dit is in hetzelfde jaar dat de bijlage G-rekenmethode (van het brandbeveiligingsconcept) is ontwikkeld. Een ander veel toegepast simulatiemodel is BuildingEXODUS (University of Greenwich). Deze is ontwikkeld in 1997, maar is de afgelopen jaren doorontwikkeld met de kennis van nu. Eén van de meest recent ontwikkelde simulatiemodellen is Pathfinder (Thunderhead engineering) uit 2008.

Er zijn verschillende redenen om een simulatiemodel toe te passen in plaats van een handrekenmethode, onder andere:

- Meer inzicht wenselijk in het verloop van een ontruiming dan dat een cijfermatige berekening oplevert.
- Er is sprake van achterwaartse opstuwing. Dit wil zeggen dat een obstakel in een vluchtroute ervoor zorgt dat de doorstroomcapaciteit van een obstakel eerder op de route niet optimaal gebruikt kan worden.



4 Colleegezaal W-hoog TU/e, grote tribune Wieleratletiekhal Omnisport en Rabozaal Parkstad Limburg Theater

- De lay-out van het gebouw valt buiten de ‘standaard’ Bouwbesluit modellering (complexe vluchtroutes).
- Ontruiming van tribunes of andere hoogteverschillen.
- Er zijn veel bochten en/of samenvoegende stromingen die voor vertraging zorgen (bijvoorbeeld bij gefaseerde ontruiming).

ONDERZOEK: BEOORDELING VAN DE PRESTATIES VAN ONTRUIMINGSMODELLEN

Het steeds vaker toepassen van simulatiemodellen is de reden geweest om een onderzoek [2] uit te voeren naar de betrouwbaarheid van deze modellen. In dit onderzoek zijn drie simulatiemodellen (Simulex [3], BuildingEXODUS [4] en Pathfinder [5]) en een handrekenmodel (bijlage G, [6]) met elkaar en met praktijksituaties vergeleken. Het doel van het onderzoek is het geven van een beoordeling van de prestaties van het handrekenmodel en de simulatiemodellen, bij toepassing op grote, hoge ruimten met zittribunes en een hoge bezoekersdichtheid.

Voor het onderzoek zijn video-opnames gemaakt van de leegloop van drie verschillende ruimten met zittribunes en een hoge bezoekersdichtheid. Het betrof een ‘normale’ situatie, er was dus geen sprake van een evacuatie of oefening (geen brand of brandalarmering). Er zijn opnames gemaakt na drie colleges in de collegezaal W-hoog op de TU/e, na één volleybal-wedstrijd in de Wieleratletiekhal in het Omnisport Apeldoorn en na twee voorstellingen in de Rabozaal van het Parkstad Limburg Theater in Heerlen (zie figuur 4). De leegloop van de verschillende ruimten is vervolgens nagebootst in de simulatie- en rekenmodellen. De beoordeling van de prestaties van de modellen is gebaseerd op de vergelijking van de resultaten van de modellen met de bevindingen uit de opnames.

RESULTATEN ONDERZOEK

De vergelijking van de resultaten van de modellen en de bevindingen uit de video-opnames is op twee manieren gedaan:

