

Brandrisico van open parkeergarages

Voor parkeren in de buitenlucht, op parkeerterreinen, zijn geen brandveiligheidsvoorzieningen aan de orde. Er is geen sprake van een bouwwerk of een gebouw en dus ook niet van een (sub)brandcompartiment. De rook die een autobrand ontwikkelt, kan ongehinderd in de buitenlucht worden afgevoerd. Dat verandert zodra er boven het parkeerterrein een aantal parkeerdekken worden gerealiseerd.

Wanneer er boven een parkeerterrein nog een aantal parkeerdekken worden gerealiseerd, is er sprake van een bouwwerk. Er is immers een draagconstructie nodig voor die dekken. Daarnaast zullen trappenhuizen en liften de dekken voor personen moeten ontsluiten, waarbij de trappenhuizen ook meteen dienst doen als vluchtroutes. Kan dit nog steeds worden gezien als parkeren in de buitenlucht of kan er – net als in besloten parkeergarages – flashover optreden? In dat laatste geval zou een parkeerlaag dan als brandcompartiment moeten worden beschouwd, waardoor draag- en

scheidingsconstructies brandwerend moeten worden uitgevoerd of een sprinklervoorziening moet worden toegepast om dat te voorkomen.

Publiekrechtelijk toetskader

Het publiekrechtelijke toetskader ligt in Nederland vast in Bouwbesluit/Bbl. Net als in de meeste andere landen gaat het om een verzameling prescriptieve voorschriften, die grofweg in de onderstaande, afgeleide doelen (of risico subsystemen) kunnen worden ondergebracht:

1. Beperken van het ontstaan van een bedreigende brand.

2. Veiligheid van gebouwgebruikers (vluchtroute).
3. Veiligheid van hulpverleners (aanvalsroute).
4. Veiligheid van compartimenten en subcompartimenten (beperking uitbreidingsgebied van brand en rook).
5. Veiligheid van het gebouw (instandhouding draagconstructie).
6. Veiligheid van de omgeving (voorkomen brandoverslag naar buurpercelen).

De publiekrechtelijke hoofddoelen die hiermee moeten worden geborgd, zijn persoonlijke veiligheid van gebouwgebruikers en hulpverleners en de veiligheid van eigendommen van derden (buurpercelen). De bovenstaande afgeleide doelen 2, 3 en 6 houden daar direct verband mee. De afgeleide doelen 4 en 5 kunnen worden gezien als Lines of Defence (LOD's), waarmee tijd gewonnen kan worden, zodat de hoofddoelen eenvoudiger gerealiseerd kunnen worden.

Wanneer de brand met grote zekerheid beperkt blijft tot een relatief klein uitbreidingsgebied kan compartimentering mogelijk achterwege blijven. Dat houdt in dat flashover in de parkeergarage niet mag optreden. Dat is mogelijk door een sprinklervoorziening toe te passen, maar ook door de parkeergarage zodanig open te maken dat de temperatuurophopbouw in de garage niet de flashover criteria bereikt. Open parkeergarages moeten dus grote natuurlijke ventilatie-openingen in de uitwendige scheidingsconstructie bezitten. Een 'open' of



Figuur 1. Parkeren in de buitenlucht of in een brandcompartiment?

'niet-besloten' brandcompartiment kan dus worden gedefinieerd als een brandcompartiment waarin flashover niet optreedt.

Lokale brand en compartimentsbrand

Niet elke lokale brand ontwikkelt zich tot een compartimentsbrand. De kans op een compartimentsbrand $P(bc)$ is:

$$P(bc) = P(fi) \times P(f.o.|fi)$$

Hierin is:

$P(fi)$ de kans op het ontstaan van een lokale brand

$P(f.o.|fi)$ de kans op het optreden van flashover, gegeven de lokale brand

Wanneer flashover kan worden voorkomen, is de thermische belasting op draag- en scheidingsconstructies van geringe betekenis. In een niet-besloten brandcompartiment is de warmte-opbouw ten gevolge van een brand onvoldoende om flashover condities te bereiken, dankzij de openheid van de gevels en de thermische massa van de vloeren.

