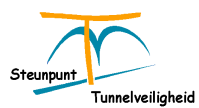


Grote vrachtwagenbrand in tunnel A2 Leidsche Rijn

Risico's schade en kosteneffectiviteit maatregelen

Datum 27 juli 2010
Status Definitief



Grote vrachtwagenbrand in tunnel A2 Leidsche Rijn

Risico's schade en kosteneffectiviteit maatregelen

Datum	27 juli 2010
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Steunpunt Tunnelveiligheid
Informatie	
Telefoon	
Fax	
Uitgevoerd door	Ronald Mante
Gecontroleerd door	Tineke Wiersma, Ronald Gram, Hans Ruijter
Geautoriseerd door	Ronald Mante
Vrijgegeven door	Hans Ruijter
Datum	27 juli 2010
Documentnummer	4818-2010-0037
Status	Definitief
Versienummer	1

Documentgeschiedenis		
Versie	Datum	Toelichting
Concept 1	28 juni 2010	Eerste versie.
Concept 2	1 juli 2010	Verdere uitwerking.
Concept 3	2 juli 2010	Commentaar interne toetsing RWS verwerkt.
Concept 4	3 juli 2010	Idem. Deze versie is ter beoordeling voorgelegd aan prof. Ale en prof. Horvat, inclusief tekst voorgenomen correctie paragraaf 2.3.
Concept 4 met correctie paragraaf 2.3	3 juli 2010	Voorgenomen correctie paragraaf 2.3 doorgevoerd.
Definitief 1	27 juli 2010	Resultaten beoordeling Ale en Horvat opgenomen; enkele taalkundige correcties doorgevoerd.

Inhoud

1	Inleiding 6
2	Grote vrachtautobrand 8
2.1	Definitie en beheersbaarheid 8
2.2	Theoretische kans van optreden 10
2.3	Tunnelbranden in Nederlandse historie 12
2.4	Risico's schade aan tunnel 13
2.5	Risico's niet-beschikbaarheid tunnel 18
2.6	Beheersmaatregelen en hun kosteneffectiviteit 20
2.6.1	Vast automatisch blussysteem (WMS) 20
2.6.2	Mobiel blussysteem (WMS of CAFS) 23
3	Conclusies en aanbevelingen 26
3.1	Conclusies 26
3.2	Aanbevelingen 26
	Lijst van aangehaalde literatuur 27
	Bijlage A Beoordeling door prof. Ale en prof. Horvat 28

1 Inleiding

Op 31 maart 2010 zijn de discussiepunten over de veiligheid van de Leidsche Rijn tunnel (A2LRT) in een overleg tussen de burgemeester van Utrecht en de minister van Verkeer en Waterstaat besproken. Besloten werd advies te vragen aan deskundigen. Daarvoor zijn de hoogleraren B. Ale en B. Horvat gevraagd met het verzoek in hun advies een oordeel van de Commissie Tunnelveiligheid te betrekken. Deze adviezen zijn eind mei geleverd:

- "Beoordeling veiligheidsanalyse Leidsche Rijn Tunnel A2"; Ale/Horvat; 25 mei 2010.
- "Oordeel opvolging CTV-advies door project tunnel A2 Leidsche Rijn"; CTV; 20 mei 2010.

In ambtelijk overleg tussen RWS en de gemeente is gezien hoe deze adviezen opgevolgd kunnen worden. De uitwerking hiervan is vastgelegd in de nota:

- "Adviezen Ale/Horvat en voorstellen voor opvolging daarvan"; RWS en gemeente Utrecht; 13 juni 2010.

In bovengenoemde notitie zijn de resterende discussiepunten tussen RWS en de gemeente verduidelijkt en is tevens inzichtelijk gemaakt over welke aanvullend te treffen veiligheidsvoorzieningen er ambtelijke overeenstemming is bereikt. Met het treffen van deze aanvullende voorzieningen (bovenop de reeds geplande gebruikelijke voorzieningen in moderne RWS-tunnels) resteert er in feite nog maar één discussiepunt, namelijk de risico's en de beheersbaarheid van een grote vrachtautobrand in de tunnel. Concreet is de discussie of al dan niet moet worden voorzien in een vast automatisch blussysteem (WMS) of een mobiel blussysteem (WMS-kanon of CAFS-voertuig). Daarbij is het de vraag of de investering in een blussysteem kosteneffectief is uit het oogpunt van beperking van de schade die een grote vrachtautobrand kan aanrichten. De schade van een brand heeft betrekking op de directe schade aan de tunnel en de maatschappelijke schade, doordat de tunnel tijdelijk niet beschikbaar zal zijn gedurende de periode die nodig is om de schade aan de tunnel te herstellen.

Deze nota heeft tot doel om:

- De DG van Rijkswaterstaat en de minister van Verkeer en Waterstaat nader te informeren over de betreffende schaderisico's en de mogelijke maatregelen die zouden kunnen worden getroffen om deze risico's indien gewenst nader te beheersen;
- Daarmee een basis te vormen voor een bestuurlijk-politieke beslissing omtrent de eventueel te treffen aanvullende maatregelen, dan wel de acceptatie van de risico's.

Omdat een grote vrachtautobrand in principe in iedere tunnel kan optreden, betreft het hier overigens geen probleem dat specifiek geldt voor de tunnel A2 Leidsche Rijn. Dit betekent dat het vraagstuk hoe om te gaan met de risico's van een grote vrachtautobrand in principe geldt voor alle tunnels, en dat een beslissing om eventueel aanvullende maatregelen te treffen voor de tunnel A2 Leidsche Rijn derhalve zeer waarschijnlijk ook gevolgen heeft voor het voorzieningenniveau in andere tunnels (bestaand en/of nieuw).

Mede hierom is besloten deze nota ter beoordeling voor te leggen aan de heren Ale en Horvat, alvorens deze via de Landelijk Tunnelregisseur van Rijkswaterstaat aan te bieden aan de DG en de minister. De bevindingen van Ale en Horvat zijn opgenomen in bijlage A.

In de navolgende hoofdstukken wordt achtereenvolgens ingegaan op de volgende zaken:

- Schaderisico's als gevolg van een grote vrachtautobrand en de kosteneffectiviteit van eventueel aanvullend te treffen voorzieningen om deze risico's te beheersen (**hoofdstuk 2**);
- Conclusies en aanbevelingen (**hoofdstuk 3**).

