

Stuwdrukventilatie in parkeergarages

De laatste jaren is er een tendens naar het bouwen van grote parkeergarages, vaak ondergronds. De garages moeten dan in principe als gesloten garage in de zin van NVN 2443 worden opgevat. Volgens de huidige richtlijnen moeten gesloten garages worden ingedeeld in brandcompartimenten met een oppervlakte van ten hoogste 5000 m². De hieruit voortvloeiende brandwerende wanden en deuren worden door gebruikers, ontwerpers en door de brandweer vaak als niet wenselijk ervaren. Zo zijn er bijvoorbeeld schadegevallen bekend waarbij door het wegens een valse melding sluiten van brandwerende deuren passerende auto's zijn beschadigd. Ook voor ontvluchting en het bestrijden van een brand is de huidige situatie verre van optimaal.

Uit onderzoek is inmiddels duidelijk geworden dat in een parkeergarage de brandcompartimentering in feite niet van belang is, wel het beheersen van de rookverspreiding. Hiervoor heeft echter geen 'harde' scheiding als een wand te worden toegepast, ook met een goed ontworpen ventilatiesysteem kan de rookverspreiding voldoende worden beperkt. Zowel voor ontwikkelaars en gebruikers van parkeergarages als voor de brandweer bieden dergelijke systemen grote voordelen. Er wordt dan ook gewerkt aan een nieuwe regelgeving met de mogelijkheid om grote garages zonder brandcompartimentering te realiseren, gebruik makend van ventilatiesystemen.

In dit artikel wordt kort ingegaan op de achtergronden van de huidige eisen, van de brandweer en de Vexpan. Aangegeven wordt aan welke eisen het ventilatiesysteem moet voldoen. Tenslotte zal met een praktijkvoorbeeld de werking van het ventilatiesysteem worden toegelicht en worden aangegeven hoe de werking vooraf door middel van CFD-berekeningen kan worden gecontroleerd.

*-door ir. J.J. Mertens**

Om een veilig gebruik van een parkeergarage mogelijk te maken worden op diverse gebieden eisen gesteld. Wettelijke eisen zijn opgenomen in het Bouwbesluit. Als het Bouwbesluit geen formele eis geeft kunnen eisen worden ontleend aan bijvoorbeeld "Een brandveilig ge-

bouw bouwen" [1] en NVN 2443 [2]. Hoewel deze documenten geen rechtskracht hebben is het wel gebruikelijk de hierin genoemde eisen over te nemen. Het eisenniveau is mede afhankelijk van de hoogte van de parkeergarage of, als het een ondergrondse garage betreft, de diepte van de garage.

BELANGRIJKSTE EISEN

Voor de gezondheid wordt in het Bouwbesluit als eis gesteld een minimale ventilatie van 3 l/s per m² vloeroppervlakte. In de praktijk komt dit doorgaans neer op een 4 à 5 voudige ventilatie. In NVN 2443 wordt aanvullend gesteld dat (bij een verblijfstijd tot een half uur) het CO-gehalte niet meer dan 150 ppm mag bedragen.

In de gangbare installaties wordt een goede doorspoeling van de garage gerealiseerd door gebruik te maken van dwarsventilatie. Hierbij is een uitgebreid kanalenstelsel vereist. De gewenste doorspoeling, dus het voorkomen van dode hoeken, kan echter ook worden gerealiseerd met behulp van een stuw-
drukventilatiesysteem. Een kanalenstelsel kan hierbij achterwege blijven; volstaan kan worden met de schachten voor de luchttoe- en afvoer. Deze toepassing van stuwdrukventilatie is inmiddels vrij algemeen geaccepteerd.

