

Toekomstverkenning brandbestrijding in wegtunnels



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweezorg
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2024

Auteurs A. Barreveld, J. van der Graaf, B. Riemersma, N. Rosmuller
Met medewerking van E. Huizer en R. Weever
Contactpersoon N. Rosmuller

Opdrachtgever Rijkswaterstaat en Brandweer Nederland
Contactpersoon W. de Graaf (RWS), R. Polman en H. Timmers (BRWNL)

Datum 11 juli 2024

Foto's Diverse

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

Inhoud

Abstract	5
Samenvatting	6
Inleiding	7
1 Context tunnelbrandbestrijding	10
1.1 Wet- en regelgeving brandbestrijding in wegtunnels	10
1.2 Huidige tunnelbrands scenario's en -brandbestrijding	16
2 Actuele punten inzake tunnelbrandbestrijding	22
2.1 Reguliere werkwijze bij brandbestrijding in wegtunnels en lokale afwijkingen	22
2.2 Open houden van de vluchtdeuren bij een brandweerinzet?	23
2.3 Druk op en debiet van de brandslangaansluiting en slanghaspels in de hulppost	25
2.4 Visie en uitgangspunten van Brandweer Nederland tunnelveiligheid	26
2.5 Het verbod op PFAS-houdend schuim in blusmiddelen	27
3 Druk, debiet, hulpposten en wandcontactdozen	29
3.1 Bluswatervoorziening	29
3.2 Hulppost (en wandcontactdozen) in de verkeersbuis	31
3.3 Samenvattend	36
4 Verduurzaming wagenpark	37
4.1 Batterij elektrisch	37
4.2 Vloeibare biobrandstoffen: bio-ethanol en biodiesel	38
4.3 Tot vloeistof gebrachte gassen: LNG en LPG	39
4.4 Gecomprimeerd gas: waterstof en CNG	39
4.5 Expertsessie	41
4.6 Samenvattend	41
5 Toekomstige ontwikkelingen binnen de brandbestrijding	43
5.1 Ontwikkelingen in de brandbestrijding	43
5.2 Samenvattend	51
6 Conclusie en aanbevelingen	53
6.1 Beantwoording van de deelvragen	53
6.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen	56
6.3 Aanbevelingen	56
Literatuur	59
Bijlage 1: Wet- en regelgeving	61
Bijlage 2: Voorzieningen in wegtunnel	65
Bijlage 3: Reguliere werkwijze brandbestrijding in wegtunnels	67

Bijlage 4: Bluswaterdruk handstralen	70
Bijlage 5: Appreciatie RWS	73

Abstract

The Stakeholders' Consultation on Tunnel Safety asked the NIPV (Netherlands Institute on Public Safety) to conduct research into firefighting systems and tactics used by firefighters in road tunnels. This is because there appears to be a lack of clarity about regular fire-fighting tactics in road tunnels and the effect of sustainability in the vehicle fleet on tunnel fire-fighting. With the results of the study, the firefighting systems and tactics used by firefighters in road tunnels can be reconsidered. On this basis, where necessary, the guidebook 'Guidelines for firefighting in road tunnels' will also be updated and Rijkswaterstaat will consider the (re)design of the emergency unit(s) in road tunnels. This study focuses on the following main question:

- > What developments within 10 years may give rise to reconsider the Dutch road tunnel firefighting procedures?

Based on the answers of six sub-questions, we conclude that there is sufficient reason for reconsidering the Dutch road tunnel firefighting procedures. The reasons are:

- > The vision of Dutch Fire service on tunnel firefighting including the tendency to be less offensive in entering dangerous confined space for fire suppression activities, like road tunnels, and the desire to facilitate more tailor-made solutions.
- > The new energy carriers in the fleet causing more complex tunnel incidents and fires
- > The developments in fire suppression techniques like O-bundles, situational awareness technologies (CCTV, license plate recognition, ...) and fixed fire suppression systems

Samenvatting

Het Stakeholdersoverleg Tunnelveiligheid heeft NIPV gevraagd om onderzoek te doen naar de brandbestrijdingssystemen en -tactieken van de brandweer in wegtunnels. Er blijkt namelijk onduidelijkheid te bestaan over reguliere brandbestrijdingstactieken in wegtunnels en de doorwerking van verduurzaming in het wagenpark op de tunnelbrandbestrijding. Met de uitkomsten van het onderzoek kunnen onder andere de brandbestrijdingssystemen en -tactieken van de brandweer in wegtunnels heroverwogen worden. Op basis daarvan wordt waar nodig ook de handreiking '*Handvatten bevelvoerder brandbestrijding in wegtunnels*' geactualiseerd alsmede door Rijkswaterstaat de (her)inrichting van de hulppostkast(en) in wegtunnels overwogen. In dit onderzoek staat de volgende hoofdvraag centraal:

- > Welke ontwikkelingen zijn er nu en binnen een periode van 10 jaar te verwachten die aanleiding geven om de tunnelbrandbestrijding in Nederland te heroverwegen?

Aan de hand van de beantwoording van zes deelvragen zien we wel degelijk aanleiding om de tunnelbrandbestrijding in wegtunnels in Nederland te (her)overwegen. De redenen hiervoor zijn:

- > De visie van brandweer Nederland op tunnelbrandbestrijding waaronder de algemene neiging van de brandweer om minder offensief op te treden (bij tunnelincidenten) en ruimte voor meer maatwerk (zoals openhouden van vluchtdeur, tweezijdig aanrijden, ...)
- > De verduurzaming van het wagenpark met als gevolg complexere incidenten/branden.
- > De ontwikkeling van brandbestrijdingstactieken en -hulpmiddelen, zoals O-bundels, situatie/beeld-herkenningssystemen (CCTV, kentekenherkenning, ...) en vaste brandbestrijdingssystemen.

Inleiding

Aanleiding

Een wegtunnel is een kunstmatig aangelegde onderdoorgang of overkapping die als doel heeft om wegtransport tussen twee punten mogelijk te maken. Daarbij kan gedacht worden aan een ondergrondse constructie om een water-, auto-, of spoorweg te passeren, maar ook om natuurgebieden te ontzien of om efficiënter met de beschikbare ruimte in (bijvoorbeeld) binnenstedelijk gebied om te gaan.