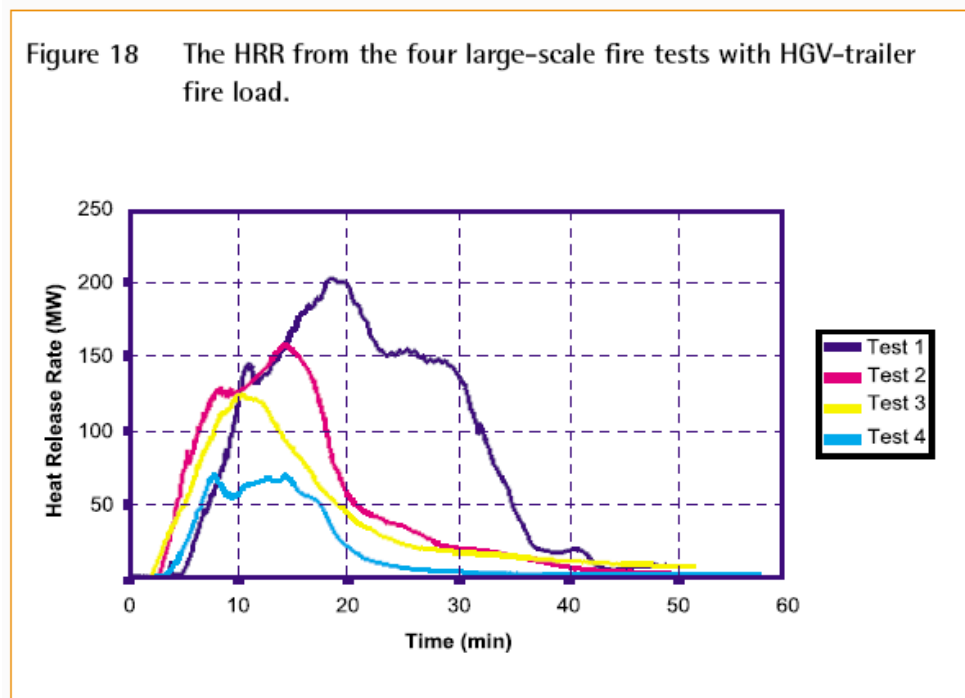
2 Grote vrachtautobrand

2.1 Definitie en beheersbaarheid

In de discussie met de brandweer van de gemeente Utrecht wordt onder een grote vrachtautobrand verstaan: een vrachtautobrand met een vermogen van meer dan 50 MW. Deze branden kunnen volgens de brandweer niet meer worden beheerst, omdat de hittestraling (flux) zodanig hoog is, dat men de brand niet dicht genoeg kan naderen om effectief te blussen. Door de hoogtebeperking van het tunneldak is de worplengte van een handstraler of waterkanon namelijk beperkt. Bovendien is een beperking in een tunnel het feit dat de brand alleen van de bovenstroomse (bovenwindse) zijde kan worden benaderd. De tunnelventilatie voert alle hitte en rook namelijk af in de rijrichting van de tunnelbuis, zodat de leefbaarheidscondities benedenstrooms van de brand gevaarlijk of letaal zijn, ook voor brandweermensen met beschermende kleding.

Ondanks deze beperkingen is er toch wel een aantal maatregelen dat bij een grote vrachtautobrand door de brandweer kan worden genomen om de brand te beheersen. Zo kan de brandweer de brand bovenstrooms zo dicht mogelijk benaderen en vervolgens door het plaatsen van een waterkanon voorkomen dat de brand in bovenstroomse richting overslaat op andere voertuigen (defensieve repressie). Vervolgens kan de brandweer, als het vermogen van de brand is afgenomen, de brand dichterbij benaderen en alsnog blussen. Dat dit daadwerkelijk mogelijk is wordt bevestigd door de brandproeven die in 2003 in de Runehamar tunnel zijn uitgevoerd in het kader van UPTUN [7], zie figuur.

Figure 18 The HRR from the four large-scale fire tests with HGV-trailer fire load.



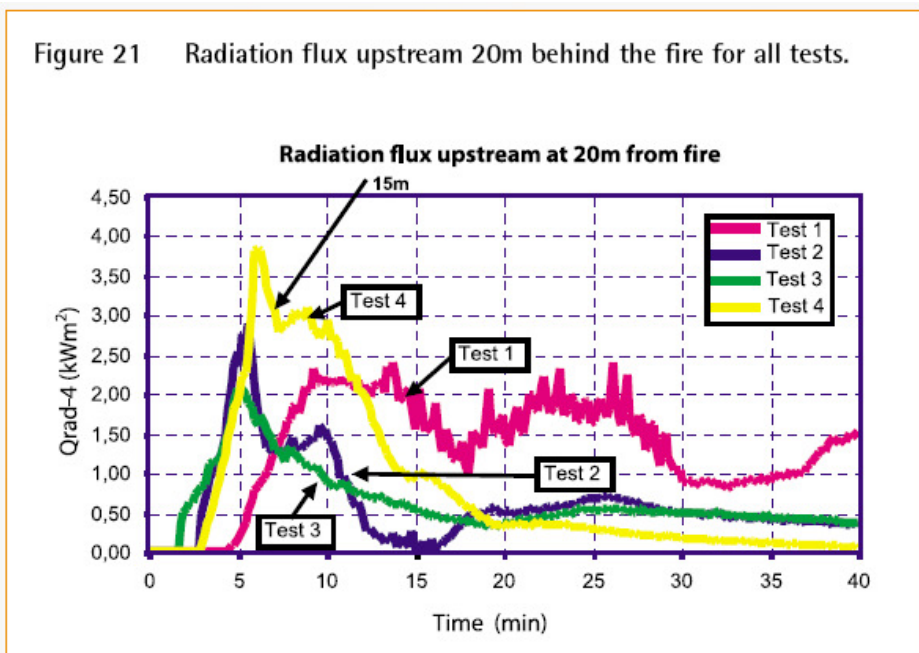
Test nr	Time from ignition to peak HRR (min)	Linear fire growth rate (R=linear regression coefficient) (MW/min)	Peak HRR (MW)	Estimated from laboratory tests (no target – inclusive target) (MW)
1	18.5	20.5 (0.997)	203 (average)	186-217
2	14.3	29.0 (0.991)	158 (average)	167-195
3	10.4	17.0 (0.998)	124.9	-
4	7.7	5 – 70 MW: 17.7 (0.996)	70.5	79-95

In de figuur blijkt dat alle brandscenario's niet langer duren dan 1 uur en relatief vrij snel afnemen naar een vermogen kleiner dan 50 MW, een vermogen dat volgens de brandweer nog beheersbaar is:

- Na ongeveer 18 minuten bij de 71 MW brand
- Na ongeveer 20 minuten bij de 125 MW brand
- Na ongeveer 21 minuten bij de 158 MW brand
- Na ongeveer 35 minuten bij de 203 MW brand

In het algemeen zal de brandweer ongeveer 30 minuten na aanvang van de brand kunnen beginnen met blussen (aanrijdtijd ongeveer 12-15 minuten + verkenning, uitrollen en aansluiten brandslangen ook ongeveer 15 minuten, zie de scenarioanalyse die voor de tunnel A2 Leidsche Rijn is uitgevoerd). Dit betekent dat de brandweer in principe de brand kan benaderen en daadwerkelijk met blussen kan aanvangen, mits er geen brandoverslag op andere voertuigen heeft plaatsgevonden. Dit wordt bovenstrooms van de brand in principe voorkomen door de langventilatie en benedenstrooms van de brand door het feit dat de kans op een file benedenstrooms van de file zeer klein is (zie ook paragraaf 2.4).

Ook de warmtestraling bovenstrooms van de brand blijkt geen probleem te zijn om te blussen, zie figuur [7].



Het UPTUN-rapport [7] concludeert dat de brandweer de brand kan benaderen tot een afstand van 20m, omdat de warmtestraling beneden de kritische waarde blijft van 5 kW/m^2 . In Nederland gaat de brandweer op basis van een TNO-studie uit van een maximale warmtestraling van 3 kW/m^2 . Bij deze warmtestraling kan de brandweer 20 minuten blussen met de gebruikelijke beschermende kleding. Daarna wordt de blootstelling te hoog en moet een andere ploeg de bluswerkzaamheden overnemen (dit moet ook omdat na 20 minuten de persluchtflessen van een ploeg leeg zijn).

Ook als wordt uitgegaan van 3 kW/m^2 kan de brand door de brandweer worden benaderd tot 20m, omdat bij alle brandproeven de warmtestraling binnen 10 minuten tot beneden de 3 kW/m^2 is gedaald.

2.2 Theoretische kans van optreden

De theoretische kans van optreden van een grote vrachtauto-brand kan worden bepaald aan de hand van de kanscijfers die worden gehanteerd in het wettelijk voorgeschreven softwareprogramma RWSQRA (versie 1.5).