De lokale brand zal een 'travelling carfire' veroorzaken wanneer de parkeervervoorziening vol bezet is. Daarin worden naast elkaar geparkeerde auto's onderling aangestoken ten gevolge van lokale vlammen met een gemiddeld tijdsinterval van 12 minuten (3). Voor het brandscenario maakt het vrijwel geen verschil of het gaat om conventionele auto's of om elektrische auto's. De brandstofcel (benzinetank, accu)



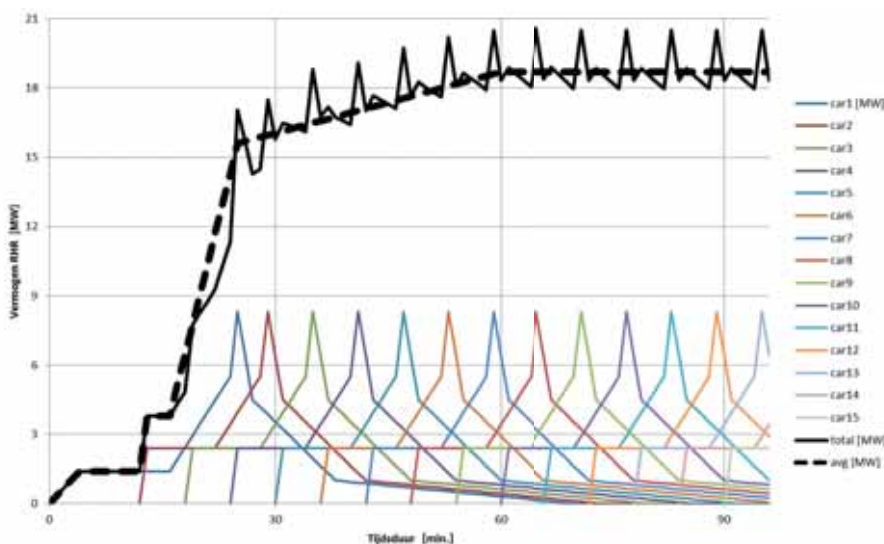
Figuur 2. Brandverloop in een rij geparkeerde auto's, waarbij de brand zich in twee richtingen uitbreidt.

heeft maar een beperkte invloed op het brandscenario (4).

De brand breidt zich in twee richtingen in de parkeerrij uit. Wanneer niet wordt ingegrepen in dit scenario zullen meerdere auto's gelijktijdig branden. De omvang van de 'travelling carfire' bedraagt na een uur circa 9 auto's (figuur 2), de eerste auto is dan al vrijwel uitgebrand.

Als voorwaarde voor het scenario volgens figuur 2 geldt dat de 'travelling carfire' zich verplaatst in een enkele rij geparkeerde auto's. Het aansteken van auto's in een andere parkeerrij moet dus worden voorkomen door de parkeerrijen fysiek te scheiden van elkaar. De rijwegen in een parkeergarage vormen zo'n fysieke scheiding, maar ook een borstwering tussen twee parkeerrijen kan zo'n fysieke scheiding zijn om kop-kop aansteken te voorkomen.

Het brandvermogensscenario dat volgt uit figuur 2 is in figuur 3 weergegeven. Daaruit blijkt dat na circa 60 minuten het gecumuleerde brandvermogen min of meer constant is, circa 19 MW. De brand verplaatst zich dus wel, maar de omvang neemt niet meer toe.



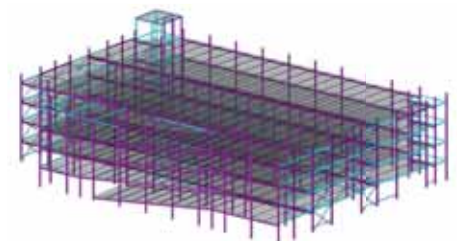
Figuur 3. Gecumuleerd brandvermogensscenario bij een 'travelling carfire'(3), met branduitbreiding in twee richtingen in een parkeerrij.

