

# Brandveiligheidsanalyse van semi-open parkeergarages

De ontwerprichtlijn NEN2443 schrijft met betrekking tot het brandveilig ontwerpen van semi-open parkeergarages ofwel (1) een minimale hoeveelheid open geveloppervlak voor, of (2) een minimale ventilatievoud. Dit heeft als doel om in geval van brand de ontwikkelde rook en warmte op een effectieve manier af te voeren uit de parkeergarage. In deze studie zijn zeven verschillende varianten beoordeeld op hun brandveiligheid door middel van gevalideerde Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties. Deze varianten voldoen alle aan de NEN2443. Geconcludeerd wordt dat drie van de zeven varianten een onvoldoende hoog brandveiligheidsniveau hadden.

Ir. M.G.M. (Mike) van der Heijden, Technische Universiteit Eindhoven, dr.ir. M.G.L.C. (Marcel) Loomans, Technische Universiteit Eindhoven, ir. A.D. (Tony) Lemaire, Efectis Nederland B.V., prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen, Unit Building Physics and Services, Technische Universiteit Eindhoven.

Uit onderzoek in de Verenigde Staten blijkt dat er in 2002 ongeveer 329.500 voertuigbranden waren, die zorgden voor 17% van het totaal aan brand gerelateerde slachtoffers en voor ongeveer \$1.400.000.000 aan directe schade [1]. Daarnaast is duidelijk uit statistieken van het CBS [2] dat het aantal motorvoertuigen in Nederland de afgelopen zes jaar met ongeveer 11% is toegenomen. Hierdoor neemt de vraag naar parkeerruimte toe. Dat zorgt samen met het niet voorhanden zijn van bruikbare grond in grote steden, tot het bouwen van parkeergarages [3]. Maar dit kan, zoals hiervoor aangegeven, leiden tot een significant risico. Dit risico wordt tot een geaccepteerd niveau gereduceerd door een ontwerp te toetsen aan het bouwbesluit. Parkeergarages voldoen vaak niet aan de in het bouwbesluit genoemde prestatie-eis voor de maximale grote van een brandcompartiment. Het bouwbesluit staat dit toe zolang wordt aangetoond dat het ontwerp

een gelijkwaardig brandveiligheidsniveau heeft [4]. Voor het aantonen van gelijkwaardigheid bij semi-open parkeergarages wordt in praktijk vaak de ontwerprichtlijn NEN2443 [5] gebruikt, die als eis voor de geometrie van de garage stelt dat:

- ten minste twee tegenover elkaar liggende geveldelen open dienen te zijn;
- deze gevelopeningen een oppervlakte dienen te hebben van tenminste 1/3 van het totaal aan geveloppervlak en oppervlak van binnenwanden, of 2,5% van het totale vloeroppervlak;
- deze geveldelen maximaal 54 meter van elkaar verwijderd mogen zijn;
- binnenwanden geen beperking mogen opleveren voor de ventilatie (te berekenen m.b.v. NEN1087);
- de laagste vloer in de garage niet meer dan 1,4 meter onder het maaiveld mag liggen.

Maar of deze eisen daadwerkelijk tot een voldoende hoog brandveiligheidsniveau leiden voor veilig brandweer ingrijpen, is nog nooit systematisch onderzocht. Het doel van dit onderzoek was om vast te stellen in hoeverre de eisen uit de NEN2443 resulteren in een brandveilig ontwerp.

## **METHODOLOGIE**

Om de Nederlandse regelgeving voor semi-open parkeergarages te toetsen, is een inventaris gemaakt van de dimensies van 75 semi-open parkeergarages in Nederland (zie figuur 1). Hieruit is een typische semi-open parkeergarage voor Nederland afgeleid. Voor deze parkeergarage zijn zeven varianten gecreëerd die voldoen aan de NEN2443, waarbij gevelopeningen zijn verschoven en verschillende winddrukken zijn opgelegd. Het brandveiligheidsniveau van deze zeven varianten is getoetst aan de hand van gevalideerde com-

putational fluid dynamics (CFD) simulaties. Hierbij werd verondersteld dat de brandweer een brand enkel veilig kan benaderen indien:

- de maximale temperatuur op hoofdhoogte niet hoger is dan 100°C;
- de maximale temperatuur van de rooklaag niet hoger is dan 270°C;
- een minimale zichtlengte van 30 meter richting de brandhaard aanwezig is.