Voor het bepalen van de potentiële schade aan de tunnel is het van belang om de kansen van alle scenario's die tot een bepaalde schade leiden bij elkaar op te tellen, vergelijkbaar met hoe dit in de kwantitatieve risicoanalyse (QRA) met betrekking tot de veiligheid van personen gebeurt (ook hier worden de kansen op een bepaald aantal doden opgeteld). Omdat in het navolgende de totale kansen op schade worden beschouwd, wijken de kansen af van de kansen die worden genoemd in de memo "Adviezen Ale/Horvat en voorstellen voor opvolging daarvan"; RWS en gemeente Utrecht; 13 juni 2010. De in deze memo genoemde kansen hebben betrekking op de specifieke scenario's die in de scenarioanalyse zijn beschouwd (het is bij een scenarioanalyse niet gebruikelijk kansen van scenario's op te tellen, aangezien dit in de QRA al is gebeurd).

De kans op brand bedraagt circa $2 \cdot 10^{-8}$ per voertuigkilometer. Met 144.000 voertuigen per etmaal en een tunnallengte van 1,65 km komt daarmee de totale kans op een voertuigbrand in de tunnel A2 Leidsche Rijn op $144.000 * 365 * 2 \cdot 10^{-8} * 1,65 = 1,7$ per jaar. Dit betreft zowel personenautobranden als vrachtauto-branden.

Personenautobranden hebben een brandvermogen van circa 5 MW en zullen om die reden geen noemenswaardige schade aan de tunnel aanrichten. Deze branden blijven in het navolgende buiten beschouwing.

Een vrachtauto-brand heeft doorgaans een vermogen van 25 MW (ongeladen vrachtauto) of meer (geladen vrachtauto). In RWSQRA versie 1.5 wordt uitgegaan van een verhouding 50-50 tussen geladen en ongeladen vrachtauto's. Een brand van een ongeladen vrachtauto zal over het algemeen relatief weinig schade aanrichten. Een dergelijke brand is bovendien beheersbaar voor de brandweer (zonder aanvullende maatregelen).

Zoals gezegd in paragraaf 2.1 gaat de discussie met name over grote vrachtauto-branden, dat wil zeggen branden met een vermogen $> 50 \text{ MW}$.

Niet alle ladingbranden zullen zich ontwikkelen tot een vermogen van meer dan 50 MW. In RWSQRA versie 1.5 wordt bij een ladingbrand weliswaar in alle gevallen conservatief gerekend (vuistregels) met de effecten van een grote brand, maar in het kansenmodel dat is ontwikkeld voor RWSQRA versie 2.0 [2] (en dat o.a. is getoetst door TNO) wordt gerekend met de volgende conservatieve verhouding:

- Ladingbranden 50 MW: 60% (afgerond)
- Ladingbranden 100 MW: 40% (afgerond)
- Ladingbranden 200 MW¹: zeer kleine kans van optreden, omdat hiervoor in de praktijk brandoverslag moet plaatsvinden tussen 2 of meer voertuigen met een groot brandvermogen; twee vrachtautobranden van elk 100 MW leveren in de praktijk nog steeds een vermogen van 100 MW, omdat het bij brandoverslag enige tijd duurt eer het voertuig waarop de brand is overgeslagen zijn maximale brandvermogen heeft bereikt. Het vermogen van de brand van het eerste voertuig is dan inmiddels al weer afgenomen, waardoor het onwaarschijnlijk is dat de piek van de ene brand samenvalt met de piek van de andere brand; in RWSQRA 2.0 wordt derhalve aangenomen dat een 200 MW brand alleen kan optreden indien brandoverslag kan plaatsvinden van een vrachtauto op een tankwagen met brandbare vloeistoffen (aantal tankwagens in tunnel A2 Leidsche Rijn: 28.394 per jaar), waarbij het ontwikkelde brandvermogen ook nog eens afhankelijk is van de ventilatie (kans brandoverslag).

Met een fractie vrachtwagens van 0,114 (t.o.v. de totale verkeersstroom) wordt de kans van optreden van een vrachtautobrand (ladingbrand) met een bepaald vermogen daarmee ingeval van de tunnel A2 Leidsche Rijn als volgt:

- 50 MW: $144.000 * 365$ (aantal voertuigen per jaar in 2020) * 1,65 (tunnellengte) * 0,114 (fractie vrachtwagens) * 0,5 (fractie brandbare lading) * $2 \cdot 10^{-8}$ (branden per voertuigkilometer) * 0,6 (fractie branden 50 MW) = 0,06 per jaar;
- 100 MW: $144.000 * 365$ (aantal voertuigen per jaar in 2020) * 1,65 (tunnellengte) * 0,114 (fractie vrachtwagens) * 0,5 (fractie brandbare lading) * $2 \cdot 10^{-8}$ (branden per voertuigkilometer) * 0,4 (fractie branden 100 MW) = 0,04 per jaar;
- 200 MW: totaal aantal vrachtauto's per jaar is $0,114 * 144.000 * 365 = 5.991.840$ per jaar; de fractie tankwagens met brandbare vloeistoffen is dus $28.394/5.991.840 = 0,005$; als conservatief wordt uitgegaan van een kans op brandoverslag van 1 als een tankwagen zich bij een brandende vrachtauto bevindt en ook nog eens conservatief wordt aangenomen dat de betreffende vrachtwagen altijd een voldoende groot brandvermogen heeft voor een brand van in totaal 200 MW, dan leidt dit tot een kans van: $5.991.840 * 1,65 * 0,5 * 2 \cdot 10^{-8} * 0,005 = 0,0005$ per jaar².

¹ Uit een analyse van de brand in de Mont Blanc tunnel door het Franse ministerie van Binnenlandse Zaken is gebleken dat brandoverslag tussen vrachtauto's onderling niet zozeer leidt tot een vergroting van het brandvermogen, maar meer tot een verlenging van de duur van de brand. Dit heeft te maken met het feit dat het bij brandoverslag enige tijd duurt eer het voertuig waarop de brand is overgeslagen zijn maximale brandvermogen heeft bereikt. Het vermogen van de brand van het eerste voertuig is dan inmiddels al weer afgenomen. Het maximale vermogen van de langdurige brand in de Mont Blanc tunnel bedroeg circa 150 MW. Het gemiddelde vermogen bedroeg slechts 30 MW.

² Dat een vrachtautobrand van 200 MW theoretisch wel mogelijk is, is gebleken bij de brandproeven in de Runehamar tunnel. Tijdens een van de brandproeven werd kortstondig een vermogen van 200 MW bereikt.

Als deze kansen worden vergeleken met de uitgangspunten die doorgaans worden gehanteerd voor het ontwerp van een tunnelventilatie, dan ontstaat het volgende beeld. In de "Aanbevelingen ventilatie van verkeerstunnels" [5]" worden de volgende kansen genoemd voor de overschrijding van een bepaald brandvermogen van een voertuigbrand in een tunnel (al dan niet door brandoverslag):

- 5 MW: 100% (dus alle branden ontwikkelen zich tot 5 MW of meer);
- 20 MW: 20% (dus 20% van de branden ontwikkelt zich tot 20 MW of meer);
- 50 MW: 5%;
- 100 MW: 1%
- 200 MW: 0,01%.

Er van uitgaande dat alle branden met een vermogen > 20 MW vrachtautobranden zijn, dan zou dit voor de A2 Leidsche Rijn tunnel (met theoretisch 1,7 voertuigbranden per jaar) het volgende beeld geven:

- 50 MW: $0,05 * 1,7 = 0,085$ branden per jaar;
- 100 MW: $0,01 * 1,7 = 0,017$ branden per jaar;
- 200 MW: $0,0001 * 1,7 = 0,00017$ branden per jaar.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de kansverdeling volgens RWSQRA 2.0 een iets conservatiever beeld geeft dan de ontwerprichtlijnen voor de ventilatie, aangezien volgens RWSQRA 2.0 meer vrachtautobranden zich doorontwikkelen tot 100 MW of 200 MW.