In Nederland bestaat er een overlegstructuur waarbij tussen stakeholders betrokken bij tunnelveiligheid regulier overleg plaatsvindt over veiligheidsonderwerpen die deze stakeholders betreffen. Dit Stakeholdersoverleg Tunnelveiligheid¹ heeft het NIPV gevraagd om onderzoek te doen naar de toekomst van brandbestrijdingssystemen en -tactieken van de brandweer in wegtunnels. Aan deze vraag ligt een aantal aanleidingen ten grondslag. Deze aanleidingen zijn deels te herleiden tot de volgende zaken:

- > Er bestaat een reguliere werkwijze voor de brandbestrijding in wegtunnels, maar hier wordt in praktijk nogal eens van afgeweken.
- > Een onderzoek dat is uitgevoerd door Delta Pi – *Open houden van de vluchtdeuren bij een brandweerinzet*. (Laarschot, M. et al., 2022)
- > Een onderzoek dat door het NIPV is uitgevoerd over de druk op de brandslangaan-sluiting en slanghaspels in de hulppost in de Heinenoordtunnel.
- > Een door Brandweer Nederland ontwikkelde (brandweer)visie op tunnelveiligheid.
- > Het verbod op PFAS-houdend schuim in blusmiddelen.

Daarnaast vormt ook de blik op de toekomst aanleiding voor deze studie. Het gaat hierbij om duurzaamheidsontwikkelingen binnen het wagenpark (duurzame brandstoffen), en de eventuele gevolgen hiervan voor de brandweertactiek en -middelen bij incidentbestrijding.

Onderzoeks- en deelvragen

Uit de bovenstaande observaties blijkt dat er ontwikkelen zijn die mogelijk van invloed zijn op de reguliere brand-bestrijdingstactieken in wegtunnels. Om hier meer duidelijkheid in te scheppen, beantwoordt dit rapport de volgende hoofdonderzoeksvraag:

- > Welke ontwikkelingen zijn er nu en binnen een periode van 10 jaar te verwachten die aanleiding geven om de tunnelbrandbestrijding in Nederland te heroverwegen?

De hoofdvraag delen we op in een zestal deelvragen:

1. Welke eisen gelden er momenteel voor de bluswatervoorziening en hulpposten in de wegtunnel? Hierbij wordt extra aandacht besteed aan:
 - de benodigde debieten en druk

¹ Het Stakeholdersoverleg Tunnelveiligheid bestaat uit vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat, het platform niet-rijkstunnels, het platform Nederlandstalige veiligheidsbeambten, het NIPV en de hulpverleningsdiensten, zoals brandweer, GHOR en politie.

- de inhoud van de hulpposten
 - de wandcontactdozen in de hulpposten.
2. Welke uitgangspunten gelden er momenteel voor de brandbestrijding in wegtunnels?
 3. Welke ontwikkelingen die relevant zijn voor de brandontwikkeling zijn er de komende tien jaar in het wagenpark te verwachten voor wat betreft duurzame brandstoffen en tot welke typerende brandscenario's leidt dit?
 4. Welke ontwikkelingen zijn er gaande in de brandbestrijding, wat betreft brandweermaterieel en brandbestrijdingstactieken, die per typerend brandscenario kunnen worden toegepast in samenhang met de reeds aanwezige preventieve voorzieningen in een wegtunnel?
 5. Welke mogelijkheden voor heroverweging of optimalisatie zijn er op basis van de beantwoording van deelvraag 1 t/m 4 voor:
 - de tunneluitrusting (hulpposten)
 - brandbestrijdingstactieken
 - de opleidingsbehoefte van bijvoorbeeld de tunnelbeheerder of veiligheidsregio's?
 6. Van welk risico is er sprake, ofwel: voor welke incidentscenario's zijn de tunneluitrusting en brandbestrijdingstactieken momenteel niet toereikend?

Aanpak

Voor het beantwoorden van de vragen gebruiken we diverse bronnen en methodes. Deelvraag 1 wordt beantwoord op basis van een literatuurstudie en een drietal gesprekken met experts van Rijkswaterstaat en de brandweer. Deelvraag 2 en 3 worden beantwoord middels een internet- en literatuurstudie en gesprekken met experts binnen het NIPV. Voor het beantwoorden van deelvraag 4 is een lijst opgesteld van ontwikkelingen op basis van de expertise binnen het NIPV en navraag bij experts van veiligheidsregio's met wegtunnels binnen haar grondgebied. We hebben deze ontwikkelingen en de relevantie ervan voor toekomstige tunnelincidenten besproken in een themasessie samen met drie experts op het gebied van incidentbestrijding. Met de opgedane kennis en informatie worden deelvragen 5 en 6 beantwoord. Een tussentijdse versie en een conceptversie van dit rapport zijn besproken met een klankbordgroep.

Reikwijdte van de onderzoeksresultaten

Dit onderzoek kent twee dimensies. De eerste is die waarin we reeds bestaande problemen en discussiepunten uitwerken en oplossingen voorstellen. Daarnaast heeft dit onderzoek een dimensie gericht op de toekomst. Het verkent de toekomstige ontwikkelingen en doordenkt de mogelijke invloed daarvan op de brandbestrijding in wegtunnels. We zullen de aandachtspunten voor de toekomstige brandbestrijding in de Nederlandse wegtunnels in beeld brengen, zonder dat we deze uitwerken in bijvoorbeeld incidentbestrijdingsprocedures of aanpassing in les- en leerstof. Dat is namelijk pas aan de orde wanneer opdrachtgevers met elkaar besloten hebben die vervolgstap te willen maken.

Met de uitkomsten van het onderzoek wordt een basis gelegd voor een eventuele heroverweging van de brandbestrijdingssystemen en tactieken van de brandweer in wegtunnels, alsmede voor mogelijkheden tot optimalisering daarvan. Daarmee wordt waar nodig ook de handreiking *Handvatten voor de bevelvoerder bij brandbestrijding in*

wegtunnels direct na melding (IFV. 2020a) geactualiseerd en wordt door Rijkswaterstaat een herziening uitgevoerd van de ontwerputgangspunten van de blusinstallatie in tunnels.

Dit onderzoek beperkt zich tot wegtunnels met een aaneengesloten overkapping van meer dan 250 meter. Op deze tunnels is tunnelwetgeving (Warvw) van toepassing en gelden er vanuit de bouwregelgeving aanvullende voorschriften. Bij kortere overkappingen is sprake van een 'overkluizing' en zijn andere voorschriften van toepassing. Hoewel dit document in principe evenzeer kan worden toegepast bij een overkluizing, is het daar niet voor bedoeld.

1 Context

tunnelbrandbestrijding

Om de toekomst van de brandbestrijding in wegtunnels goed te kunnen inrichten is het van belang de huidige situatie en uitgangspunten ervan goed te doorgronden. Het gaat daarbij in ieder geval over

- > de huidige wet- en regelgeving ten behoeve van die brandbestrijding (paragraaf 1.1)
- > de huidige wijze van tunnelbrandbestrijding (paragraaf 1.2).