Met behulp van deze criteria wordt uiteindelijk een uitspraak gedaan over de brandveiligheid van semi-open parkeergarages indien deze worden ontworpen volgens de NEN2443.

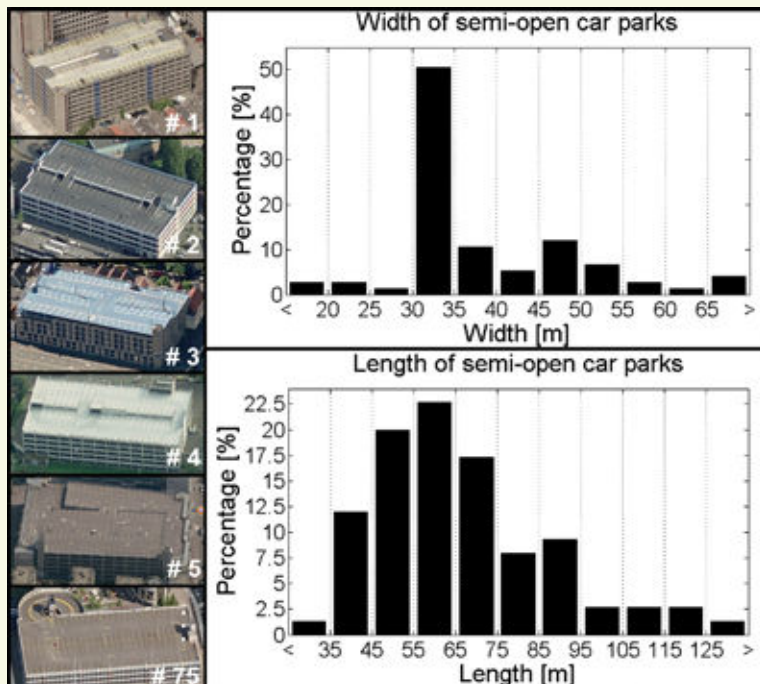
### Validatie

De validatie van de CFD-simulatie werd verkregen aan de hand van een onderzoek zoals beschreven door Hu et al. [6]. In dit onderzoek werd beschreven hoe een dieselvuur van 1,5 MW werd gecreëerd aan het gesloten uiteinde van een 88 meter lange gang. In deze gang werd door middel van 49 thermokoppels en acht thermistors de temperatuur langs het plafond gemeten gedurende de brandtijd van het vuur. Door het uitvoeren van een CFD-simulatie van deze situatie is nagegaan of de gebruikte modellen en aannamen tot een voldoende nauwkeurig resultaat leiden. In figuur 2 is de vergelijking tussen de meet- en simulatieresultaten zichtbaar. Deze resultaten zijn vertaald naar een 3D-situatie en vergeleken met de empirische Alpert-correlaties [7]. Hieruit is geconcludeerd dat de resultaten van de CFD-simulatie voldoende nauwkeurig zijn voor het kunnen toetsen van de verschillende varianten.