Voor de schadebepaling zal derhalve verder conservatief worden uitgegaan van de kansen volgens RWSQRA 2.0.

Behalve onderscheid naar vermogen kan ook nog onderscheid worden gemaakt naar ontwikkelsnelheid. In RWSQRA 1.5 (en 2.0) wordt aangehouden dat 90% van de branden zich langzaam ontwikkelt (circa 10 minuten) en 10% van de branden snel (circa 2 minuten).

Dit levert de volgende theoretische kansverdeling:

Kans ladingbrand in vrachtauto			
Brandvermogen	50 MW	100 MW	200 MW
Ontwikfelsnelheid			
Langzaam	0,054 per jaar	0.036 per jaar	0,00045
Snel	0,006 per jaar	0,004 per jaar	0,00005

2.3 Tunnelbranden in Nederlandse historie

Uit het voorgaande (paragraaf 2.2) blijkt dat de theoretische kans op een grote vrachtautobrand (> 50 MW) ongeveer 0,04 per jaar bedraagt (snelle en langzame branden tezamen). Dit is 4x per 100 jaar, ofwel 1x per 25 jaar.

In de praktijk is gebleken dat in Nederland tot op heden veel minder vaak tunnelbranden zijn voorgekomen.

Sinds 1942 tot heden (2010) hebben we in Nederland ongeveer 24 wegtunnels in gebruik, van Maastunnel in Rotterdam tot en met de A73-tunnels in Roermond en Swalmen, gedurende gemiddeld ongeveer 34 jaar. Dat komt neer op ongeveer 24 x

34 = 816 tunneljaren. Gedurende deze periode heeft zich in nog geen enkele Nederlandse tunnel een grote vrachtauto-brand > 50MW voorgedaan.

De enige bekende grote brand in Nederlandse tunnel is de brand in de Velsertunnel in 1978. Deze brand (die binnen een uur was geblust of gedoofd) had een vermogen < 50 MW, alhoewel er meerdere vrachtauto's en personenauto's bij de brand waren betrokken.

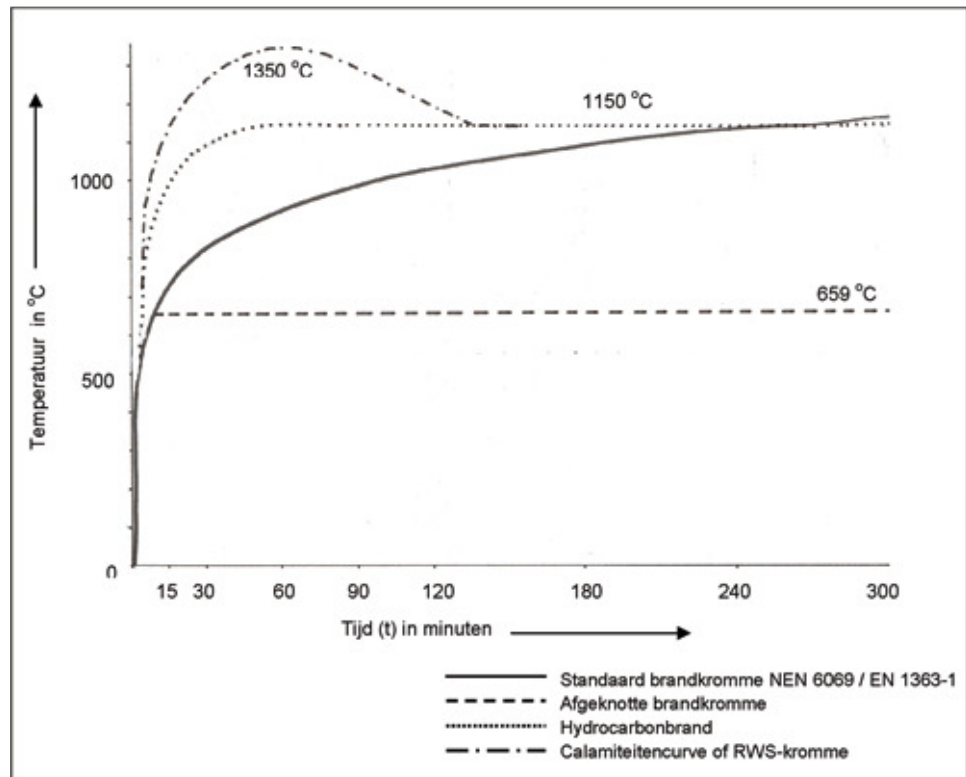
Dit gegeven verdient het om bij toekomstige overwegingen ten aanzien van de kans op voorkomen van tunnelbranden nader onderzocht te worden.

2.4 Risico's schade aan tunnel

De tunnelconstructie (de constructieve integriteit) van de tunnel A2 Leidsche Rijn is gedurende 1 uur beschermd tegen een brand volgens de RWS-brandkromme (zie figuur). De RWS-brandkromme is veel strenger dan de wettelijk voorgeschreven³ brandkromme volgens NEN 6069: de maximale temperatuur na 1 uur bedraagt 1350°C volgens de RWS-brandkromme en "slechts" 900°C volgens de NEN 6069-brandkromme.

Voor deze extra bescherming van de constructie is gekozen omdat de tunnel een economisch belang heeft. De bescherming tegen brand is in dit geval gerealiseerd door een extra betondekking met polypropyleenvezels.

³ Bij landtunnels (overkappingen) met een lengte van meer dan 250m is wettelijk bepaald dat een uiterste grenstoestand van een hoofdconstructie niet mag worden overschreden bij de volgens NEN 6702 bepaalde bijzondere belastingcombinaties die kunnen optreden bij brand, gedurende 60 minuten bij nieuwbouwtunnels en 30 minuten bij bestaande tunnels (Regeling Bouwbesluit, art. 5.1 resp. 5.2). NEN 6702 verwijst naar NEN 6069 voor de toe te passen brandcurve, die overeen komt met de ISO 834 standaardbrandcurve



Aangezien vrachtautobranden doorgaans niet langer duren dan 1 uur, en de temperaturen ter plaatse van de brand doorgaans onder de 1350°C blijven, mag worden verwacht dat de constructieve integriteit van de tunnelconstructie bij een brand gewaarborgd zal blijven en dat de schade aan de constructie zich zal beperken tot schade aan de beschermde deklaag.

Bij brandoverslag kan de brand langer duren dan 1 uur. Aangezien er wordt uitgegaan van langsventilatie is brandoverslag benedenstrooms van de brand het meest waarschijnlijk. Als zich benedenstrooms van de brand geen voertuigen bevinden (verreweg de meest waarschijnlijke situatie, de kans op een situatie met een vrachtautobrand met een file benedenstrooms bedraagt circa $4 \cdot 10^{-5}$ per jaar) zal deze brandoverslag echter niet kunnen plaatsvinden. Brandoverslag bovenstrooms is bij grote branden wel mogelijk, maar minder waarschijnlijk. Bovendien kan deze brandoverslag eenvoudig door de brandweer worden voorkomen door middel van defensieve repressie (waterkanon op afstand om bovenstroomse voertuigen te koelen met watergordijn).