1.1 Wet- en regelgeving brandbestrijding in wegtunnels

In deze paragraaf beschrijven we de wet- en regelgeving die van toepassing is op de brandbestrijding in wegtunnels langer dan 250 meter. Aan de hand daarvan kan worden vastgesteld welke voorzieningen met het oog op de brandbestrijding in een tunnel vereist zijn. In paragraaf 1.1.1 wordt daartoe een overzicht van de van toepassing zijnde regelgeving gegeven, die in paragraaf 1.1.2 geanalyseerd wordt. In paragraaf 1.1.3 wordt in tabelvorm, een overzicht van de belangrijkste voorschriften gegeven. In paragraaf 1.1.4 wordt nader wordt ingegaan op de voorzieningen met betrekking tot de brandbestrijding.

1.1.1 Wet- en regelgeving

De wet- en regelgeving die van toepassing is op de brandbestrijding in wegtunnels langer dan 250 meter is onder te verdelen in de volgende vier typen:

- > Bouwregelgeving
- > Tunnelregelgeving
- > Brandweerregelgeving
- > Arboregelgeving.

Bouwregelgeving: De bouwregelgeving² omvat de wetten die betrekking hebben op het (veilig en bruikbaar) bouwen en gebruiken van bouwwerken. De meeste en belangrijkste voorschriften zijn opgenomen in:

- > de Omgevingswet
- > het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl).

Tunnelregelgeving: De tunnelregelgeving omvat voorschriften die betrekking hebben op de veiligheid en bruikbaarheid van wegtunnels. De belangrijkste voorschriften zijn opgenomen in de:

- > Richtlijn 2004/54/EG van het Europees Parlement en de raad inzake minimumveiligheidseisen voor tunnels in het trans-Europese wegennet
- > Wet aanvullende regels veiligheid wegtunnels (Warvw)
- > Regeling aanvullende regels veiligheid wegtunnels (Rarvw).

² Per 1 januari 2024 zijn de Omgevingswet van en onderliggende Algemene maatregelen van bestuur, waaronder het Besluit Bouwwerken leefomgeving in werking getreden en is oude regelgeving waaronder de Woningwet, Wet algemene bepaling omgevingsrecht (WABO) en het Bouwbesluit 2012 komen te vervallen.

Landelijke tunnelstandaard (LTS)

Rijkswaterstaat hanteert voor nieuwe tunnels en renovatie van bestaande tunnels de LTS. De LTS is een invulling van de gestandaardiseerde uitrusting volgens de Rarvw. Door de LTS toe te passen wordt voldaan aan de Rarvw.

Wet veiligheidsregio's: De Wet veiligheidsregio's bevat voorschriften die betrekking hebben op de taken en verantwoordelijkheden van de veiligheidsregio en brandweer.

Arboregelgeving: De Arboregelgeving omvat voorschriften die betrekking hebben op de arbeidsveiligheid van medewerkers. Dit betreffen zowel de medewerkers in dienst van de tunnelbeheerder als medewerkers van de hulpdiensten. De belangrijkste voorschriften zijn opgenomen in:

- > de Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet)
- > het Arbeidsomstandighedenbesluit (Arbobesluit)
- > de Arbeidsomstandighedenregeling (Arboregeling).

1.1.2 Analyse van wet- en regelgeving

De analyse van wet en regelgeving beperkt zich tot de voorschriften die betrekking hebben op nieuw te bouwen tunnels langer dan 250 meter. Voor te verbouwen en bestaande wegtunnels gelden, afhankelijk van de bouwperiode, mogelijke afwijkende voorschriften en/of grenswaarden. In dit onderzoek worden de nieuwbouwvoorschriften als referentie gebruikt. Ook beperkt deze analyse zich tot voorschriften die direct betrekking hebben op de brandbestrijding.

Bouwregelgeving

Omgevingswet

In de Omgevingswet is de wetgeving gebundeld van alle sectoren binnen de fysieke leefomgeving, zoals ruimte, wonen, infrastructuur, milieu, natuur en water. Op basis van de Omgevingswet heeft het Rijk algemene rijksregels opgesteld die staan in vier Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB). De technische voorschriften voor bouwwerken zoals wegtunnels zijn niet in de Omgevingswet zelf opgenomen, maar in het Bbl, een van de AmvB's onder de Omgevingswet. Ook de vergunningplicht voor een omgevingsvergunning is in de Omgevingswet geregeld:

Omgevingswet, artikel 5.1, eerste en tweede lid: Het is verboden zonder omgevingsvergunning de volgende activiteiten te verrichten:

- a. een omgevingsplanactiviteit (eerste lid)
- b. een bouwactiviteit (tweede lid)

Opgemerkt wordt dat sinds 1 januari 2024 de 'omgevingsplanactiviteit' en de 'bouwactiviteit' twee afzonderlijke vergunningprocedures betreffen. De omgevingsplanactiviteit betreft de ruimtelijke inpassing van het bouwwerk in de omgeving (met daarin ook onderwerpen als bluswatervoorziening en bereikbaarheid van hulpdiensten). De bouwactiviteit betreft het bouwen van het bouwwerk, waaronder wegtunnels, volgens de technische voorschriften die daarop van toepassing zijn volgens het Bbl.

Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)

In het Bbl zijn de technische voorschriften opgenomen waaraan alle bouwwerken in Nederland moeten voldoen. Een wegtunnel wordt aangemerkt als een bouwwerk geen gebouw zijnde.³ Daarbij wordt onderscheid gemaakt in wegtunnels tot 250 meter en wegtunnels langer dan 250 meter. Voor wegtunnels langer dan 250 m gelden een aantal aanvullende voorschriften. De voorschriften voor nieuw te bouwen bouwwerken zijn strenger dan voor bestaande en te verbouwen bouwwerken.

Naast de technische voorschriften voor bouwwerken kent het Bbl een aantal algemene bepalingen. Zo is bepaald in respectievelijk paragraaf 2.2.3 en 2.2.4 welke gevallen vergunningvrij zijn voor de bouwactiviteit en voor de omgevingsplanactiviteit. Daarnaast is in artikel 3.5 onder meer een specifieke zorgplicht van de eigenaar van het bouwwerk geleregeld (voorheen: artikel 1a van de Woningwet).

Bbl artikel 3.5: Degene die weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat de staat van het bouwwerk tot gevaar voor de gezondheid of veiligheid kan leiden, is verplicht alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs kunnen worden gevraagd om dat gevaar te voorkomen of niet te laten voortduren.

Tunnelregelgeving

Richtlijn 2004/54/EG van het Europees Parlement en de raad inzake minimumveiligheidseisen voor tunnels in het trans-Europese wegennet (EU-Richtlijn)

De Europese richtlijn 2004/54/EG bevat minimum veiligheidseisen voor tunnels langer dan 500 meter in het trans-Europese wegennet. De richtlijn behoort niet tot de Nederlandse wet- en regelgeving, maar is een Europese richtlijn voor nationale regelgeving.⁴ Het is de taak van de individuele lidstaten om de voorschriften uit de EU-richtlijn in landelijke wetgeving te verankeren.