Voor de brandveiligheid wordt, om brand beheersbaar te houden, momenteel als eis gehanteerd dat een parkeergarage moet worden onderverdeeld in brandcompartimenten met een maximale oppervlakte van 5000 m² [1] en dienen loopafstanden kort te zijn. Doorgaans wordt, gebaseerd op het Bouwbesluit, 30 m als maximum aangehouden. Soms echter wordt, op basis van NPR 2443, een maximale afstand tot een vluchtweg van 50 m aangehouden.

De genoemde eisen leggen, soms forse, beperkingen op aan het ontwerp. Dit geldt zeker in het licht van de huidige tendens tot grote parkeergarages: 15.000 m² of meer is geen uitzondering. De plaats van trappenhuisen dient voorts te stroken met zowel de parkeermogelijkheden als met de indeling van een eventueel boven de garage liggend gebouw, denk aan een parkeerga-

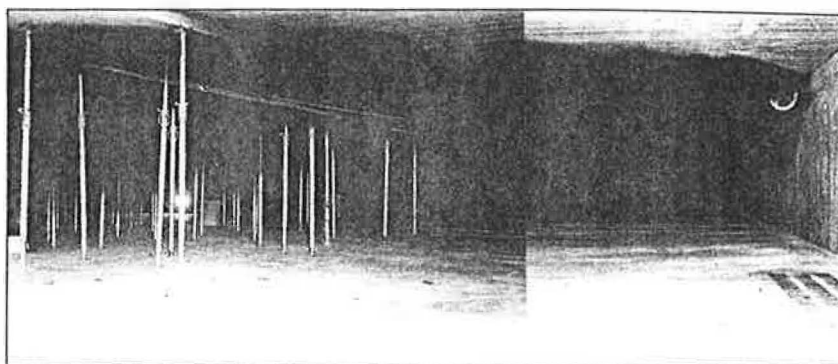
* Adviesbureau Peutz & Associés B.V., Mook

rage onder een winkelcentrum. Daarom wordt gewerkt aan een nieuwe norm ter vervanging van de NVN 2443. Verder is binnen het Landelijk Netwerk Brandpreventie (LNB), een belangrijk overlegorgaan binnen de brandweerorganisatie, een speciale werkgroep in het leven geroepen waarin wordt onderzocht of, en zo ja welke, alternatieven kunnen worden gevonden.

De huidige inzichten zijn hierbij als volgt:

- met de huidige ventilatie-eisen is bij een autobrand na enige tijd sprake van zeer slecht zicht in de garage (minder dan één meter). Het kost de brandweer vaak veel tijd om de brand te lokaliseren. Het is derhalve wenselijk voorwaarden te scheppen voor een doelmatiger brandweerinzet. Hierdoor is niet alleen sprake van een veiliger situatie, ook het gevaar voor schade aan constructies wordt aanmerkelijk kleiner omdat een uitslaande brand met de daarmee gepaard gaande zeer hoge temperaturen onder de bovenliggende vloer in vrijwel alle gevallen zal kunnen worden voorkomen;
- uit onderzoek is bekend dat brandoverslag van een auto naar een daarnaast geparkeerde auto, pas na circa 10 minuten plaatsvindt. Door deze relatief trage uitbreiding van een autobrand is een brandcompartimentering in feite niet nodig;
- de loopafstanden dienen te voldoen aan de uitgangspunten van het Bouwbesluit, d.w.z. dat men binnen dertig meter een rookvrij gebied moet kunnen bereiken. Dit kan betekenen voldoende vluchtmogelijkheden, beperking van de rookverspreiding of een combinatie hiervan.

Uit ervaring met, en onderzoek in, diverse gerealiseerde parkeergarages is bekend dat het beheersen van de rookverspreiding en daarmee het verbeteren van het zicht in de garage door middel van een goed ontworpen en gedimensioneerd ventilatiesysteem, kan worden gerealiseerd. Hierbij wordt onder meer gebruik gemaakt van stuwdrukventilatoren. Door deze rookcompartimentering kan een veilig gebruik van de garage mogelijk worden gemaakt. Zolang de regelgeving formeel nog niet voorziet in de toepassing van dergelijke systemen dient per geval te worden aangetoond dat met het systeem een



Virtuele rookcompartimentering dankzij stuwdrukventilatoren

-FIGUUR 1-

gelijkwaardig niveau van veiligheid kan worden gerealiseerd als beoogd met de bestaande regelgeving. In het navolgende wordt hierop meer in detail ingegaan.