Uiteraard is het zowel voor het voorkomen van bovenstroomse brandoverslag als voor het mogelijk maken van defensieve repressie door de brandweer wel noodzakelijk dat de langsventilatie naar behoren functioneert. Er zijn daarom strenge (maar technisch haalbare) faalkanseisen gesteld aan de ventilatie (zie hoofdstuk 12 van de VRC-richtlijnen). De kans op technisch falen mag niet hoger zijn dan $20 \cdot 10^{-3}$ per aanvraag. Dit komt neer op een technische betrouwbaarheid van 98%. Bovendien is vereist dat de kans op systeemfalen (de kans dat

backlayering⁴ niet kan worden voorkomen) niet groter is dan onderstaande waarden:

Brandvermogen	Minimale langssnelheid om backlayering te voorkomen	Faalkans systeem falen per aanvraag
20 MW	1,8 m/s	1×10^{-3}
50 MW	2,25 m/s	5×10^{-3}
100 MW	2,5 m/s	15×10^{-3}
200 MW	2,5 m/s	50×10^{-3}

Om een inschatting te maken van de schade die optreedt bij (grote) vrachtautobranden, zijn de volgende brandscenario's nader geanalyseerd, aan de hand van CFD-analyses die zijn uitgevoerd ten behoeve van de ontwikkeling van RWSQRA versie 2.0 [2] en CFD-analyses die zijn uitgevoerd in het kader van het UPTUN-onderzoek WP 2 D214 [3]:

- Snelle 50 MW brand met adequate langsventilatie (geen backlayering)
- Snelle 100 MW brand met adequate langsventilatie (geen backlayering)
- Snelle 200 MW brand met adequate langsventilatie (geen backlayering)

Uit de analyses blijkt het volgende:

- Door het voorkomen van backlayering treedt bovenstrooms van de brand geen temperatuurstijging op⁵;
- Bij een brand van 50 MW:
 - o Komt de temperatuur bij het tunneldak ter plaatse van de brand niet boven de 800-900°C;
 - o Daalt de temperatuur ter hoogte van het tunneldak (circa 5m) binnen 100m benedenstrooms van de brand tot 100°C;
 - o Daalt de temperatuur op ooghoogte (circa 1,5m) binnen 40m benedenstrooms van de brand tot beneden 100°C;
- Bij een brand van 100 MW:
 - o Komt de temperatuur bij het tunneldak ter plaatse van de brand niet boven de 1000°C;
 - o Daalt de temperatuur ter hoogte van het tunneldak (circa 5m) binnen 500m benedenstrooms van de brand tot 100°C;
 - o Daalt de temperatuur op ooghoogte (circa 1,5m) binnen 385m benedenstrooms van de brand tot beneden 100°C;
- Bij een brand van 200 MW:
 - o Komt de temperatuur bij het tunneldak ter plaatse van de brand niet boven de 1200-1300°C;
 - o Daalt de temperatuur ter hoogte van het tunneldak (circa 5m) binnen 700m benedenstrooms van de brand tot 100°C;

⁴ Backlayering is het verplaatsen van de rook tegen de ventilatierichting in; dit kan worden voorkomen door te voorzien in voldoende ventilatiecapaciteit. De ventilatie in de A2 Leidsche Rijn tunnel is ontworpen conform de eisen van de VRC-richtlijnen en kan derhalve ook bij grote branden tot 200 MW backlayering voorkomen.

⁵ Uit [3] blijkt dat er sprake is van "backlayering controlled" ventilatie vanaf een ventilatiedruk van 800N.

- Daalt de temperatuur op ooghoogte (circa 1,5m) binnen 600m benedenstreams van de brand tot beneden 100°C.

Dit leidt globaal tot de volgende schade in de tunnel (uitgaande van een brand in een tunnelbuis van de hoofdrijbaan met 3 rijstroken).

Brand-vermogen	Schade	Herstelkosten
50 MW	<ul style="list-style-type: none"> - Constructie: de constructieve integriteit wordt niet aangetast; de brandbelasting is veel kleiner dan bij RWS-brandcurve; de temperatuur blijft bovendien onder de 1350°C; de bescherming tegen hitte (extra betondekking met pp-vezels) is echter wel aangetast over een lengte van maximaal 100m. - Installaties: <ul style="list-style-type: none"> ○ Tunnelverlichting (bestand tegen een temperatuur van 60°C) gaat verloren over een lengte van circa 150m ○ Overige installaties: over een lengte 40-100m gaan de camera's, luidsprekers, hulpposten, detectiemiddelen e.d. verloren (afhankelijk van locatie brand); de kans dat de brand precies ter plaatse van een ventilator-unit ontstaat is relatief klein. Het wegdek (en de lussen daarin) gaan alleen ter plaatse van de brand verloren. 	<p>Constructie: circa €540.000</p> <p>Installaties: circa €185.000</p> <p>Totaal: circa €725.000</p>
100 MW	<ul style="list-style-type: none"> - Constructie: de constructieve integriteit wordt niet aangetast; de brandbelasting is kleiner dan bij RWS-brandcurve; de temperatuur blijft bovendien onder de 1350°C; de bescherming tegen hitte (extra betondekking met pp-vezels) is echter wel aangetast over een lengte van maximaal 500m. - Installaties: <ul style="list-style-type: none"> ○ Vluchtdeuren: bij circa 1 deur treedt schade op waardoor functionaliteit (makkelijk kunnen openen en sluiten) verloren is gegaan ○ HF-kabel / C2000 ontvangst: geen schade (beschermd tegen hoge temperaturen) ○ Ventilatiesysteem: geen schade (tenzij brand ter plaatse van ventilatie-unit) ○ Lineaire branddetectie: verloren over 500m ○ Camera's: verloren over 400m ○ Luidsprekers: verloren over 400m ○ Geluidsbakens: verloren over 400m ○ Contourverlichting: verloren over 400m ○ Hulppostkasten: verloren over 385m ○ Hydranten: verloren over 250m ○ Verlichting: verloren over 600m ○ Lussen in wegdek: alleen verloren t.p.v. brand ○ Bekabeling: geen schade (afgeschermd van brand in MTK) ○ Zichtmeting: mogelijk 1 zichtmeter verloren (afhankelijk van locatie brand) 	<p>Constructie: circa €2.700.000</p> <p>Installaties: circa €1.000.000</p> <p>Totaal: circa €3.700.000</p>

Brand-vermogen	Schade	Herstelkosten
200 MW	<ul style="list-style-type: none"> - Constructie: constructieve integriteit tunnel is nog gewaarborgd, brandbelasting blijft onder RWS-brandcurve; de temperatuur blijft onder de 1350°C en het vermogen neemt sneller af; de bescherming tegen hitte (extra betondekking met pp-vezels) is echter wel aangetast over een lengte van maximaal 700m. - Installaties: <ul style="list-style-type: none"> o Vluchtdeuren: bij circa 2 deuren treedt schade op waardoor functionaliteit (makkelijk kunnen openen en sluiten) verloren is gegaan o HF-kabel / C2000 ontvangst: geen schade o Ventilatiesysteem: geen schade (tenzij brand ter plaatse van ventilatie-unit) o Lineaire branddetectie: verloren over 700m o Camera's: verloren over 650m o Luidsprekers: verloren over 650m o Geluidsbakens: verloren over 650m o Contourverlichting: verloren over 650m o Hulppostkasten: verloren over 600m o Hydranten: verloren over 400m o Verlichting: verloren over 800m o Lussen in wegdek: alleen verloren t.p.v. brand o Bekabeling: geen schade o Zichtmeting: mogelijk 1 zichtmeter verloren (afhankelijk van locatie brand) 	<p>Constructie: circa €3.800.000</p> <p>Installaties: circa €1.450.000</p> <p>Totaal: circa €5.250.000</p>

Als rekening wordt gehouden met de theoretische kansen van optreden van de scenario's met een grote vrachtautobrand, dan komt men tot de volgende verwachtingswaarden per jaar voor de schade aan de tunnel.