Richtlijn 2004/54/EG Artikel 3, lid 1: De lidstaten verzekeren dat tunnels op hun grondgebied die onder deze richtlijn vallen, voldoen aan de minimumveiligheidseisen van bijlage I.

De technische prestatievoorschriften vanuit deze EU-richtlijn zijn in Nederland geïmplementeerd in het Bbl. Wanneer bepalingen van de EU-richtlijn niet konden worden ondergebracht in bestaande bouwregelgeving, zijn ze opgenomen in de Wet aanvullende regels veiligheid wegtunnels (Warvw) en de ministeriële Regeling aanvullende regels veiligheid wegtunnels (Rarvw).

Wet aanvullende regels veiligheid wegtunnels 2013 (WARVW)

De Warvw beoogt een helder pakket van voorschriften voor wegtunnels te bieden. In tegenstelling tot de reeds benoemde Europese richtlijn beperkt deze wet zich niet tot wegen van het trans-Europese wegennet, maar is van toepassing op alle nieuwe én bestaande tunnels langer dan 250 meter binnen het Nederlandse wegennet.

Een belangrijk onderdeel van de Warvw is de risicoanalyse waaruit moet blijken dat het aantal dodelijke slachtoffers (per kilometer tunnelbuis per jaar) de gestelde grenswaarden niet overschrijdt. Daarnaast verwijst de Warvw naar een gestandaardiseerde tunneluitrusting in de Rarvw. In de Warvw staan bovendien de voorwaarden aan het besluitvormingsproces

³ Bouwwerk geen gebouw zijnde: Bouwwerk of gedeelte daarvan, voor zover dat geen gebouw of onderdeel daarvan is.

⁴ Er is, bijvoorbeeld in het kader van een aanvraag om omgevingsvergunning, géén sprake van een inhoudelijke toetsing aan de Europese richtlijn.

opgenomen, die moeten worden gevolgd om tot een veilige tunnel te komen. Hierin zijn de verantwoordelijkheden en bevoegdheden van de verschillende partijen omschreven. Dit betreft het bevoegd gezag, maar ook de tunnelbeheerder en de veiligheidsbeambte.

Regeling aanvullende regels veiligheid wegtunnels 2013 (Rarvw)

De Rarvw bevat een nadere uitwerking van de in de Warvw gestelde voorschriften en uitgangspunten, onder meer van de eerder genoemde risicoanalyse. Ook de wijze waarop de onderlinge afstemming plaatsvindt tussen de tunnelbeheerder en veiligheidsbeambte enerzijds en het bevoegd gezag en de hulpdiensten anderzijds, is hierin omschreven. Bovendien wordt in de Rarvw, voor (nieuwe) wegtunnels een gestandaardiseerde tunneluitrusting voorgeschreven.⁵ Daarbij wordt een onderscheid gemaakt in tunnels tussen de 250 tot 500 meter en tunnels langer dan 500 meter.

De Nederlandse wetgeving is op een aantal punten 'strenger' dan de reeds genoemde Europese richtlijn 2004/54/EG. In tegenstelling tot de Europese richtlijn geldt de Nederlandse tunnelwetgeving voor alle wegtunnels langer dan 250 meter. Daarnaast is de Nederlandse tunnelwetgeving op volgende specifieke punten 'strenger' dan de Europese richtlijn:

- > een rijrichting per tunnelbuis (in plaats van twee rijrichtingen per tunnelbuis volgens de Europese richtlijn).
- > mechanische (langs)ventilatie is verplicht bij tunnels langer dan 500 meter (in plaats van 1000 meter volgens de Europese richtlijn).
- > een bedieningscentrale is verplicht bij tunnels langer dan 500 meter (in plaats van 3000 meter volgens de Europese richtlijn).
- > de afstand tussen vluchtdeuren dient minder te zijn dan 250 meter (in plaats van 500 meter volgens de Europese richtlijn).
- > de afstand tussen brandblusaansluitingen dient minder te zijn dan 100 meter (in plaats van 250 meter volgens de Europese richtlijn).

Landelijke tunnelstandaard (LTS) 1.2 SP2 B4

Voorafgaand aan de huidige tunnelwetgeving ontbrak het aan eenduidige voorschriften. Hiertoe heeft Rijkswaterstaat destijds, samen met overheden, organisaties uit de transportwereld, marktpartijen en hulpdiensten de *Landelijke Tunnelstandaard* ontwikkeld. Hoewel deze standaard geen publiekrechtelijke regelgeving betreft, wordt het document vanwege de positie van Rijkswaterstaat in de uitvoeringspraktijk vaak als maatgevend gezien voor de toe te passen voorzieningen in wegtunnels. De *Landelijke Tunnelstandaard* is een verdere uitwerking van de gestandaardiseerde uitrusting volgens de Rarvw. Daar waar de *Landelijke Tunnelstandaard* aanvullende of specifiekere eisen stelt dan de Warvw en Rarvw, wordt dit in deze analyse benoemd.

Wet Veiligheidsregio's

De Wet Veiligheidsregio's bevat bepalingen over de brandweezorg, de rampenbestrijding, de crisisbeheersing en geneeskundige hulpverlening. De wet bepaalt ook de taken de veiligheidsregio's die onder meer bestaan uit:

- > het adviseren van het bevoegd gezag over de risico's van rampen en crises
- > het instellen en in stand houden van een brandweer, GHOR en meldkamer
- > het aanschaffen en beheren van gemeenschappelijk materieel.

⁵ Voor tunnels niet in beheer van het Rijk of bestaande tunnels die voor 1 juli 2013 in gebruik genomen zijn of waarvoor op 1 juli 2013 reeds een Tracébesluit als bedoeld in artikel 9 van de Tracéwet is genomen of waarvoor een bestemmingsplan of een wijziging van een bestemmingsplan is vastgesteld, geldt de gestandaardiseerde uitrusting niet. Dit neemt niet weg dat ook na renovatie van bestaande tunnels zo veel mogelijk aan deze standaarduitrusting wordt voldaan.

Ook de taken van de brandweer en GHOR zijn in deze wet vastgelegd. Deze bestaan onder meer uit:

- > het voorkomen, beperken en bestrijden van brand
- > het adviseren van overheden en andere organisaties op het gebied van brandpreventie, brandbestrijding en het voorkomen en bestrijden van ongevallen met gevaarlijke stoffen.

Om bovengenoemde taken te kunnen uitvoeren, is afstemming tussen onder meer de tunnelorganisatie en hulporganisaties noodzakelijk, moet het personeel geoefend zijn en het brandweermaterieel geschikt voor een inzet (Flohr, R. et al., 2022).⁶

Arboregelgeving

De Arboregelgeving ziet toe op de te treffen veiligheidsvoorzieningen voor personeel dat veilig moet kunnen werken in de tunnel. Ook personeel van de hulpdiensten valt onder de Arboregelgeving, zodat ook voor hen een zo veilig mogelijke werkomgeving kan worden gerealiseerd. De Arboregelgeving is complementair aan de voorschriften van de Bouw- en tunnelwetgeving. De werkgever moet in een object-RI&E een beschrijving geven van de risico's en risicobeperkende maatregelen.