Uitbreidingsgebied brand en consequenties voor draag- en scheidingsconstructies

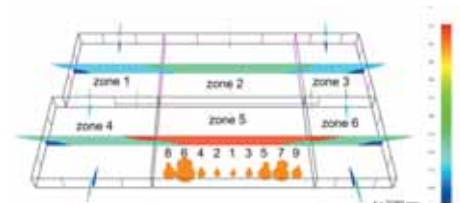
Zoals al vermeld, bezit de pre-flashover fase een voordeel in de beperking van branduitbreiding naar buurpercelen en de instandhouding van het bouwwerk (draagconstructie). Ook het uitbreidingsgebied voor brand is beperkt en aanzienlijk kleiner dan op basis van het Bouwbesluit is toegestaan (1000 m², circa 40 auto's). Natuurlijk moet hierin worden beschouwd dat de lokale brand zich verplaatst door een hele rij geparkeerde auto's, zo'n parkeerrij moet dus beperkt blijven tot maximaal 40 auto's. Dan kan worden gesteld dat ten aanzien van het uitbreidingsgebied van brand wordt voldaan aan de doelstelling van het Bouwbesluit.

De thermische belasting op draag- en scheidingsconstructies wordt geleverd door de gastemperatuur in de parkeergarage. De gemiddelde gastemperatuur in een open parkeergarage kan worden bepaald op basis van projectspecifieke kenmerken, door het Capafi scenario van figuur 3 op te leggen in een multizone brandmodel of een CFD-model.

Als voorbeeld is de open parkeergarage in figuur 4 gehanteerd. Dit is een garage van 5 parkeerlagen met open gevels. Elke parkeerlaag bezit een oppervlakte van circa 2300 m². Een parkeerlaag is gemodelleerd in 6 zones om aan de voorwaarden van een zonemodel te kunnen voldoen (figuur 5). De 'travelling carfire' in zone 5 is daarin zichtbaar.



Figuur 4. Open parkeergarage met 5 parkeerlagen van elk circa 2300 m².



Figuur 5. Simulatieresultaat van een multizone model bij een 'travelling carfire' na circa 55 minuten brand.

Dat de temperaturen in alle zones relatief laag zijn laat figuur 5 zien. Zelfs in de zone waar de 'travelling carfire' plaatsvindt wordt het flashover criterium niet gehaald.

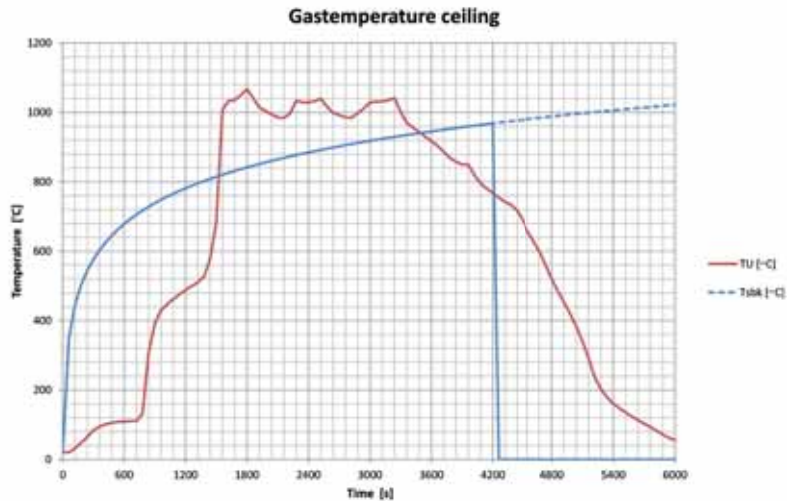
De thermische belasting op draag- en scheidingsconstructies is diensgevolge ook gering, zie figuur 6. Brandwerende draag- en scheidingsconstructies zijn op basis hiervan niet nodig.