Brandscenario	Kans van optreden per jaar	Te verwachten schade tunnel per incident [euro]	Verwachtingswaarde schade per jaar [euro]
50 MW	0,06	725.000	43.500
100 MW	0,04	3.700.000	148.000
200 MW	0,0005	5.250.000	2.625
TOTAAL			194.125

N.B.: zoals eerder opgemerkt, kan er bovenstroomse brandoverslag plaatsvinden indien de ventilatie faalt. Falen van de ventilatie kan dus leiden tot een groter brandvermogen en dus grotere schade. Aangezien de kans op falen van de ventilatie zeer laag is (zie paragraaf 3.2) en bij bovengenoemde schadebedragen altijd is uitgegaan van het grootste brandvermogen binnen de categorie, wordt het effect van het falen van de ventilatie geacht te zijn inbegrepen in de vermelde schades.

2.5 Risico's niet-beschikbaarheid tunnel

Door de schade die bij een grote vrachtautobrand optreedt, is de tunnel tijdelijk niet beschikbaar voor het verkeer. Dit leidt tot maatschappelijke kosten, omdat het verkeer moet omrijden, hetgeen leidt tot tijdverlies.

Voor het bepalen van de maatschappelijke kosten van een grote vrachtautobrand wordt gebruik gemaakt van het per rijstrookafzetting verschuldigde huurbedrag zoals dat is vastgesteld in de 'vraagspecificatie deel 2' bij het project A2 Leidsche Rijn. Dit bedrag is € 25.000 per uur tussen 4.30 uur en 21.30 uur en € 500 tussen 21.30 uur en 4.30 uur voor werkdagen; in het weekend gelden dezelfde bedragen alleen dan tussen 22 uur en 7 uur. Er wordt vanuit gegaan dat de betreffende tunnelbuis bij een brand geheel zal worden afgesloten (3 rijstroken bij een hoofdtunnelbuis en 2 rijstroken bij een parallelbuis). Voor de kosten wordt aangehouden € 75.000 (= 3 * 25.000) respectievelijk € 50.000 (= 2 * 25.000) per uur met een maximum van € 1.000.000 per dag per tunnelbuis.

Op basis van inschattingen door civieltechnische en installatietechnische specialisten van de Dienst Infrastructuur van Rijkswaterstaat (afdeling CT respectievelijk SWI) worden voor de diverse brandscenario's de volgende hersteltermijnen aangehouden.

Brand-scenario	Herstel-termijn	Maatschappelijke schade [euro]	Toelichting
50 MW	1 week	7.000.000	Desgewenst kan het herstel van de brand-bescherming van het plafond geheel of gedeeltelijk worden gecombineerd met een regulier geplande onderhoudsperiode, gezien de relatief beperkte omvang van de schade.
100 MW	9 weken	63.000.000	De herstelperiode is grofweg als volgt opgebouwd: <ul style="list-style-type: none"> - Politieonderzoek en bouwkundige inspectie: 1 week - Verwijderen beschadigde installaties aan plafond, uithakken beschadigde betondekking en herstellen beschermende dekkingslaag: 4 weken - Aanbrengen nieuwe installaties, inclusief testen: 4 weken
200 MW	10 weken	70.000.000	De herstelperiode is grofweg als volgt opgebouwd: <ul style="list-style-type: none"> - Politieonderzoek en bouwkundige inspectie: 1 week - Verwijderen beschadigde installaties aan plafond, uithakken beschadigde betondekking en herstellen beschermende dekkingslaag: 5 weken - Aanbrengen nieuwe installaties, inclusief testen: 4 weken

Bovengenoemde hersteltermijnen zijn exclusief de levertijd van de tunnelverlichting en eventueel te vernieuwen ventilatoren, die met 20 weken veel langer is dan de levertijd van de overige te vernieuwen installaties. Er wordt daarom aanbevolen om bij de voorraad reservecomponenten voor de tunnel rekening te houden met de uitval van verlichting bij brand. Om de tunnel zo snel mogelijk weer open te stellen voor het verkeer dient men dus te beschikken over een bepaalde voorraad reserveverlichting en/of een bepaalde voorraad noodverlichting die men kan gebruiken totdat de definitieve verlichting geleverd is.

De kans dat een ventilator als gevolg van brand verloren gaat is gering. Bovendien heeft het weinig zin om ventilatoren lang op voorraad te houden, omdat deze regelmatig moeten draaien om een betrouwbare werking te verzekeren. Er wordt daarom aanbevolen om het risico van uitval van ventilatoren (en daarmee een langere afsluitingsduur van de tunnel) te accepteren. Het restrisico van niet-beschikbaarheid kan overigens nog verder worden verkleind door de tunnel zonder ventilatie tijdelijk open te stellen met een verbod voor vrachtverkeer, om de kans op een grote brand uit te sluiten.

Als rekening wordt gehouden met de theoretische kansen van optreden van de scenario's met een grote vrachtautobrand, dan komt men tot de volgende verwachtingswaarden per jaar voor de maatschappelijke schade wegens het niet beschikbaar zijn van de tunnel.

Brandscenario	Kans van optreden per jaar	Te verwachten maatschappelijke schade per incident [euro]	Verwachtingswaarde schade per jaar [euro]
50 MW	0,06	7.000.000	420.000
100 MW	0,04	63.000.000	2.520.000
200 MW	0,0005	70.000.000	35.000
TOTAAL			2.975.000

De totale kosten (verwachtingswaarde) van de brandschade (schade aan tunnel plus maatschappelijke schade) wordt daarmee: $194.125 + 2.975.000 = \text{€ } 3.169.125$ per jaar.

2.6 Beheersmaatregelen en hun kosteneffectiviteit

2.6.1 Vast automatisch blussysteem (WMS)

Kosten

Met WMS is een investering gemoed van circa € 20 miljoen.

De onderhoudskosten bedragen ongeveer 1% tot 4% van de investering per jaar; er wordt gerekend met een gemiddelde van 2% per jaar = € 400.000 per jaar.

Verder wordt uitgegaan van een betrouwbaarheid van het systeem van 95% (in 95% van de gevallen dat het systeem wordt aangesproken doet het wat het moet doen).

Om deze betrouwbaarheid te borgen moet rekening worden gehouden met een niet-beschikbaarheid van de tunnel als gevolg van onderhoud, reparaties en testen van 5-10 dagen per jaar en eens in de 5-10 jaar voor langere periode als gevolg van groot onderhoud.⁶

Als wordt optimistisch wordt uitgegaan van 5 dagen onderhoud per jaar komt dit neer op € 5.000.000 per jaar aan maatschappelijke schade wegens het niet beschikbaar zijn van de tunnel.

Baten

Door de blussing met WMS wordt de brandschade aan de tunnel beperkt en daardoor kan de tunnel eerder weer worden opengesteld voor het verkeer.

Op basis van de test van WMS in de Runehamar tunnel ten behoeve van de A73-tunnels [4] en [6] kunnen de schadegebieden worden afgeleid die optreden bij inzet van WMS. De resultaten van enkele representatieve tests is als volgt:

⁶ Schattingen op basis van ervaringen met de tunnels in de Betuweroute.