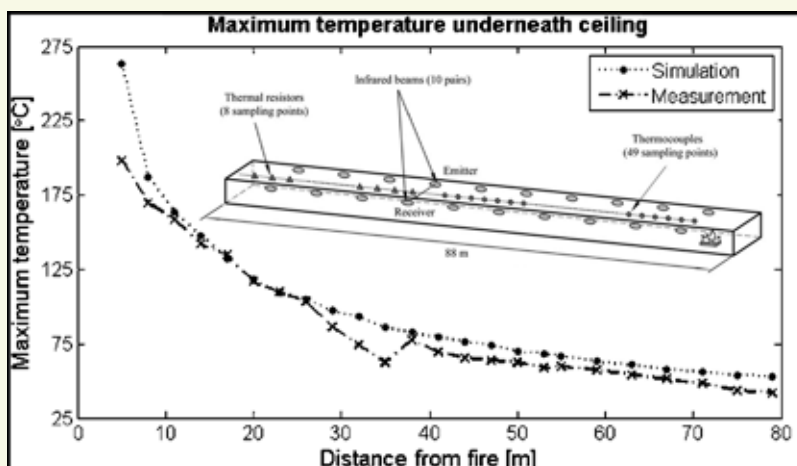
### Brandcurve

Op basis van 405 parkeergaragebranden die door de brandweer van Parijs zijn gerapporteerd, kan worden geconcludeerd dat het het meest waarschijnlijk is dat er slechts één auto brandt tijdens een parkeergaragebrand [8]. Eveneens blijkt dat het onwaarschijnlijk is dat er meer dan drie auto's branden. Voor de simulaties zijn daarom drie verschillende volumes gecreëerd waarbij op verschillende momenten de hitte en rook van een brandende auto wordt vrijgelaten.

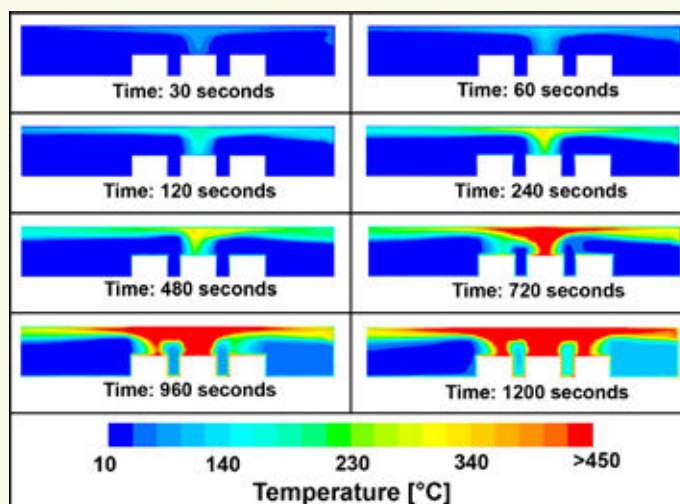
Er is aangenomen dat de brand tien minuten na de ontsteking overslaat naar een tweede auto en vijf minuten daarna naar de derde auto. Voor de brandweer is aangenomen dat er vijf minuten nodig zijn voor de detectie en doormelding van de brand, vervolgens tien minuten om de locatie van de brand te berekenen, nogmaals vijf minuten om de inzet voor te bereiden op locatie en uiteindelijk nogmaals vijf minuten om de brand te blussen. Dit is in lijn met de ontwerpnorm NEN6098 [9].