STUWDRIJKVENTILATIE

Bij een systeem met stuwdrukventilatie wordt de garage bij brand mechanisch geventileerd met een grote hoeveelheid verse buitenlucht. Via stuwdrukventilatoren wordt de ventilatielucht door de brandzone geleid. Vaak wordt de garage hierbij in meerdere rookcompartimenten verdeeld. Afhankelijk van de plaats van de brand moeten dan verschillende ventilatoren worden ingeschakeld, of moet de draairichting van ventilatoren worden aangepast. Om de installatie goed aan te kunnen sturen is bij dergelijke systemen een plaatsafhankelijke branddetectie vereist. Ook kan een plaatsafhankelijke branddetectie vereist zijn als de aanvalsweg van de brandweer mede afhangt van de locatie van de autobrand.

Uit praktijkervaring met diverse parkeergarages, uit onderzoek en uit praktijkproeven is inmiddels bekend dat met een dergelijk systeem de rookverspreiding effectief kan worden beheerst. In feite kan bij een goed ontwerp de 'harde' rookcompartimentering worden vervangen door een 'virtuele' rookcompartimentering.

Voorwaarde is uiteraard dat de stuwdrukventilatoren, de toe- en afvoer van ventilatielucht (dus plaats en afmetingen van schachten) en de wijze van branddetectie goed op elkaar zijn afgestemd. In verband hiermee is het wenselijk dat reeds in een vroeg stadium overleg plaats vindt tussen de verschillende partijen (architect, ontwikkelaar, ventilatie-adviseur en brandweer).

De werking van een stuwdrukventilatiesysteem zal aan de hand van een praktijkvoorbeeld worden verduidelijkt. Het betreft hierbij parkeergarage Kelfkensbos te Nijmegen.

Doorgaans wordt de werking van een ventilatiesysteem beoordeeld met een rookproef waarbij gebruik wordt gemaakt van een rookgenerator. Vooral in de buurt van de 'brand' wijkt het resultaat van een dergelijke proef echter sterk af van de realiteit omdat er sprake is van aanmerkelijk lagere temperaturen. Het globale beeld van de rookverspreiding kan wel op deze wijze worden beoordeeld.

Parkeergarage Kelfkensbos is een zeer interessant voorbeeld omdat het ventilatiesysteem niet alleen (vooraf) is beoordeeld met CFD-berekeningen maar ook met een echte (gecontroleerde) autobrand. Gelet op de risico's wordt een dergelijke proef uiteraard maar hoogst zelden uitgevoerd.

Voorafgaand aan de proef met de auto zijn een aantal voorproeven gehouden, waarbij een bepaalde hoeveelheid benzine werd verbrand. Het doel van deze proeven met een beperkt brandvermogen en een korte duur was een eerste inzicht te krijgen in het functioneren. Figuur 1 toont een foto die is genomen bij zo'n voorproef. Op de foto is duidelijk zichtbaar dat de rookverspreiding kan worden gestuurd.

Een rookproef wordt uiteraard achteraf gehouden, als het ontwerp is uitgevoerd. Het is dan ook wenselijk dat er een methode is om ook vooraf te kunnen beoordelen of het ontworpen systeem tot het gewenste resultaat zal leiden. Een van de doeleinden van de proef was dan ook aan te tonen dat met CFD-berekeningen zo'n beoordeling vooraf kan worden verricht.