- Test 1: palletbrand 150 MW met ventilatie; bij het meetpunt op een afstand van 142m benedenstrooms van de brand treedt na $t = 500s$ na ontstaan brand (circa 8 minuten) een maximum temperatuur op van $250^{\circ}C$ op plafondhoogte, die daarna snel afneemt naar een temperatuur van $100^{\circ}C$; deze temperatuur blijft gehandhaafd tot een tijdstip $t = 30$ minuten, daarna neemt de temperatuur af [6];
- Test 4: palletbrand 80 MW met ventilatie; bij het meetpunt op een afstand van 142m benedenstrooms van de brand treedt na $t = 375s$ na ontstaan brand (circa 6 minuten) een maximum temperatuur op van $250^{\circ}C$ op plafondhoogte, die daarna snel afneemt naar een temperatuur beneden de $100^{\circ}C$ [6];
- Test 2: plasbrand benzine $100m^2$, circa 300 MW, met ventilatie; bij het meetpunt op een afstand van 142m benedenstrooms van de brand treedt na $t = 225s$ na ontstaan brand (circa 4 minuten) een maximum temperatuur op van $500^{\circ}C$ op plafondhoogte; daarna neemt de temperatuur geleidelijk af; na $t = 10$ minuten is de temperatuur gedaald tot beneden de $100^{\circ}C$ [6].

Omdat WMS ook een positief effect heeft op het voorkomen van schade bij een plasbrand, wordt in de navolgende analyse ten behoeve van de compleetheid van het beeld ook de plasbrand meegenomen.

De kans van optreden van de groep plasbrandscenario's bedraagt bij de tunnel A2 Leidsche Rijn circa $2 * 10^{-5}$ per jaar.

Aangezien een plasbrand qua omvang van schade vergelijkbaar is met een vrachtauto-brand van 200 MW, zal voor het schadebeeld van een plasbrand worden aangesloten bij het schadebeeld behorende bij de 200 MW vrachtauto-brand.

Dit leidt tot de volgende inschatting van de schadebeelden bij de verschillende brandscenario's bij toepassing van WMS:

- 200 MW brand: schade tot 200m benedenstrooms van de brand op plafondhoogte (ten opzichte van 700m zonder toepassing WMS); dit komt neer op een beperking van de schade van ongeveer $1 - 200/700 = 0,71 = 71\%$;
- 100 MW brand: schade tot 100m benedenstrooms van de brand op plafondhoogte (ten opzichte van 500m zonder toepassing WMS); dit komt neer op een beperking van de schade van ongeveer $1 - 100/500 = 0,80 = 80\%$;
- 50 MW brand: 95% (extrapolatie).

Het blijkt dat een plasbrand veel sneller wordt beheerst dan een palletbrand van een gelijk vermogen. Voor de schadereductie bij een plasbrand wordt derhalve een hoger percentage aangehouden (85%) dan bij een 200MW (71%).

Dit leidt tot de volgende verwachtingswaarden voor schade aan de tunnel ten gevolge van de verschillende brandscenario's, bij toepassing van WMS.

Brandscenario	Kans van optreden per jaar	Te verwachten schade tunnel per incident [euro]	Verwachtingswaarde schade per jaar [euro]
50 MW	0,06	0,05 * 725.000 = 36.250	2.175
100 MW	0,04	0,20 * 3.700.000 = 740.000	29.600
200 MW	0,0005	0,29 * 5.250.000 = 1.522.500	761
Plasbrand	$2 * 10^{-5}$	0,15 * 5.250.000 = 787.500	16
TOTAAL			32.552

Als wordt aangenomen dat de benodigde technische hersteltijd voor de tunnel in dezelfde mate wordt beperkt als de technische schade, dan worden de verwachtingswaarden voor maatschappelijke kosten als volgt, rekening houdend met het feit dat het bij een 100 MW brand en een 200 MW brand altijd ongeveer 1 week nodig is voor politieonderzoek en een bouwkundige inspectie e.d.

Brandscenario	Kans van optreden per jaar	Hersteltermijn	Te verwachten maatschappelijke schade per incident [euro]	Verwachtingswaarde schade per jaar [euro]
50 MW	0,06	2,25 dagen	2.250.000	135.000
100 MW	0,04	1 + 0,2 * 9 = 2,8 weken	19.600.000	784.000
200 MW	0,0005	1 + 0,29 * 10 = 3,9 weken	27.300.000	13.650
Plasbrand	$2 * 10^{-5}$	1 + 0,15 * 10 = 2,5 weken	17.500.000	350
TOTAAL				933.000

De besparing van de schadekosten met WMS kan nu als volgt worden afgeleid (verwachtingswaarden per jaar):

- Zonder WMS: schade tunnel + maatschappelijke schade = 194.125 + 2.975.000 = € 3.169.125 per jaar;
- Met WMS: schade tunnel + maatschappelijke schade = 32.552 + 933.000 = €965.552; dit zijn in feite de kosten die optreden bij een 100% betrouwbaar systeem; bij de aangenomen betrouwbaarheid van 95% voor WMS zal de schade in 95% van de gevallen worden gereduceerd, terwijl in 5% van de gevallen (als het systeem faalt) zal de schade optreden die hoort bij een situatie zonder WMS; rekening houdend met de betrouwbaarheid van 95% zal de verwachtingswaarde voor de schadekosten met WMS dus worden: $0,95 * 965.552 + 0,05 * 3.169.125 = €1.075.731$

- Totale beperking schade per jaar door WMS (schade tunnel + maatschappelijke schade) = $3.169.125 - 1.075.731 = €2.093.394$; dit komt neer op een mate van reductie van de schadekosten van $1.075.731 / 3.169.125 = 0,34$

Oordeel kosteneffectiviteit

Uit het voorgaande valt op te maken dat met de toepassing van WMS een schadebeperking wordt bereikt van €2.093.394 per jaar (verwachtingswaarde). Deze besparing is echter lager dan de jaarlijkse onderhoudskosten van WMS: 400.000 directe kosten + 5.000.000 maatschappelijke kosten = €5.400.000 per jaar.

Hieruit blijkt dat de investering in WMS niet kosteneffectief is als middel om de schade van een grote branden (inclusief plasbranden) te beperken: de investering leidt tot een kostenverhoging in plaats van een kostenverlaging, waardoor de investering niet wordt terugverdiend. **Hierbij geldt ook de overweging dat de kans op een grote vrachtautobrand in een Nederlandse tunnel in de praktijk veel lager is dan de theoretische kans, waarmee de kosteneffectiviteit is geanalyseerd.**

2.6.2

Mobiel blussysteem (WMS of CAFS)

Bij een mobiel blussysteem kan o.a. worden gekozen tussen een CAFS-voertuig of een mobiel WMS kanon, in feite een ventilator met een aansluitmogelijkheid voor een brandslang, zodat watermist kan worden gecreëerd. De brandweer van Frankfurt heeft een dergelijke installatie in gebruik, die van een afstand bestuurbaar is (zie foto). Hierdoor kan een brand voldoende dicht worden benaderd zonder gevaar voor de brandweermensen, in het geval van de tunnel A2 Leidsche Rijn bijvoorbeeld over de vluchtstrook. Ook is het denkbaar dat de brandweer een WMS-kanon of waterkanon gebruikt om vanuit het middentunnelkanaal (via een vluchtdeur) de rookgassen benedenstrooms van de brand te koelen. Op deze wijze wordt de brand niet geblust, maar wordt de schade aan de tunnel wel beperkt.



De brandweer van Terneuzen heeft CAFS-voertuigen in gebruik, ten behoeve van het blussen van grote branden in de Westerscheldetunnel.

In het navolgende wordt uitgegaan van een WMS-kanon. De kosteneffectiviteit van een CAFS-voertuig wordt voornamelijk vergeleken met die van een WMS-kanon.

Kosten

Met een WMS-kanon is een investering gemoeid van circa €500.000.

Net als bij een vaste WMS-installatie wordt uitgegaan van 2% onderhoudskosten per jaar, dus €10.000 per jaar.

Aangezien het onderhoud buiten de tunnel kan plaatsvinden, gaat het onderhoud aan een WMS-kanon niet ten koste van de beschikbaarheid van de tunnel. Er zijn dus geen maatschappelijke kosten gemoeid met het onderhoud.