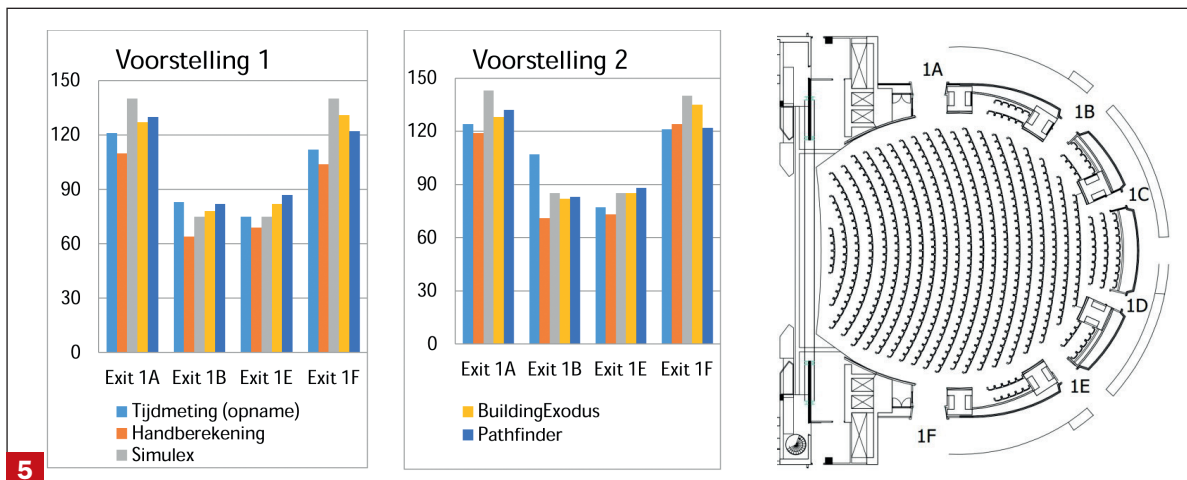
1. Vergelijking van de ontruimingstijden van de tribune/tribunezaal.
2. Analyseren van de bottlenecks op de vluchtroute.

Ad 1. Vergelijken ontruimingstijden

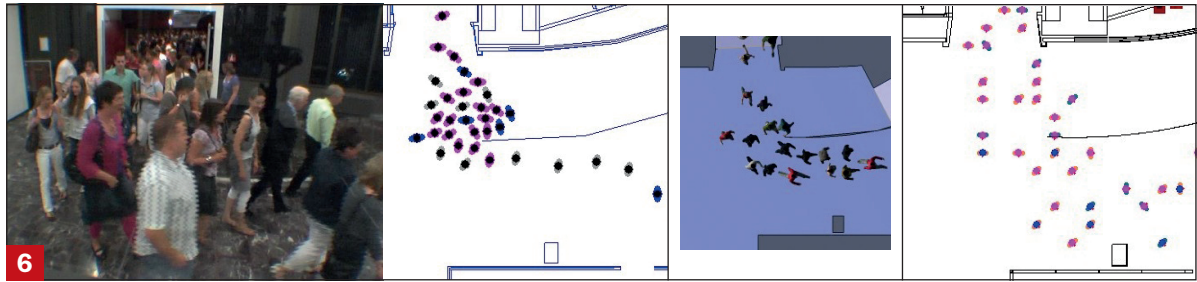
De resulterende ontruimingstijden uit zowel de opnames als de modellen zijn tegen elkaar uitgezet. Vervolgens is een analyse gemaakt van de afwijkende tijden, om de oorzaken van deze afwijkingen te achterhalen.

Als voorbeeld zijn in figuur 5 de resultaten weergegeven van de ontruimingstijden per uitgang van de Rabozaal (Parkstad Limburg Theater). Tevens is een plattegrond weergegeven van de zaal waarin de uitgangen genummerd zijn. Uit de analyse van de afwijkingen volgt onder andere:

- Afwijking Simulex, exit 1A/1F: achter deze uitgangen bevindt zich een bocht. In Simulex houden de personen zich strikt aan de kortste route, waardoor personen één voor één een bocht omlopen en dus geen gebruik maken van de aanwezige bochtbreedte. Dit zorgt voor een erg lage doorstroomcapaciteit.
- Afwijking handberekening, exit 1A/1F (voorstelling 1): bij de handrekenmethode worden bochten en samenvoegen van stromen buiten beschouwing gelaten.
- Afwijking BuildingEXODUS, exit 1F: de hellingbanen in de zaal zijn in BuildingEXODUS als traptreden gemodelleerd, dit zorgt voor een lagere doorstroomcapaciteit.