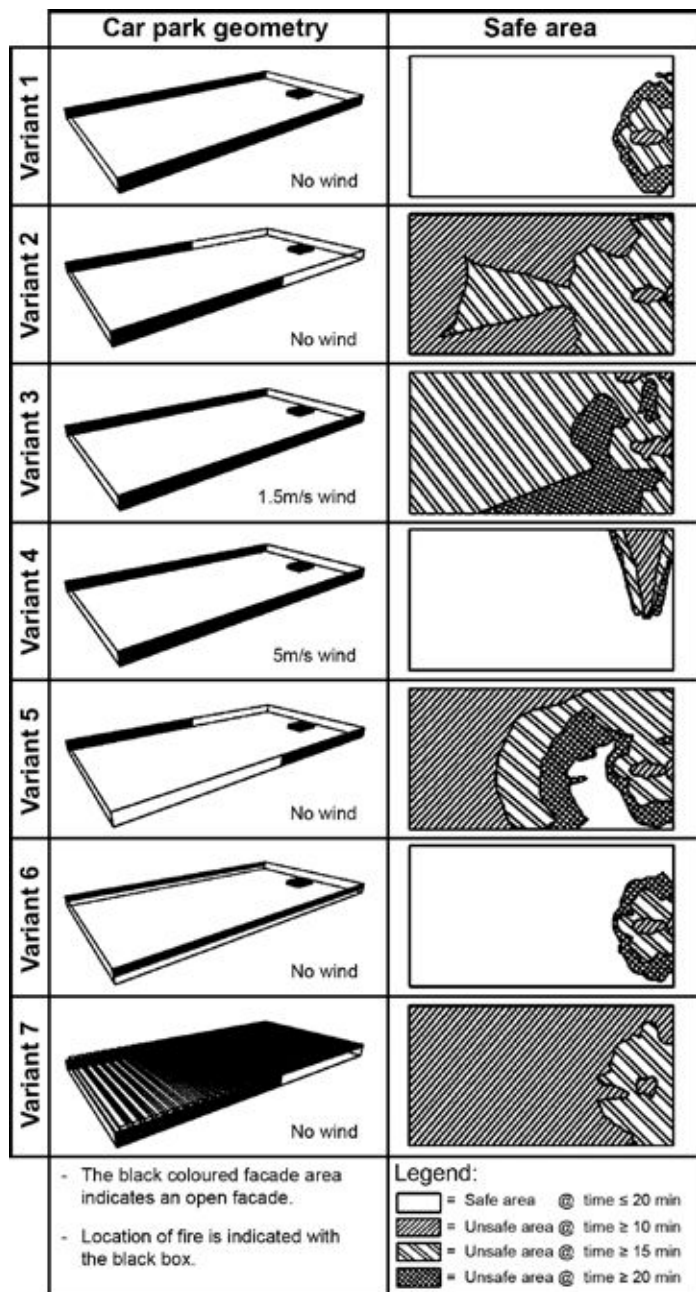
-Figuur 1- Overzicht van de steekproef van 75 semi-open parkeergarages



-Figuur 2- Vergelijking van CFD-resultaten met de metingen (metingen uitgevoerd door Hu et al. [6])



-Figuur 3- Temperatuur nabij de brandende auto's in variant één (afgebeeld als een dwarsdoorsnede door deze auto's)



-Figuur 4- Overzicht van de geometrie van de zeven varianten samen met het resulterende veilige en onveilige oppervlak op verschillende tijden

veiligheidsniveau twijfelachtig. Er is namelijk een klein gebied nabij de brand van waaruit de brandweer zou kunnen opereren. Het is echter onduidelijk hoe snel deze situatie zou kunnen veranderen.

## CONCLUSIE

Dit onderzoek had als doel om vast te stellen in hoeverre de eisen uit de NEN2443 leiden tot een brandveilig ontwerp. Uit dit numerieke onderzoek blijkt dat drie van de zeven onderzochte varianten als onveilig worden beschouwd. Van één variant was het brandveiligheidsniveau twijfelachtig. Op basis hiervan is vastgesteld dat wanneer een garage is ontworpen volgens de NEN2443, dit kan leiden tot een onvoldoende hoog brandveiligheidsniveau wanneer wordt gelet op veilig brandweeringrijpen.

## RESULTATEN

Zoals aangegeven zijn drie verschillende volumes gedefinieerd waar de hitte en rook wordt afgegeven. In figuur 3 is te zien hoe de temperatuur nabij de brandende auto's toeneemt naarmate de tijd verstrijkt. Uit deze figuur is eveneens op te maken dat de verschillende auto's op een ander tijdstip ontbranden (zoals besproken bij de methodologie). De stratificatie van de rooklaag is eveneens zichtbaar; de temperatuur nabij het plafond is namelijk significant hoger.