Lokale invloeden op de draagconstructie

Toch geeft figuur 6 een te optimistisch beeld. De thermische belasting op draag- en scheidingsconstructies zal nabij de brandhaard groter zijn dan op basis van de gemiddelde gastemperaturen per zone wordt verwacht.

Voor de draagconstructie is in dit voorbeeld gevolgklasse CC2 volgens de Eurocode aangehouden. Het is overigens denkbaar dat voor stand-alone open parkeergarages met gevolgklasse CC1 zou kunnen worden volstaan. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de ontstaanskans op brand door (elektrische) auto's en het aantal auto's dat een 'travelling carfire' kan omvatten. Dat is mogelijk door een risicofactor op het brandvermogen toe te passen volgens NEN-EN 1991-1-2+NB (2).

Wanneer een parkeerrij bijvoorbeeld uit 10 parkeerplaatsen bestaat, is dat een kwart van de referentiewaarde die past bij het Bouwbesluit. Dat houdt in dat de vermenigvuldigingsfactor op de ontstaanskans van brand $p_1 = 10$ bedraagt volgens NEN-EN 1991-1-2+NB. Voor een parkeergarage met zowel conventionele als elektrische auto's



Figuur 7. De lokale gastemperatuur nabij het plafond in een punt midden boven de parkeerrij. De bijbehorende thermische belasting volgens de standaard brandkromme bedraagt 72 minuten.

wordt rekening gehouden met risicoklasse 'hoog'. Daarbij hoort een vermenigvuldigingsfactor $p_2 = 10$. Voor de gevolgklasse CC2 geldt een vermenigvuldigingsfactor $p_{CC} = 0,03$. Dat levert een totale vermenigvuldigingsfactor op van $p_{tot} = 3,0$, waarbij een risicofactor voor het brandvermogen hoort van $\delta q_f = 1,3$ (2).

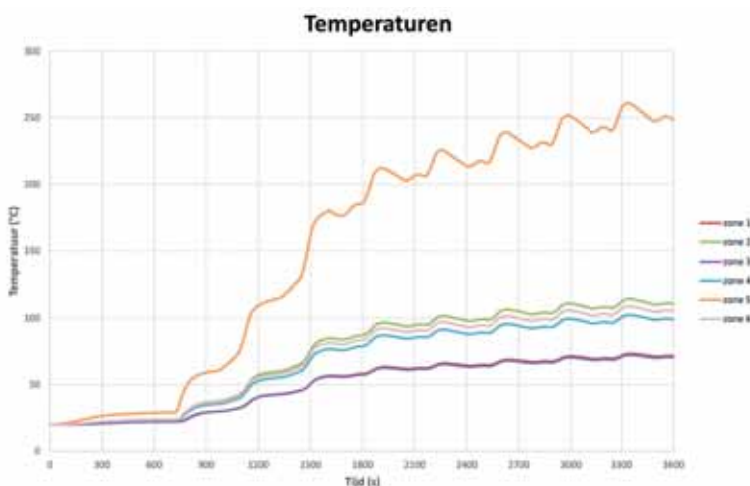
Dit houdt in dat moet worden gerekend met een brandvermogen dat het product is van de risicofactor en het brandscenario volgens figuur 3. De daaruit volgende lokale thermische belasting is in figuur 7 weergegeven voor een punt onder het plafond midden boven de parkeerrij met de 'travelling carfire'. Hierin blijkt duidelijk het moment dat de brand dit punt passeert. Wanneer de 'carfire' twee parkeervakken van het meetpunt verwijderd is, speelt de lokale invloed geen rol meer.

Met de lokale thermische belasting volgens figuur 7 kunnen de materiaaltemperaturen in constructie-elementen worden bepaald. Deze worden getoetst aan de kritieke materiaalt temperatuur. Dat is alleen mogelijk wanneer de constructie-elementen bestaan uit een homogeen materiaal, zoals staal. Voor de meeste constructies zal de lokale thermische belasting moeten worden vertaald in een equivalente brandduur volgens de standaard brandkromme. Deze is ook weergegeven in figuur 5 en bedraagt in dit geval 70 minuten. Wanneer lokaal bezwijken niet kan worden toegestaan, is dus een brandwerendheid van 90 minuten noodzakelijk om de lokale thermische belasting te kunnen weerstaan.