5 Ontruimingstijden per uitgang van de leegstroom van de Rabozaal (Parkstad Limburg Theater), inclusief plattegrond van de zaal



Passeren van een bocht, van links naar rechts: videobeelden, Simulex, Pathfinder en BuildingEXODUS

- Afwijking alle modellen, exit 1B (voorstelling 2): na de voorstelling bleven enkele personen nog even staan in de zaal (klappen, napraten), dit is de reactietijd. In de modellen is de reactietijd toegevoegd als een gemiddelde waarde inclusief een maximale afwijking (range). In dit geval valt de werkelijke reactietijd buiten de range die is aangehouden in de modellen.

Ad 2. Analyseren bottlenecks

Met de gegevens uit de opnames is tevens de manier van passeren van verschillende bottlenecks op de route in kaart gebracht. Hierbij is gekeken naar bottlenecks op de totale route van zitplaats op de tribune tot buiten, zoals doorgangen, het verplaatsen op de tribune, het instromen op de tribuneopgang/omloop, rijvorming, trappen en bochten. Vervolgens is de werkelijke manier van passeren vergeleken met de resultaten uit de modellen.

Als voorbeeld voor de doorstroming van een bocht geldt dat de loopsnelheid en de benutting van de bochtbreedte van belang is. Hiermee wordt bedoeld het aantal personen dat naast elkaar de bocht neemt. Uit de opnames blijkt dat mensen in een bocht van 90° het liefst de binnenbocht nemen, maar dat een groot gedeelte van de bochtbreedte wel benut wordt als het druk is. De doorstroming van een bocht is afhankelijk van de breedte van de bocht en de breedte van de vorige bottleneck. Maar het is ook afhankelijk van het afsnijdgedrag van mensen. In werkelijkheid gaan mensen afsnijden als dit mogelijk is, omdat de binnenbocht zorgt voor een kleinere loopafstand. Hierdoor is de persoonsdichtheid van de binnenbocht hoger dan die van de buitenbocht. In de buitenbocht is dus meer loopruimte waardoor de loopsnelheid hoger ligt dan in de binnenbocht. Vaak lopen daar (vitale) mensen die inhalen.

In het handrekenmodel worden bochten buiten beschouwing gelaten. In de simulatiemodellen vormen bochten wel een bottleneck. Door het kortste-route algoritme in Simulex willen alle personen de kortst mogelijke bocht lopen. Hierdoor gaan personen met één of twee personen tegelijk door de bocht, ongeacht de breedte van de bocht. Hierdoor ontstaat er vaak een onrealistische opstopping voor de bocht en wordt de doorstroomcapaciteit van de bocht onrealistisch laag. Dit is ook te zien bij de 90° bocht in het Parkstad Limburg Theater (zie figuur 6). De personen hopen zich op achter het hekje om vervolgens één voor één de binnenbocht te nemen.

In Pathfinder en in BuildingEXODUS (indien gebruikgemaakt wordt van de juiste gedragsfuncties) wijken personen uit voor elkaar als de persoonsdichtheid hoger wordt.

Hierdoor gaan meer mensen de buitenbocht nemen naarmate het drukker wordt. Wel blijft de persoonsdichtheid in de binnenbocht hoger dan in de buitenbocht.

In figuur 6 is de vergelijking weergegeven van het passeren van een bocht tijdens de opnames en in de drie simulatiemodellen.

CONCLUSIES ONDERZOEK

Uit het onderzoek volgen verschillende conclusies en aanbevelingen die betrekking hebben op het juiste gebruik en invoer van de modellen, om een zo realistisch mogelijke voorspelling te kunnen doen van een ontruiming. De conclusies en aanbevelingen bestaan uit realistische waarden voor belangrijke parameters, belangrijke aspecten die ontbreken in de verschillende modellen en de invloed van verschillende gedragsaspecten die in de modellen wel of niet mee worden genomen.