PARKEERGARAGE KELFKENSBOS

Parkeergarage Kelfkensbos in Nijmegen heeft vier ondergrondse bouwlagen, de oppervlakte per laag bedraagt ongeveer 4500 m². De bouwlagen staan met elkaar in open verbinding via de carrousel aan de kop van de garage. Er bestond een duidelijke voorkeur om de in eerste instantie geprojecteerde brandwerende deuren tussen de bouwlagen te laten vervallen (minder gevaar voor schade door valse brandmeldingen). Er zijn twee trappenhuisen geprojecteerd met een onderlinge afstand van ongeveer 70 m.

Gezien de gewenste open verbinding tussen de verdiepingen en de grote loopafstand op de bouwlagen is in overleg met de brandweer besloten te onderzoeken of met een stuwdrukventilatiesysteem de rookverspreiding zodanig kan worden beheerst dat sprake is van een virtuele rookcompartimentering. In verband met de afstand tussen de trappenhuisen moest de rookverspreiding hierbij beperkt blijven tot een halve bouwlaag. Zo niet dan zou alsnog een extra trappenhuis moeten worden aangebracht. Ook moest verticale rookverspreiding via de open carrousel worden voorkomen.

Door de brandweer werd als eis gesteld dat voor de ingebruikname door middel van een 'hete' proef, waarbij een werkelijke autobrand plaats moest vinden, zou worden aangetoond dat de installatie aan de genoemde eisen voldoet.

Met deze randvoorwaarden is vervolgens door Parking Systems Benelux (P.S.B.) het stuwdrukventilatiesysteem ontworpen en gedimensioneerd.

Figuur 2 toont de plattegrond van bouwlaag -2. Aangegeven is de gewenste rookcompartimentering (twee rookcompartimenten, diagonaalsgewijs gescheiden), de plaats van de stuwdrukventilatoren en de plaats van de ventilatieschachten. De carrousel die de bouwlagen met elkaar verbindt ligt tussen de assen 01 en 05.

Er wordt in het ontwerp van P.S.B. onderscheid gemaakt tussen twee situaties: brand in het compartiment rechts-onder en brand in het compartiment linksboven. Bij brand in het compartiment linksboven worden rook en warmte afgezogen via schacht LK8 (280.000 m³/h), toevoer van verse lucht vindt plaats via schacht LK7 (180.000 m³/h). De stuwdrukventilatoren 1, 2, 3, 4, en 6 worden ingeschakeld. Bij brand in het compartiment rechtsonder vindt afvoer van rook en warmte plaats via LK7, toevoer van verse lucht via LK8. Aangezien de toegen afvoerventilatoren hiervoor van draairichting veranderen is in deze situatie sprake van een verlaagd rendement van de ventilatoren en daardoor van enigszins lagere debieten. De stuwdrukventilatoren 4, 5, 6, 7 en 8 worden ingeschakeld.

In beide gevallen wordt er meer lucht afgezogen dan toegevoerd. De resterende luchthoeveelheid wordt op de boven- en onderliggende parkeerlaag toegevoerd en stroomt via de carrousel naar de verdieping waar de brand woedt. Verticale rookverspreiding via de carrousel wordt zo voorkomen. Het branddetectiesysteem is plaatsafhankelijk uitgevoerd om zo afhankelijk van de locatie van de brand de juiste

ventilatoren in te kunnen schakelen. Een brandmelding wordt doorgemeld naar de brandweer.