1.1.3 Overzicht van belangrijkste voorschriften met het oog op brandbestrijding in een tunnel

In deze paragraaf worden de belangrijkste voorschriften uiteengezet. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste artikelen die direct betrekking hebben op de brandbestrijding in een tunnel. Daarnaast wordt in Bijlage 1 een gedetailleerder overzicht gegeven van de artikelen die betrekking hebben op de hulpverlening in een wegtunnel. Dat overzicht bevat ook voorschriften die raakvlakken hebben met tunnelveiligheid en hulpverlening, maar die niet direct betrekking hebben op de brandbestrijding in wegtunnels.

Tabel 1.1 Wet- en regelgeving direct betrokken op brandbestrijding in tunnels

Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)	
Art. 4.86	Hulppost: Een wegtunnel met een tunnallengte van meer dan 250 meter is voorzien van een zodanig aantal hulpposten dat de loopafstand tussen een punt op de rijbaan vloer en ten minste een hulppost niet meer dan 75 ⁷ m. De afstand tussen twee opeenvolgende hulpposten bedraagt niet meer dan 100 m.
Art. 4.221, lid 2 en 4	Droge blusleiding: Een wegtunnelbuis heeft een op een bluswatervoorziening aangesloten droge ⁸ blusleiding volgens NEN 1594, met in elke hulppost een brandslangaansluiting die bij brand een capaciteit van ≥ 120 m ³ /h kan leveren. ⁹
Art. 4.222	Bluswatervoorziening: Een wegtunnel heeft een bluswatervoorziening die bij brand gedurende ten minste 60 minuten een capaciteit van ≥ 120 m ³ /h kan leveren.

⁶ Ter bevordering van de uniforme samenwerking tussen RWS en de hulpdiensten is er een handreiking voor multidisciplinaire afstemming bij incidentbestrijding in wegtunnels opgesteld

⁷ Dit wijkt af van Rarvw bijlage 4 art. 3.1 t/m 3.6, waarin 60 meter wordt aangehouden. De voorschriften uit de Rarvw zijn maatgevend.

⁸ Er is geen strijdigheid met het Bbl als een droge blusleiding wordt uitgevoerd als een natte blusleiding.

⁹ Uit art. 4.221, tweede lid, volgt dat deze capaciteit gedurende ten minste één uur bij gebruik van ten minste één brandslangaansluiting moet zijn gewaarborgd. Het is dus niet zo dat bij gelijktijdig gebruik van twee aansluitingen bij elke aansluiting een bluscapaciteit van 240 m³ beschikbaar moet zijn.

Art. 4.223, lid 2 **Blustoestellen:** Elke hulppost als bedoeld in art. 4.86 heeft een draagbaar brandblusapparaat.

Art. 4.234 **Afvoer van brandbare en giftige vloeistoffen:** Een wegtunnelbuis met een tunnellenlengte van meer dan 250 meter is heeft in een rijbaanvloer ten minste iedere 20 m een voorziening voor de afvoer van brandbare en giftige vloeistoffen.

Regeling aanvullende regels veiligheid wegtunnels 2013 (RARVW)

Art. 13(a) lid 1 – 3 **Gestandaardiseerde uitrusting:** De uitrusting voor een tunnel bestaat (afhankelijk van de tunnellenlengte) uit een pakket van standaardvoorzieningen. Daarnaast bevat de veilige vluchtroute, uitgevoerd als middentunnelkanaal of dwarsverbinding, een gestandaardiseerde uitrusting. De gestandaardiseerde uitrusting is verder uitgewerkt in bijlage 2 van dit rapport.

Bijlage 4, Paragraaf 3 Art. 3.1 – 3.6 **Hulpposten:** Afhankelijk van het aantal rijstroken bevinden zich aan een of aan beide zijde van de verkeersbuis hulpposten type 1 en (mogelijk) hulpposten type 2. De onderlinge afstand tussen twee hulpposten aan een zijde is niet meer dan 60 meter.¹⁰ De voorzieningen in de hulpposten zijn afhankelijk van het type hulppost en de tunnellenlengte. De hulpposten zijn verder uitgewerkt in paragraaf 2.2.3 en paragraaf 4.3 van dit rapport.

Bijlage 4, Paragraaf 3 Art. 3.7 **Blusschuim:** Het technisch deel van een hulppost van het type 1 bevat een voorziening die bij blussen met de slanghaspel een passend schuimvormend middel toevoegt aan het bluswater, zodat plasbranden geblust kunnen worden.

Bijlage 4, Paragraaf 3 Art. 3.13 **Slanghaspel:** Een hulppost type 1 bevat bij een wegtunnel langer dan 500 meter een slanghaspel. De lengte van de brandslang is 5 meter langer dan de afstand tot een volgende brandslanghaspel in een hulppost in dezelfde verkeersbuis. De worpafstand van de slanghaspel is bij spuiten met een gebonden straal, bij een tegenwind van 3 Beaufort, minimaal 14 meter.

Bijlage 4, Paragraaf 3 Art. 3.14 **Blustoestel:** Een hulppost type 2 bevat een sproeischuimblusser met een bluscapaciteit van ten minste 21A/183B.¹¹

Bijlage 4, Paragraaf 29 Art.29.1-29.3 **Bluswatervoorziening:** De bluswatervoorziening bestaat uit:

- > een reservoir met bluswater
- > een drukverhogingsinstallatie die door middel van pompen het water op de beoogde¹² druk brengt om met voldoende debiet te kunnen blussen
- > een stelsel van aanvoerleidingen en distributieleidingen.

In geval van brand levert de bluswatervoorziening gedurende ten minste 60 minuten een capaciteit van minimaal 120 m³/h bij een druk van 8 bar. De bluswatervoorziening is verder uitgewerkt in paragraaf 2.2.3 en paragraaf 4.2 van dit rapport.

Bijlage 4, Paragraaf 35 Art.35.1 **Vloeistofafvoer en vloeistofpompinstallatie:** Ter voorkoming van verspreiding van brandbare en giftige vloeistoffen is vloeistofafvoer aanwezig. Deze bestaat onder meer uit:

- > het wegdek van de rijbanen in de verkeersbuizen
- > goten, inlaatputten, rioleringsstelsel en afvoerbuizen
- > een of meerdere vloeistofkelders, voorzien van pompen
- > overdrukvoorziening grensruimte om explosies van ontvlambare dampen uit de vloeistofkelders te voorkomen.

¹⁰ Dit is 'strenger' dan de voorschriften in Besluit bouwwerken leefomgeving art. 4.86 waarin 75 meter wordt aangehouden.