Aangezien het een minder complex systeem betreft dan een vaste WMS-installatie wordt uitgegaan van een betrouwbaarheid van 98%.

Baten

Net als bij een vast blussysteem zal toepassing van een mobiel WMS-kanon leiden tot een reductie van de schade aan de tunnel en een reductie van de maatschappelijke schade. De effectiviteit zal echter een stuk minder zijn dan bij een vaste installatie, omdat de inzet van het systeem is gekoppeld aan de opkomsttijd van de brandweer (12 tot 15 minuten) plus de benodigde tijd om een verkenning uit te voeren en het WMS-kanon blusgereed te maken. In de praktijk zal het ongeveer 30 minuten duren eer er kan worden gestart met bluswerkzaamheden. Een vrachtautobrand heeft dan in het algemeen zijn maximale brandvermogen al bereikt, zodat alleen de tijdsduur van de brand nog kan worden bekort om de

schade te beperken. Er wordt daarom conservatief uitgegaan van een relatief lage mate van reductie van de schade, namelijk 0,95, ten opzichte van 0,34 bij een vast blussysteem. Hierin is inbegrepen de betrouwbaarheid van 98%. Dit betekent dat de besparing op de schade bedraagt: $(1-0,95) * €3.169.125 = €158.457$ per jaar (verwachtingswaarde).

Oordeel kosteneffectiviteit

Algemeen geldt dat een investering voor een maatregel kosteneffectief is als geldt:

Kosten risico zonder maatregel / rentevoet > investering + (kosten risico met maatregel / rentevoet).

Als wordt uitgegaan van een (zeer lage) rentevoet van 0,02, dan geldt:

- Kosten risico zonder maatregel / rentevoet = $€3.169.125 / 0,02 = €158.456.250$
- Kosten investering + (kosten risico met maatregel / rentevoet) = $500.000 + (3.169.125 - 158.457 + 10.000^7) / 0,02 = €151.533.400$

De investering in een WMS-kanon lijkt dus kosteneffectief.

⁷ Dit zijn de jaarlijkse onderhoudskosten van het WMS-kanon

3 Conclusies en aanbevelingen

3.1 Conclusies

De schade die optreedt bij een grote vrachtauto-brand bestaat uit schade aan de tunnel en maatschappelijke schade vanwege het niet beschikbaar zijn van de tunnel. Omdat er bij een brand met een vermogen van 100 MW of hoger sprake is van een afsluiting van de tunnel van 9 tot 10 weken, is er dan sprake van forse maatschappelijke kosten. Omdat er echter sprake is van lage kansen van optreden zijn de jaarlijkse verwachtingswaarden voor de schade beperkt.

Het blijkt dat de investering in een vast automatisch blussysteem niet leidt tot een verlaging van de maatschappelijke kosten, omdat het systeem regelmatig zal moeten worden onderhouden en getest om voldoende betrouwbaar te blijven. Hiervoor zal de tunnel regelmatig moeten worden afgesloten, zodat er sprake zou van een niet-beschikbaarheid van de tunnel die gemiddeld genomen groter zou zijn dan de uitval door brand.

Een investering in een op meer mobiele blusinstallaties (WMS-kanon of CAFS-voertuig) lijkt wel kosteneffectief te zijn.

3.2 Aanbevelingen

Er wordt aanbevolen om bij de voorraad reservecomponenten voor de tunnel rekening te houden met de uitval van verlichting bij brand. De levertijd van tunnelverlichting bedraagt namelijk ongeveer 20 weken (special product). Om de tunnel zo snel mogelijk weer open te stellen voor het verkeer dient men dus te beschikken over een bepaalde voorraad reserveverlichting en/of een bepaalde voorraad noodverlichting die men kan gebruiken totdat de definitieve verlichting geleverd is.

De levertijd van tunnelventilatoren bedraagt eveneens 20 weken, maar de kans dat deze als gevolg van brand verloren gaan is gering. Bovendien heeft het weinig zin om ventilatoren lang op voorraad te houden, omdat deze regelmatig moeten draaien om een betrouwbare werking te verzekeren. Er wordt daarom aanbevolen om het risico van uitval van ventilatoren (en daarmee een langere afsluitingsduur van de tunnel) te accepteren. Het restrisico van niet-beschikbaarheid kan overigens nog verder worden verkleind door de tunnel zonder ventilatie tijdelijk open te stellen met een verbod voor vrachtverkeer, om de kans op een grote brand uit te sluiten.

Tenslotte wordt aanbevolen om de inzet van mobiele blusinstallaties als extra beheersmaatregel voor grote branden nader te onderzoeken, aangezien dit een kosteneffectieve maatregel lijkt.

Het gebruik van dergelijke installaties is momenteel nog geen gemeengoed bij de brandweer, maar gezien het feit dat de tunneldichtheid in Nederland steeds groter wordt, is het zeer verdedigbaar dergelijke installaties aan het standaardmaterieel van de brandweer toe te voegen.

Lijst van aangehaalde literatuur

1. Kwantitatieve risicoanalyse A2 Leidsche Rijn tunnel, Actualisatie van de QRA, Steunpunt Tunnelveiligheid (RWS Dienst Infrastructuur), doc.nr. 4818-2009-0027, versie 4 (definitief), 25 augustus 2009
2. Het RWSQRA-model voor wegtunnels versie 2.0, Deel 2: Achtergronddocument (concept), doc.nr. 4818-2009-0032, juli 2009
3. CFD-modelling of tunnel fires, UPTUN WP2 D214, july 2006, te downloaden van www.uptun.net
4. Effects of water mist on real large tunnel fires: experimental determination of BLEVE-risk and tenability during growth and suppression; Efectis Nederland Report 2008-Efectis-R0425, d.d. juni 2008
5. Aanbevelingen ventilatie van verkeerstunnels, ir. J.W. Huijben e.a., Steunpunt Tunnelveiligheid, ISBN 90-369-0001-8, december 2005
6. Real scale tests of Aquasys water mist fire suppression system in Runehamar test tunnel, Norway 2008, Sintef, 22 juni 2008
7. UPTUN, WP2, D213: Runehamar tunnel fire tests, September 2008, te downloaden van www.uptun.net

Bijlage A Beoordeling door prof. Ale en prof. Horvat



Horvat & Partners

WILLEMSPLEIN 489 • 3016 DR ROTTERDAM
POSTBUS 23112 • 3001 KC ROTTERDAM
T 010 281 03 34 • F 010 281 03 35
I WWW.HORVAT.NL • E CONSULTANTS@HORVAT.NL

t.a.v. ir. H. Ruijter
Landelijk Tunnel Regisseur
Rijkswaterstaat

Datum : 6 juli 2010 (datum mail)
Ons kenmerk : 10 012 N 003
Status : Definitief

Betreft: Rapport RWS "Grote vrachtwagenbrand in tunnel
A2 Leidsche Rijn"(dd.3 juli 2010,versie 4)

Geachte heer Ruijter,

Hierbij informeer ik U, mede namens collega Ale, dat ondanks enig verschil in inzichten tussen ons in details (historische gegevens, maatschappelijke kosten) wij beiden van mening zijn dat de conclusies en aanbevelingen van bovengenoemd RWS rapport (dd.3 juli 2010) redelijk zijn, en als dusdanig een goede bijdrage vormen voor een besluit door het bestuur. De voorgenomen aanpassing van par.2.3 is een terechte correctie¹.

Hopende u hiermee voldoende hebben geïnformeerd, verblijven wij met

vriendelijke groet,



Prof. ir. E. Horvat

¹ Correctie zoals aangekondigd in de e-mail d.d. 6-7-2010 van uw medewerker R. Gram.