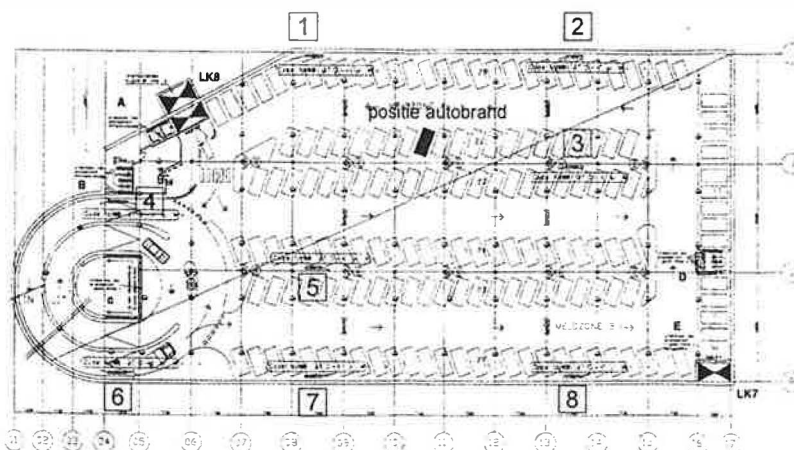
In opdracht van P.S.B. is door uitgebreide berekeningen de goede werking van het ontworpen systeem geverifieerd voor brand op diverse locaties. Voor de beoordeling is een drie-dimensionaal computermodel van de garage opgesteld, waarvoor met CFD-berekeningen het luchtstromingspatroon in de garage is bepaald.

De berekeningen zijn verricht met een programmapakket dat gebaseerd is op de zogenaamde 'eindige volumemethode'. Bij deze methode wordt de geometrie waarin de te simuleren stroming plaatsvindt verdeeld in een eindig aantal volumecellen waarbinnen de van belang zijnde stromingsgrootheden constant worden verondersteld. De stromingsgrootheden zijn de statische druk, de snelheidscomponent (3 componenten bij een 3D model), de temperatuur en de grootheden die behoren tot het turbulentiemodel. Voor de beschouwde studie is tevens voor elke volumecel de rookconcentratie berekend.

De relaties tussen de stromingsgrootheden in de volumecellen en die in de aangrenzende volumecellen zijn voor elke volumecel vastgelegd met elementaire thermische en mechanische differentiaalvergelijkingen. Na toevoeging van de randvoorwaarden en eventuele warmte- of impulsbronnen wordt het probleem op iteratieve wijze opgelost. Op basis van de berekende rookconcentratie is ook de zichtlengte berekend.

Uit eerste indicatieve berekeningen bleek, zoals ook verwacht werd, dat bij brand in het compartiment linksboven het gevaar voor verticale rookverspreiding het grootst is. Om deze reden is er voor gekozen de definitieve berekeningen voor een autobrand in dit compartiment te verrichten. Hierbij zijn berekeningen uitgevoerd voor twee locaties (auto 1 en auto 3 in figuur 2). De brandproef heeft plaatsgevonden op locatie 3.

De berekende zichtlengte voor een autobrand op deze locatie is in figuur 3 weergegeven. De figuur maakt duidelijk dat het gebied met beperkte zichtlengte (minder dan 30 m) slechts klein is. De temperatuur ligt in vrijwel de gehele garage maximaal enkele graden boven de uitgangssituatie. Alleen in de



Plattegrond parkeergarage Kelfkensbos te Nijmegen

-FIGUUR 2-

zone met beperkte zichtlengte treden hogere temperaturen op, vooral in de directe nabijheid van de brand. Verwacht wordt dat in vrijwel de gehele garage sprake is van zodanige zichtlengte en temperaturen dat aanwezigen zich goed zullen kunnen oriënteren, normaal kunnen ademen en dus veilig kunnen vluchten.