¹¹ Een blusrating van 21A 183B betekent dat de brandblusser voor vaste stoffen branden en vloeistof branden geschikt is.

¹² Er wordt op basis van publieksrechtelijke voorschriften geen eenduidige randvoorwaarden aan de beoogde druk gesteld. De Veiligheidsregio Rotterdam Rijnmond schetst in bijlage 4 van dit rapport de randvoorwaarden om effectief op te kunnen treden. Dit is echter afhankelijk van het gehanteerde materieel en kan derhalve per veiligheidsregio verschillen.

Landelijke tunnelstandaard (LTS) 1.2 SP2 B4

Paragraaf 5.2 Voor een hulppostkast type A¹³ dient de volledige capaciteit van het blussysteem vanuit twee Storz-aansluitingen beschikbaar te zijn.

- BSTTI#14861**
- > Aansluiting 1: 1550 liter/min ten behoeve van 1 waterkanon
 - > Aansluiting 2: 450 liter/min ten behoeve van 2 handstraalpijpen.

Paragraaf 8.7 Binnen 30 seconden na aanvang van de blussing of uit de kast nemen van de haspel moeten de (bij brand) vereiste druk en debieten volledig beschikbaar zijn.

BSTTI#16277

Paragraaf 8.7 Het leidingwerk van de blusvoorziening in de verkeersbuis dient bestand te zijn tegen 2 uur brand in de verkeersbuis volgens de Rijkswaterstaat -brandcurve.

BSTTI#15695

Paragraaf 8.7 BSTTI #19445 Leidingwerk dient bestand te zijn tegen de maximaal optredende waterslagdruk in het systeem. Hiertoe dienen aan de opdrachtgever berekeningen overlegd te worden voor de volgende scenario's:

- > het opstarten van pompen, van bewaken naar blussen
- > het starten van de waterstroom door het openen van de dekwaskraan met aangesloten appendages
- > het binnen 1 seconde stoppen van de maximale waterstroom bij gebruikmaken van het waterkanon.

1.1.4 Conclusie

In bouw- en tunnelwetgeving zijn diverse voorschriften met het oog op brandbestrijding in wegtunnels opgenomen. Daarnaast hebben de wet Veiligheidsregio's en Arbowetgeving een directe relatie met de brandbestrijding in wegtunnels. Voor (nieuwe) wegtunnels wordt in principe een gestandaardiseerde tunneluitrusting voorgeschreven. Bovendien moet aan de hand van een QRA¹⁴ worden aangetoond dat een wegtunnel voldoende veilig is¹⁵. Tot slot zijn er voorwaarden gesteld aan het besluitvormingsproces, die moeten worden gevolgd om tot een veilige tunnel te komen. Daarbij is ook de verantwoordelijkheid van onder meer het bevoegd gezag, de tunnelbeheerder en veiligheidsbeambte weergegeven.

1.2 Huidige tunnelbrandscenario's en -brandbestrijding

Deze paragraaf beschrijft de huidige procedure in geval van een brand in een wegtunnel. Hierbij worden de processen vanaf de detectie van brand evenals de alarmopvolging door de wegverkeercentrale behandeld. Ook de alarmering van de brandweer, evenals het aanrijden en de brandbestrijding in wegtunnels worden nader belicht.

¹³ In de Landelijke tunnelstandaard geldt een afwijkende benaming voor hulpposten. Een hulppost type 1 wordt 'hulppostkast type A' genoemd en hulppost type 2 wordt 'hulppostkast type C' genoemd.

¹⁴ QRA: Quantitative risk assessment ofwel een kwantitatieve risicoanalyse

¹⁵ Warvw art. 6: Een tunnel is voldoende veilig wanneer de kans op het aantal dodelijke slachtoffers niet groter dan $0,1/N^2$ per kilometer tunnelbuis per jaar. Waarbij «N» het aantal dodelijke slachtoffers onder de weggebruikers per incident; dat aantal 10 bedraagt of meer.

1.2.1 Brandvermogens

Er bestaan diverse tabellen met brandvermogens voor verschillende voertuigbranden in tunnels. Op basis van die bronnen staan hieronder enkele bandbreedtes gepresenteerd van brandvermogens en de tijdsduur om het piekvermogen te bereiken. Deze getallen zijn enkel bedoeld als handvat voor de bevelvoerder.

Tabel 1.2 Samenvatting van kengetallen uit de literatuur (NFPA 502, Utwente (2013), (Rosmuller (2017), op basis van PIARC (2006) en Efectis (2015))

Voertuig	Brandvermogen (MW)	Tijdsduur tot piek vermogen (minuten)
1. Personenauto	5-10	10
2. Meerdere personenauto's	10-20	20
3. Bestelbusje	15-30 ¹⁶	10
4. Bus	45-60	15
5. Vrachtwagen inclusief lading	50-150	15
6. Tankwagen met brandbare vloeistof	200+	??

1.2.2 Brandweerinzet

Tunnelbrandbestrijding in Nederland is in de eerste minuten na een (brand)melding behoorlijk gestandaardiseerd en op uniforme wijze opgeschreven (IFV, 2016a). Derhalve kunnen we spreken van een reguliere werkwijze bij (weg)tunnelbrandbestrijding die geldt voor de hiervoor beschreven standaard tunnelsituatie.¹⁷ Daarnaast is het altijd de afweging van de bevelvoerder ter plekke welke incidentbestrijdingsstrategie gevolgd wordt.

De werkwijze van het informeren van de hulpdiensten en het aanrijden is wettelijk vastgelegd in bijlage 3 van de Rarvw. Daarin wordt onderscheid gemaakt in zogenaamde 'incidenten' en 'calamiteiten'. Zo betreft een (kleine) aanrijding een incident als bedoeld in art. 6 lid 3 van de Rarvw en betreft een voertuigbrand een calamiteit als bedoeld in art. 6 lid 4 van de Rarvw. De processtappen in geval van brand zijn in principe als volgt:

- > De verkeersleider / tunneloperator in de verkeerscentrale wordt door stilstanddetectie en/of brandmelding op een incident of calamiteit geattendeerd. De situatie ter plaatse kan met behulp van CCTV-camerabeelden worden beoordeeld.
- > De verkeersleider / tunneloperator activeert zo nodig het 'calamiteitenbedrijf'. De verlichtingsinstallatie, de tunnel(langs)ventilatie in de verkeersbuis (>500 m) en overdrukventilatie in het middentunnelkanaal worden geactiveerd. De rijstroken worden door verkeerslichten en slagbomen afgesloten en de blusvoorzieningen worden op druk gebracht. Wanneer ontruiming van de incidentbuis noodzakelijk blijkt, zal tevens het 'evacuatiebedrijf' worden geactiveerd. Evacuatie-instructies via geluidsbakens en radio worden omgeroepen. Daarnaast zal contourverlichting rond de vluchtdeuren worden geactiveerd.