Om een uitspraak te kunnen doen over het brandveiligheidsniveau van de verschillende varianten, zijn de resultaten van de drie veiligheidscriteria voor veilig brandweeringrijpen gecombineerd. Door het maken van deze combinatie is vervolgens het gebied aan te wijzen dat na bepaalde tijdsintervallen als veilig of onveilig kan worden beschouwd. Een variant wordt als onveilig beschouwd indien binnen 20 minuten de brandhaard niet meer kan worden benaderd door de brandweer. Het resultaat van deze analyse is afgebeeld in figuur 4. Dit resultaat laat zien dat er significante verschillen zijn tussen de varianten. Zo blijkt dat voor referentievariant 1 en voor de varianten 4 en 6 het onbegaanbaar gebied minimaal is, en voornamelijk gelokaliseerd is nabij de brandhaard. Voor varianten 2, 3 en 7 blijkt dat er geen gebied is aan te wijzen waar het voor de brandweer veilig is. Voor variant 5 is het

## REFERENTIES

- Ahrens M., 2004. U.S. vehicle fire trends and patterns. Fire Analysis and Research Division National Fire Protection Association, pp. 1-12
- CBS 2010. Motorvoertuigen; aantal voertuigen en autodichtheid per provincie, Centraal Bureau voor Statistiek, The Netherlands, URL: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/>
- Chow W. K., 1998, On Safety Systems for Underground Car Parks, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 13, No. 3, pp. 281-287
- de Jong A. 2003. Bouwbesluit 2003, Op de voordracht van de Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, The Netherlands, nr. MJZ2000153138
- NEN 2000. Parkeren en stallen van personenauto's op terreinen en garages, NEN2443, Nederlandse Norm, The Netherlands, ICS 91.040.99
- Hu L.H., Huo R., Li Y.Z., Wang H.B., Chow W.K., 2005. Full-scale burning tests on studying smoke temperature and velocity along a corridor, Tunneling and Underground Space Technology, Vol. 20, No. 3, pp. 223-229
- Alpert R.L. 1972. Calculation of response time of ceiling-mounted fire detectors, Fire Technology, Vol. 8, No. 3, pp.181-195
- Joyeux D., Kruppa J., Cajot L., Schleich J., Leur P., Twilt L., 2001. Demonstration of real fire tests in car parks and high buildings pp. 53-66
- NEN 2010. 2e Ontwerp norm, Rookbeheersings- systemen voor mechanisch geventileerde parkeergarages, NEN6098, Nederlandse Norm, The Netherlands, ICS 13.220.20; 91.140.99

## Varianten

Er zijn zeven verschillende varianten gebruikt in dit onderzoek. Hierbij wordt de eerste variant als referentie gebruikt. Bij deze variant is de lange zijde volledig open en is geen winddruk opgelegd. Hij voldoet dus ruimschoots aan de NEN2443. Verder zijn vier varianten gecreëerd die exact voldoen aan de NEN2443; er is namelijk enkel 1/3 van het totale developervlak open. Deze vier varianten verschillen onderling in locatie van de opening en/of het in rekening brengen van de constructie (TT-liggers). Met behulp van twee extra varianten is de invloed van wind onderzocht. Bij deze twee varianten is de lange zijde volledig open en is een winddruk opgelegd die (bij afwezigheid van de brand) resulteert in een windsnelheid van 1,5 m/s en 5 m/s. Een overzicht van deze varianten is afgebeeld in figuur 4.

veau van de verschillende varianten, zijn de resultaten van de drie veiligheidscriteria voor veilig brandweeringrijpen gecombineerd. Door het maken van deze combinatie is vervolgens het gebied aan te wijzen dat na bepaalde tijdsintervallen als veilig of onveilig kan worden beschouwd. Een variant wordt als onveilig beschouwd indien binnen 20 minuten de brandhaard niet meer kan worden benaderd door de brandweer. Het resultaat van deze analyse is afgebeeld in figuur 4. Dit resultaat laat zien dat er significante verschillen zijn tussen de varianten. Zo blijkt dat voor referentievariant 1 en voor de varianten 4 en 6 het onbegaanbaar gebied minimaal is, en voornamelijk gelokaliseerd is nabij de brandhaard. Voor varianten 2, 3 en 7 blijkt dat er geen gebied is aan te wijzen waar het voor de brandweer veilig is. Voor variant 5 is het