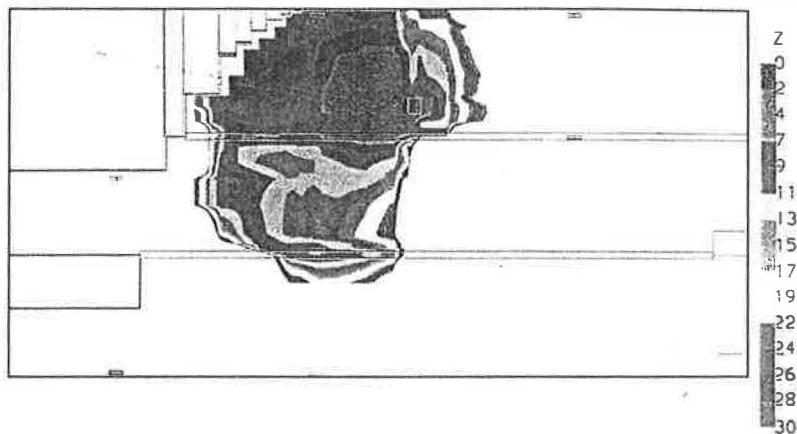
Uit het berekende rookverspreidingspatroon (hier niet gepresenteerd) kan worden afgeleid dat geen verticale verspreiding van rook via de carrousel te verwachten valt.

Op basis van de resultaten van de CFD-rekenstudie is geconcludeerd dat bij het door P.S.B. ontwikkelde ontwerp sprake is van een zodanige virtuele rookcompartimentering dat een veilige ontvluchting van eventuele aanwezigen en een snelle en veilige repressie door de brandweer mogelijk zijn. Hiermee wordt aan de gestelde eisen voldaan.

In aansluiting op de berekeningen heeft de praktijkproef waarbij in de garage een auto in brand is gestoken plaatsgevonden. Het doel van deze praktijkproef was tweeledig: een controle van de werking van het systeem bij een echte brand en een controle van de berekeningen. In figuur 4 is een foto, genomen tijdens de proef, weergegeven. Aangezien de garage nog moest worden opgeleverd heeft men om onnodige risico's te vermijden de auto niet uit laten branden maar is deze geblust na de te verwachten inzet- en opkomsttijd van de brandweer (12 minuten na de brandmelding door het detectiesysteem).

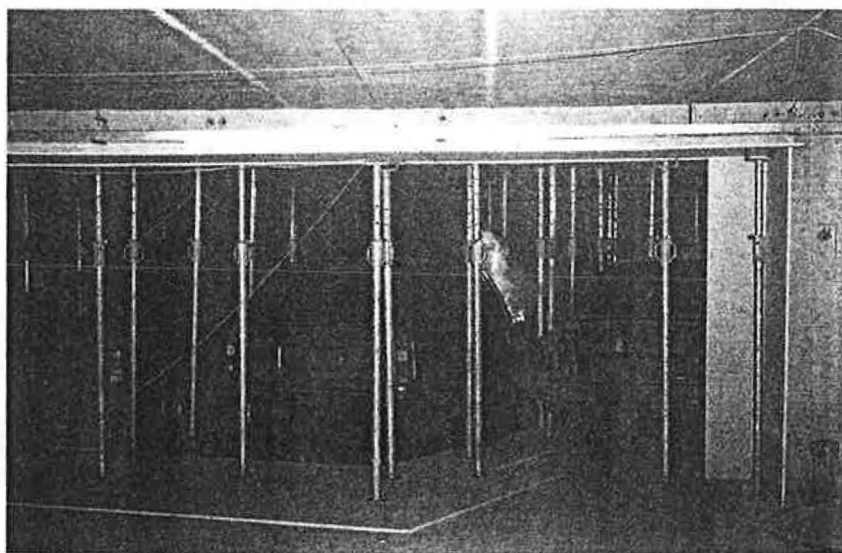
Ook in de praktijkproef blijkt het systeem goed te voldoen. De rook wordt meegevoerd naar de afzuigschacht. Buiten het gebied met dichte rook achter de brand is sprake van een zodanig verdunde rook dat men zich goed kan oriënteren. Ook de ademhaling wordt niet gehinderd.