¹⁶ Op basis van [Cheong, Spearpoint en Fleischmann](#) (2008).

¹⁷ Verbijzonderingen zijn wanneer de 1) de deuren verder uit elkaar zijn gesitueerd (bijvoorbeeld 250 m) en 2) wanneer er sprake is van een file benedenwinds.

- > Er vindt alarmering naar de gemeenschappelijke meldkamer van de hulpdiensten plaats. De informatieoverdracht die plaatsvindt, is wettelijk voorgeschreven in bijlage 3 van de Rarvw. Informatie over onder meer de exacte locatie en aard van het voorval, de gewenste inzet en beste aanrijroute zal worden meegegeven, waarna er een tankautospuiter (TS) uitrukt naar de tunnelbrand.

Tabel 1.3 Bijlage 3 van de Rarvw

Artikel	Artikeltekst
Art. 9	<p>Informatieoverdracht: Uitwisseling van informatie tussen de tunneloperator, de wegenspecteur, de officier van dienst van de tunnelbeheerder en de gemeenschappelijke meldkamer van de hulpverleningsdiensten geschiedt met een gemeenschappelijk uitvraagprotocol met als onderdelen:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. exacte locatie b. aard van het voorval c. getroffen initiële maatregelen d. aantal dodelijke en gewonde slachtoffers e. aantal in het incidentvoertuig achtergebleven en immobele slachtoffers f. aantal betrokken voertuigen g. eventueel in de tunnel aanwezig vervoer van gevaarlijk stoffen h. eventuele lekkage van vloeistoffen i. gewenste inzet van hulpverleningsdiensten j. beste aanrijroute.
Art. 10	<p>Aanrijprocedure incident: De wegenspecteur, de officier van dienst van de tunnelbeheerder en de hulpverleningsdiensten benaderen incidenten¹⁸ in principe via de incidentbuis met de rijrichting mee. Bij gevaar voor mensen is de incidentbuis gesloten.</p>
Art 11, lid 1	<p>Aanrijprocedure calamiteit: hulpverleningsdiensten benaderen calamiteiten¹⁹ in principe via de gesloten ondersteunende buis met de rijrichting mee. Bij gevaarlijke stoffen kunnen de hulpverleningsdiensten er voor kiezen hier van af te wijken.</p>

Ook de aanrijprocedure is wettelijk voorgeschreven in bijlage 3 van de Rarvw. Het verschil is dat bij een incident in principe wordt aangereden via de incidentbuis, en bij een calamiteit via de ondersteunende tunnelbuis. Er wordt met de term 'in principe' voor de bevelvoerder de mogelijkheid geboden om af te wijken als dat in de specifieke situatie volgens hem/haar nodig is. De aanrijprocedure bij calamiteiten voor de brandweer is in principe als volgt:

- > Vanaf de dichtstbijzijnde kazerne rijdt minimaal een TS met Prio 1²⁰ naar de ingang van de ondersteunende tunnelbuis. Dit gebeurt met de rijrichting mee.
- > Aangekomen bij de tunnelbuis kan de TS via het buiten de tunnel gelegen hulpdienstpaneel contact leggen met de verkeerscentrale en camerabeelden bekijken, zodat een beeld van de aard en omvang van het incident kan worden gevormd.
- > De TS rijdt, op indicatie van de verkeerscentrale, de ondersteunende tunnelbuis in tot aan de eerste deur voorbij het incident.

¹⁸ Incident: stilstaande voertuigen, (kleine) aanrijding en verloren lading volgens art. 6. lid 3 van de Rarvw

¹⁹ Calamiteit: ernstige aanrijding, (vermoeden van) brand, (vermoeden van) vrijkomen gevaarlijke stoffen en bommelding volgens art. 6. lid 4 van de Rarvw

²⁰ Prio 1: het voertuig betreft een voorrangvoertuig met gebruik van optische en geluidsignalen.

- > Via de vluchtdeuren en de doorsteekmogelijkheid wordt de incidentbuis bereikt en het incident 'bovenwinds' benaderd. Er wordt een eerste verkenning uitgevoerd waarbij de volgende vragen worden beantwoord:
 - wat brandt er?
 - is er sprake van branduitbreidingsmogelijkheden?
 - kloppen de eigen aannames?
- > Via de doorsteek wordt overgestoken naar de incidentbuis, alwaar de LD-slangen of O-bundels worden aangesloten op de in de hulppost aanwezige Storz-koppelingen.
- > De uiteindelijke blussing vindt plaats met inachtneming van de *Basisprincipes van brandbestrijding* (IFV 2020b).

HD-slangen vanaf de TS

Bij een inzet volgens de reguliere werkwijze worden vanaf de TS géén slangen door de doorsteekmogelijkheid gelegd. Toch zijn er redenen om van deze reguliere werkwijze af te wijken en gebruik te maken van de 'eigen' hoge druk (HD) brandslang vanuit de TS.

Het gebruik van de HD-brandslang zal, gezien het beperkte koelend vermogen, alleen bij een verkenningsfase en een snelle blussing van een kleine brand gebruikt kunnen worden. Bij de bestrijding van een grotere brand zal eerder gebruik worden gemaakt van lage druk (LD) brandslangen of O-bundels die worden aangesloten op de hulpposten in de incidentbuis. Het doorvoeren van brandslangen bij brandbestrijding van grotere branden komt in praktijk weinig voor.

1.2.3 Het inzetbesluit van de brandweer

De bevelvoerder wordt bij een brand in een tunnel geconfronteerd met een (uitzonderlijke) calamiteit. Hij of zij zal hiermee weinig ervaring hebben en de (tunnel)omgeving waarschijnlijk minder goed (her)kennen. Ook zijn er bepaalde risico's voor het eigen personeel. Ondanks het feit dat de brandweer beschikt over diverse hulpmiddelen ([IFV. 2020a](#))²¹, heeft de bevelvoerder op basis van zijn of haar eigen professionaliteit te besluiten over de inzet. De genoemde hulpmiddelen kunnen worden gebruikt om onzekerheden te reduceren en/of er een goede inschatting van te kunnen maken. De basis voor de inzetbeslissing bij een tunnelbrand wordt verkregen door het aantal variabelen bij zo'n brand te reduceren en door aan te sluiten bij het kwadrantenmodel voor gebouwbrandbestrijding uit de *Doctrine brandbestrijding* (Brandweer Nederland 2022) en de *Basisprincipes van brandbestrijding* (IFV. 2020b).

Die brandbestrijding kan zijn gericht op de brand in de tunnel (binnen) of op de directe omgeving van de tunnel(mond) (buiten). Daarnaast kan de brandbestrijding gericht zijn op het brandende object (offensief) of op de omgeving van het brandende object (defensief). Door offensief / defensief en binnen / buiten te combineren ontstaan er vier mogelijke inzet tactieken voor de brandweer waaruit de bevelvoerder kan kiezen.