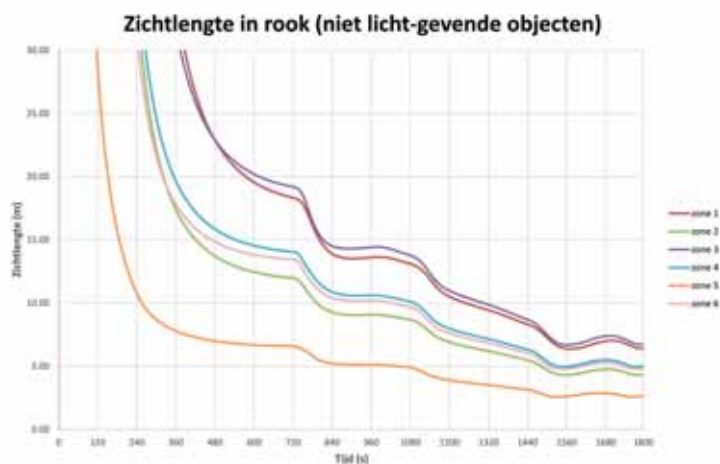
Uitbreidingsgebied rook en consequenties voor persoonlijke veiligheid

Vanwege het ontbreken van inwendige scheidingsconstructies beslaat het uitbreidingsgebied van rook bij elk type brand de totale parkeerlaag. De rookverspreiding in de parkeervoorziening leidt bij de rookproductie die van een brandende auto kan worden verwacht (1) tot een snelle afname van de zichtlengte in de hele parkeerlaag, zie figuur 8.

Gerichte afvoer en sturing van rook is in een open parkeergarage niet mogelijk. Wel kan met enkele stuwkrachtventilatoren de rookmassa worden opgemengd over het totale volume. Deze voorziening verkleint de kans op een (lokale) flashover bij een



Figuur 6. Temperatuurverloop per zone, bij een 'travelling carfire' in zone 5.



Figuur 8. Zichtlengte per zone in de parkeerlaag bij een ‘travelling carfire’ in zone 5.

‘travelling carfire’ en vergroot de ventilatie-efficiëntie in de parkeergarage.

De ventilatie-efficiëntie van natuurlijk geventileerde parkeergarages is zonder specifieke voorzieningen laag, in elk geval altijd lager dan 0,5 (5). Dat houdt in dat de afvoer van warmte en rook aanzienlijk achterblijft bij de met een zonemodel gesimuleerde afvoer van warmte en rook. Met stuwkrachtventilatie kan een betere opmenging worden verzekerd en kan de ventilatie-efficiëntie worden verhoogd naar 0,5, waardoor simulatieresultaat en werkelijkheid beter in overeenstemming zijn met elkaar.

Een nadeel van die opmenging is dat de parkeerlaag geheel ‘verrookt’ en dat de zichtlengten kort zijn. Dat heeft consequenties voor de vluchtveiligheid. Langere loopafstanden dan in Bouwbesluit/Bbl zijn voorgeschreven kunnen doorgaans niet worden toegestaan.

Voor grote compartimenten zonder sprinklerbeveiliging is een buiteninzet (offensief of defensief) de standaard inzetactie.

Voor een open parkeergarage geldt hetzelfde, dit is immers ook een groot compartiment. Een succesvolle binneninzet moet vanwege de rookverspreiding en zichtbelemmering niet mogelijk geacht worden. Er zijn in een open parkeergarage dan ook geen aanvalsroutes aanwezig.