Figuur 5 toont naast de gewenste rookcompartimentering ook de voorspelde en de bij de proef waargenomen rookverspreiding. Hoewel de resultaten van de proef goed stroken met de voorspellingen van de berekeningen zijn er toch enkele (beperkte) afwijkingen. De voorspelling van de rookverspreiding blijkt wat groter te zijn dan de werkelijk waargenomen rookverspreiding. De waargenomen rookverspreiding ligt bovendien dichter bij de carrousel



Berekende zichtlengte bij autobrand

-FIGUUR 3-



Brandende auto in parkeergarage Kelfkensbos

-FIGUUR 4-

dan verwacht.

De waargenomen verschillen blijken goed verklaarbaar uit de situatie tijdens de proef, waardoor een aantal uitgangspunten die bij de berekeningen waren aangehouden niet geheel correct bleken. Zo kwam er door de bouwactiviteiten in de garage minder lucht via de carrousel de beschouwde parkeerlaag in dan was aangenomen. Ook was het vermogen van de autobrand lager dan aangenomen, omdat de brand bij een doelmatig optreden van de brandweer in feite wordt geblust voordat deze volledig is ontwikkeld.

Om een goede uitspraak te kunnen doen over de betrouwbaarheid van CFD-berekeningen als hulpmiddel bij de beoordeling van de brandveiligheid, heeft een herberekening met aan de situatie van de proef aangepaste uitgangspunten plaatsgevonden. De resultaten van deze berekening blijken

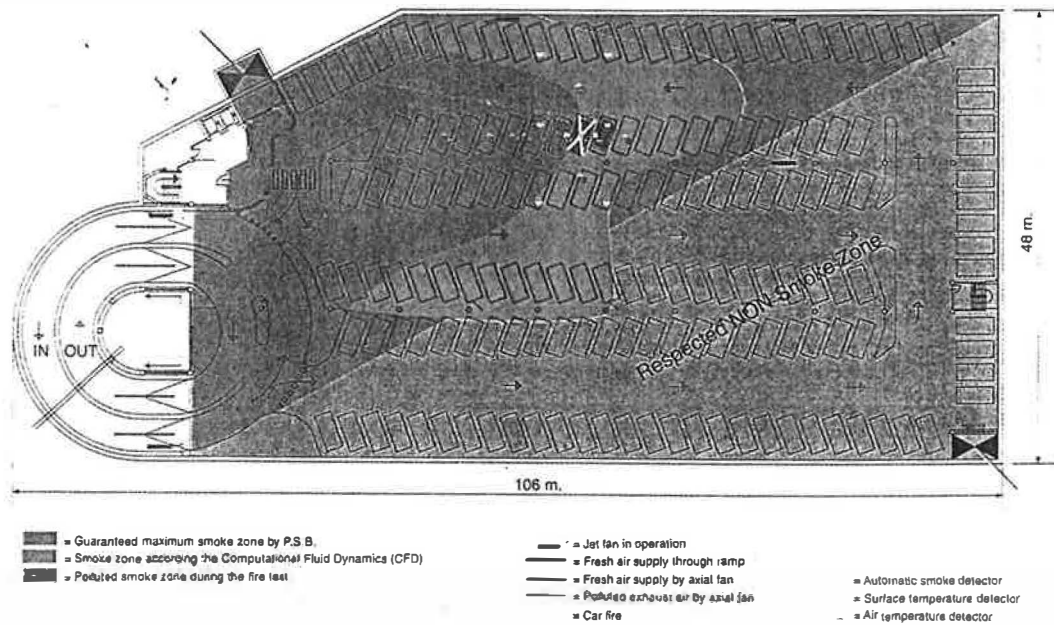
zeer dicht bij de resultaten van de praktijkproef te liggen, zie ook figuur 6 voor de nu berekende zichtlengten.

De conclusie is dat mits de uitgangspunten bekend zijn het te verwachten rookverspreidingspatroon bij brand zeer goed rekenkundig kan worden voorspeld. De gebruikte CFD-techniek is dan ook een waardevol hulpmiddel om het installatie-ontwerp vooraf te kunnen beoordelen.