In hoofdlijnen kan voor de resultaten van de verschillende modellen het volgende worden geconcludeerd:

- Bij de handberekening wordt aanbevolen conservatieve inputwaarden te gebruiken, omdat dynamisch gedrag niet meegenomen wordt in de berekening. Dit betekent dat er geen rekening gehouden wordt met mogelijke vertragingen door bochten en het samenvoegen van mensenstromen.
- Met een handberekening wordt het benodigde oppervlakte aan opvanggebied bepaald. Echter kan het zijn dat een opvanggebied niet optimaal/volledig gebruikt wordt, door de vorm van het opvanggebied en/of de positie van de toegang en uitgang van het opvanggebied. Het gebied dat daadwerkelijk gebruikt wordt als opvang, wordt met een handrekenmodel niet inzichtelijk gemaakt. Hierdoor kan het berekende oppervlakte aan opvanggebied groter zijn dan het werkelijk gebruikte oppervlakte.
- In Simulex hebben de personen een sterke voorkeur voor de kortste route. Dit heeft een negatieve invloed op de doorstroomcapaciteit. Vooral bij bochten ontstaat hierdoor een onrealistisch lage doorstroomcapaciteit.
- Simulex is niet erg gebruiksvriendelijk. De personen in Simulex lopen zich vaak vast tegen elkaar of het gebouw. En er zijn hulplijnen (fictieve wanden) noodzakelijk om te zorgen voor een juiste persoonsverdeling en een betere verdeling over de breedte van obstakels.
- BuildingEXODUS en Pathfinder geven realistische resultaten bij de juiste invoer. Dat wil zeggen dat de gebruiker van het programma moet zorgen voor een realistische persoonsverdeling en detectie- en reactietijd. Daarnaast moeten de juiste gedragsopties worden toegepast.

Verder geldt voor alle modellen dat de resultaten deels afhankelijk zijn van de invoer van een gebruiker. Met name de detectie- en reactietijd en de verdeling van de personen over de juiste uitgangen is van cruciaal belang voor de uitkomsten van het model. Er is echter nog onvoldoende onderzoek gedaan naar gemiddelde reactie- en detectietijden en de mogelijke afwijkingen daarin in geval van een brand. Er moet dus een conservatieve maar realistische reactie- en detectietijd toegevoegd worden aan de totale verplaatsingstijd. Daarnaast is geen van de programma's in staat om in iedere situatie zelf een realistische verdeling te maken van de aanwezige personen in de simulatie. De verdeling van de personen moet dus worden gecontroleerd en eventueel worden gecorrigeerd aan de hand van de ervaring van de gebruiker van het model. De methodes om invloed uit te oefenen op de persoonsverdeling door de gebruiker, zijn afhankelijk van het model. In het ene model is dit dus ook eenvoudiger en realistischer dan in het andere model. Bijvoorbeeld in Simulex moet dit door middel van hulplijnen, waardoor de verdeling geforceerd wordt. Terwijl in bijvoorbeeld BuildingEXODUS een uitgangkeuze kan worden beïnvloed door aanpassingen in het (keuze)gedrag van de personen. Dit resulteert in realistischere looproutes en persoonsverdelingen.

Verskil tussen een normale leegloop en een evacuatie

Tot slot zijn er nog verschillen tussen een normale situatie, waarop het onderzoek gebaseerd is, en een echte evacuatie. Er zijn twee hoofdoorzaken aan te wijzen voor de afwijkingen tussen de leegstroom van een ruimte in een normale situatie en een evacuatie:

- Er is geen sprake van brand en/of brandalarmering. Het gedrag als reactie op omstandigheden van een brand wordt dus niet meegenomen in het onderzoek. Dit heeft invloed op de reactietijd, vluchtdrang (stress) en mogelijk op de fysieke condities en het zicht van mensen door aanwezigheid van rook e.d. Tevens wordt de besluitvorming van mensen beïnvloed door de omgevingscondities door brand. Men gaat bijvoorbeeld eerder uitwijken naar een andere uitgang en uitgangen kunnen onbegaanbaar worden.
- De gebouwsituatie is op enkele punten verschillend. De verschillen in de gebouwsituatie zorgen ervoor dat er andere routes mogelijk zijn (de noodroutes), van sommige routes geen gebruik gemaakt mag worden (lift) en dat er meer sturing is bij het maken van de routekeuze (getraind personeel).