Conclusie

In open parkeergarages – waarin geen flashover en dus ook geen compartimentsbrand kan optreden – blijft een autobrand lokaal, maar verplaatst deze zich wel door een hele rij geparkeerde auto’s. Deze ‘travelling carfire’ blijft beperkt tot een rij aaneengesloten geparkeerde auto’s, waardoor

het uitbreidingsgebied van brand vrijwel altijd kleiner is dan het toegestane uitbreidingsgebied volgens Bouwbesluit/Bbl (1000 m²). De rookontwikkeling van een autobrand is daarbij wel zo groot dat de garage binnen korte tijd geheel verrookt is. Het is dus belangrijk dat de vluchtveiligheid geborgd is. Op een (offensieve) binneninzet door de brandweer mag niet worden gerekend. Daardoor kan een ‘travelling carfire’ enkele uren duren en is de lokale thermische belasting op elementen van de draagconstructie zo groot dat brandwerende voorzieningen noodzakelijk zijn.

De vraag of een open parkeergarage kan worden gezien als een parkeerfunctie in de buitenlucht, zoals een parkeerterrein, moet dus met nee worden beantwoord. Er moet rekening gehouden worden met een grote lokale thermische belasting op draagconstructies. Dat kan met de volgende maatregelen:

1. Het beschermen van de constructies tegen de thermische belasting ten gevolge van een ‘travelling carfire’; of
2. Het verkleinen van de thermische belasting door toepassing van een automatische blusinstallatie (sprinkler, watermist); of
3. Het verkleinen van het aantal aaneengesloten parkeervakken tot circa 5.

De laatst genoemde maatregel heeft zin, omdat daarmee het uitbreidingsgebied zodanig wordt gereduceerd dat de risicofactor voor het brandvermogen ruimschoots kleiner is dan 1. Daarmee wordt de thermische belasting gereduceerd. Een ander voordeel van het verkleinen van het aantal aaneenge-

sloten parkeervakken is dat de ‘travelling carfire’ meer lijkt op een ‘local carfire’, waarbij een zo gering deel van de draagconstructie thermisch wordt belast dat het bezwijken hiervan toelaatbaar is omdat er geen gevaar voor voortschrijdende instorting is.

Overigens moet bij dit rekenvoorbeeld worden opgemerkt dat van conservatieve randcondities is uitgegaan. Zo is aangenomen dat de draagconstructie zich recht boven een parkeerrij bevindt, in de as van de brandhaard. Ook is aangenomen dat de parkeergarage in risicoklasse ‘hoog’ valt en dat voor de acceptabele bezwijkkans uitgegaan moet worden van gevolgklasse CC2 volgens de Eurocode. Met een verdere onderbouwing zouden minder conservatieve randcondities gehanteerd kunnen worden. Daarnaast kunnen de stuwkrachtventilatoren, die vanwege de ventilatie-efficiëntie bij een natuurlijk geventileerde parkeergarage toch al nodig zijn, mogelijk de lokale thermische belasting ten gevolge van een ‘travelling carfire’ reduceren. Dat zou het rendement van die stuwkrachtventilatie enorm vergroten. Voor zover bekend is hiernaar nog geen onderzoek verricht en zou dat zeker een onderzoek waard zijn. 🌀

Literatuur

1. NEN 6055:2011 nl – *Thermische belasting op basis van het natuurlijk brandconcept – Bepalingsmethode* – NNI, Delft
2. NEN-EN 1991-1-2+C1+C2+C3+NB:2019 – *Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand* – NNI, Delft
3. Difisek CaPaFi (2007) – *Car Park Fire model based on ECSC Projects ‘Large Compartments’ and ‘Closed car parks’* – report EUR 18867
4. Thauvoye C., Tramoni J.B., Hanus F., Suzanne M., Thiry A (2019) – *Temperature assessment of steel members subjected to fire generated by hybrid vehicles: experimental tests* – Interflam, London
5. Herpen, R.A.P. van, Krüs, H. (1999) – *Ventilatie van parkeergarages* – Bouwfysica 1999/4



Ir. Ruud van Herpen is verbonden aan de Technische Universiteit Eindhoven - Fellow Fire Engineering