CONCLUSIES

Met de huidige inzichten over branduitbreiding in parkeergarages, de rekenstudie en de praktijkproef in parkeergarage Kelfkensbos worden de volgende conclusies getrokken:

- de huidige eis over brandcompartimentering is in feite niet relevant;
- met een goed gedimensioneerd stuw- en drukventilatiesysteem (bestaande uit



PSB
 Parking Systems Benelux B.V.

Overzicht van in eerste instantie voorspelde en waargenomen rookverspreiding

-FIGUUR 5-

mechanische toe- en afvoer van lucht, stuwdrukventilatoren en een plaatsafhankelijke branddetectie) kan de rookverspreiding in een parkeergarage worden beperkt. De aldus te realiseren virtuele rookcompartimentering kan als gelijkwaardige oplossing voor een harde rookcompartimentering worden gezien. Er is tot bij de brand sprake van goed zicht (in tegenstelling tot bij traditioneel geventileerde garages). Dankzij de aanwezig detectie kan de brand snel worden geblust en wordt de schade aan constructies en aan andere auto's sterk beperkt;

- de werking van een stuwdrukventilatiesysteem hangt in belangrijke mate af van de toegepaste ventilatie-

debieten en de locatie van stuwdrukventilatoren. Het ontwerp dient zo vroeg mogelijk te worden beoordeeld om te voorkomen dat bouwkundige zaken als ventilatieschachten in een later stadium nog moeten worden aangepast, bijvoorbeeld als blijkt dat een groter ventilatiedebiet moet worden toegepast;

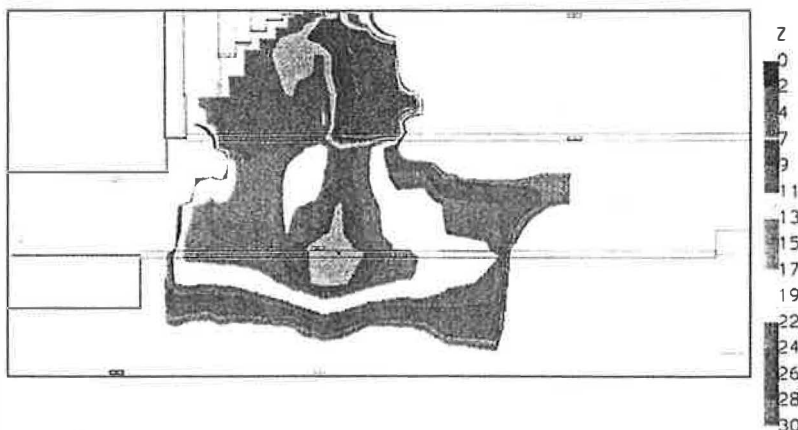
- de werking van een stuwdrukventilatiesysteem kan door middel van CFD-berekeningen betrouwbaar worden voorspeld.

Hoewel een dergelijk systeem dus grote voordelen heeft moet worden bedacht dat het (voorlopig) een oplossing is die slechts in het kader van gelijkwaardigheid kan worden geaccepteerd. Het is

dan ook van belang om reeds in een vroeg stadium hierover overleg met de vergunningverlenende instanties en de brandweer te voeren. Voorts verdient het aanbeveling altijd vooraf de werking van het ontwerp te toetsen, omdat dan onaangename verrassingen tijdens de bouw of bij een opleveringsproef kunnen worden voorkomen.

LITERATUUR

1. *Een brandveilig gebouw bouwen*, Nederlandse Brandweer Federatie, 1997
2. NVN 2443, *Parkeren en stallen van personenauto's op terreinen en in garages*, Nederlands Normalisatie-instituut, 1996
3. *Development of design rules for steel structures subjected to natural fires in closed car parks*, PROFILARBED-recherches, Luxemburg, 1997



Berekende zichtlengte na aanpassing van randvoorwaarden aan de omstandigheden tijdens de proef

-FIGUUR 6-