Het doel van het onderzoek was echter om de prestaties van de modellen te beoordelen. Hierbij is met name gekeken naar het passeren van bottlenecks en het verlaten van een tribune(ruimte). De persoonsverdeling over de tribuneopgangen en de uitgangen van de tribune(ruimte) zullen niet afwijken, omdat in beide situaties de mensen zo snel mogelijk de zaal willen verlaten. In de onderzochte ruimten zijn geen nooduitgangen aanwezig die niet worden gebruikt in normaal gebruik. Dit geldt niet voor de routes en keuzes in de rest van het gebouw (buiten de tribuneruimte). Ook de populatiesamenstelling en groepsgedrag wijken niet af, bekenden willen in beide situaties bij elkaar blijven. Tot slot is de manier van passeren van een bottleneck vergelijkbaar. Uit het SFPE handbook [7] volgt

dat mensen bij een calamiteit niet sneller reageren of efficiënter bewegen dan in een normale situatie.

De verschillen hebben met name invloed op de reactietijd, de verdeling van personen en de afwijking in keuze voor een uitgang. Dit zijn aspecten die door de gebruiker moeten worden toegevoegd aan de modellen op basis van ervaring. Hier geeft het onderzoek geen uitsluitel over. Daarnaast is er onvoldoende onderzoek gedaan naar het gedrag (vluchtdrang) van mensen tijdens een evacuatie. Op dit moment wordt hiervoor nog altijd aangenomen dat deze vergelijkbaar is met een normale leegloop van een gebouw. Verder is het uitgangspunt dat, tijdens het vluchten, het zicht en de fysieke condities niet zo ver mogen verslechteren dat het vluchten erdoor wordt belemmerd. Men moet dan al de ruimte hebben verlaten.

TOT SLOT

In de afgelopen jaren is de complexiteit van gebouwen en mensenstromen toegenomen. Tevens is het bewustzijn van een veilige ontvluchting gegroeid. Hierdoor zijn de regels, rekenmethoden en simulatiemodellen steeds uitgebreider, specifiek en complexer geworden. Onder andere het toepassen van ontruimingssimulatiemodellen is toegenomen. Men is vaak huiverig over de resultaten van simulatiemodellen. Daarom is het belangrijk dat de resultaten van dit soort modellen worden gevalideerd. Daarnaast is het van groot belang dat de juiste input wordt geleverd aan een model, dit gebeurt op basis van ervaring en onderzoek. Voor ieder model geldt namelijk "rubbish in, is rubbish out". ■

BRONNEN

- ▶ [1] Algemene Richtlijn Ontvluchting en Redding (AROR), ingevolge art. 44 van de brandbeveiligingsverordening, Amsterdam, 1984
- ▶ [2] Wijnhoven, P., 'Beoordeling van de prestaties van evacuatiemodellen, bij toepassing op grote, hoge ruimtes met zittribunes en een hoge persoonsdichtheid.', Technische Universiteit Eindhoven (TU/e), April 2010
- ▶ [3] Thompson, P.A. and Marchant, E.W (1997), 'a computer model for the evacuation of large building populations' and 'Modelling evacuation in multi-storey buildings with Simulex'; University of Edinburgh, Scotland
- ▶ [4] Galea, E.R., Gwynne, S., Lawrence, P.J., Filippidis, L., Blackshields, D., Cooney, D. (2013), 'BuildingEXODUS v6.0, User guide and technical manual'; University of Greenwich, November 2013, revision 1.1
- ▶ [5] Thunderhead Engineering; Pathfinder 2014(.1.0319), 'User Manual and Technical Reference', Manhattan USA; March 2014
- ▶ [6] Bijlage G van 'Brandbeveiligingsconcept, gebouwen met een publieksfunctie', handreiking brandweer beleidsadvies, 1995
- ▶ [7] DiNenno, P.J., 'SFPE Handbook of Fire Protection Engineering', Hughes Associates, Inc., Quincy, Massachusetts, USA; 2002 (sec.3 chapter 12-14)
- ▶ [8] 'Actieprogramma Brandveiligheid', het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) en het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), januari 2007