Er zijn twee cruciale factoren die de inzetbeslissing richting geven, te weten de omvang van de brand (klein / groot) en of de tunnelventilatie werkt (wel / niet). De term 'klein' wil niet zeggen dat het een kleine brand is, maar is bedoeld als indicatie van branden met een of meerdere wat kleinere voertuigen qua gewicht, omvang en brandvermogen (personenauto en bestelbusje: zie tabel 1.2) en ter onderscheid van branden met grote voertuigen zoals bussen en vrachtwagens. Gecombineerd met elkaar geven de omvang van de brand en de werking van de tunnelventilatie vier kwadranten (IFV, 2020a). In elk van de kwadranten is het preferente handelingsperspectief benoemd.

²¹ Voor multidisciplinaire afstemming: zie <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2022/12/20221201-NIPV-Handreiking-voor-multidisciplinaire-afstemming-bij-incidentbestrijding-in-wegtunnels.pdf>.

Tabel 1.3 Kwadrantenmodel voor tunnelbrandbestrijding (IFV, 2020a)

		Tunnelventilatie	
		Werkt wel	Werkt niet
Brand	'Klein' (<50MW)	Offensief binnen: inzet in de incidentbuis, vanuit de ondersteunende buis en gericht op redden van slachtoffers / blussen van de brand ¹⁾	Defensief binnen: inzet vanuit de ondersteunende buis, gericht op creëren van veilig vluchten / naderen ²⁾
	'Groot' (>50MW)	Offensief buiten: inzet van buitenaf vanuit de tunnelmond van de incidentbuis, en gericht op redden van slachtoffers / blussen van de brand	Defensief buiten: inzet van buiten de tunnel, voorkomen van uitbreiding naar omgeving

- 1) In dat geval worden de LD-slangen of O-bundels vanuit de ondersteunende buis meegenomen naar de incidentbuis en daar aan een speciale koppeling in de hulppostenkast bevestigd.
- 2) In dat geval kan de bevelvoerder overwegen om de slangen wél vanuit de TS via de doorsteek naar de incidentbuis te leggen en niet (enkel) aan te sluiten op de hulppost. Bij een brand van een dergelijk grote omvang kunnen de hulpposten onvoldoende water hebben om de brand te bestrijden²². De TS met 1,5m³ water aan boord kan zelf als eerste watervoorziening worden gebruikt. Al snel zal die hoeveelheid water uitgeput zijn, en dus zal afgelegd moeten worden op een andere (continue) watervoorziening. Hiertoe wordt vermoedelijk GWT ingezet²³. Het voeden van de TS vanuit de hulppost is nadrukkelijk niet mogelijk, omdat de drukken op de brandslangaanluiting (veel) te hoog zijn. Wanneer de slangen door een doorsteek of het middentunnelkanaal worden gelegd, blijven er de deuren naar het middentunnelkanaal openstaan en is er een risico op rookverspreiding. In dat geval prevaleert echter de constructieve veiligheid ofwel het in stand houden van de tunnelconstructie boven het rookvrij houden van het middentunnelkanaal. Dat is naar onze mening in dergelijke gevallen ook verantwoord, omdat zich (als het goed is) toch al niemand meer in het middentunnelkanaal bevindt op het moment dat de brand is geëscaleerd tot > 50 MW en de brandweer dan ter plekke is.

Het is altijd de bevelvoerder, in afstemming met de Officier van Dienst, die de inzet tactiek bepaalt op basis van zijn eigen professionaliteit, ervaring en bekendheid met de locatie, en op basis van het materieel, het incident et cetera.

De onderstaande twee tabellen 1.4 (scenario's tot 50MW) en 1.5 (scenario's van meer dan 50MW) geven vuistregels voor de brandbestrijding. De tabellen laten de operationele aspecten zien waarover de bevelvoerder een besluit moet nemen en de bijbehorende voorkeursuggesties²⁴ (IFV. 2020a). Uit deze tabellen valt op te maken dat bij een kleine brand en werkende installaties een offensieve brandweerinzet gericht op de brandhaard veelal mogelijk is. Bij grotere branden zal eerder voor een alternatieve inzetstrategie gekozen worden. De brand is dan in beginsel ongecontroleerd. Pas bij voldoende slagkracht en beschikbaar bluswater kan een inzet binnen de incidentbuis gericht op de brandhaard zelf worden opgepakt.

Een bijzonderheid betreft een brandende tankwagen met een brandbare vloeistof of gas. Dit betreft een zeldzame, maar tegelijkertijd zeer riskante situatie met een grote impact op de veiligheid van het eigen personeel en de stabiliteit van de tunnel. Het advies in het rapport *Handvatten voor de bevelvoerder bij brandbestrijding in wegtunnels direct na melding* (IFV.

²² Dit zijn situaties waarbij de beschikbare capaciteit van 120m³/h vanuit de hulppost niet voldoende blijkt.

²³ GWT: Grootschalig watertransport.

²⁴ De voorkeursuggesties zijn afhankelijk van de situatie ter plaatse en het feitelijke brandscenario. Andere keuzes, zoals het gebruik van een straatwaterkanon, behoren onverminderd tot de mogelijkheden. Bij de inzet moet rekening worden gehouden met de, in de tunnel aanwezige, voorzieningen.

2020a) is om, indien veilig, zo(veel) mogelijk een straatwaterkanon of blusrobot in te zetten om te koelen en om zo snel mogelijk weer te vertrekken uit de incidentbuis. Dit dient te gebeuren in de wetenschap dat ondertussen voldoende capaciteit opgebouwd kan worden om later een inzet te kunnen ondernemen in de incidentbuis.

Tabel 1.4 Brandscenario 1/2/3 <50MW (Personenvoertuig / Meerdere personen-voertuigen / Bestelbusje, zie tabel 1.2) en operationele voorkeuren

Operationeel aspect	Voorkeur
Tactiek	Verkennen, offensief
Gebruik blusmiddelen	2 Lage Druk (LD) / O-bundels met verdeelstuk vanuit hulppost
Waterbron	Primaire bluswatervoorziening: Vanuit de hulppost al dan niet met suppletie. Bij meerdere voertuigen / brandvermogens richting de 40-50MW: Secundaire bluswatervoorziening: TS vanuit de ondersteunende buis, met behulp van grootschalig watertransport GWT), op een extra bluswatervoorziening elders
Gebruik ademlucht	Iedereen altijd
Warmtebeeldcamera	Altijd
Slagkracht	1 TS, 6 personen. Uitzondering vormt een elektrisch voertuig; dan is voornamelijk extra koelcapaciteit nodig in de vorm van 1 extra TS, 1 LD omgeving (tunnel en andere voertuigen)

Tabel 1.5 Brandscenario 4/5/6 >50MW (Bus / Vrachtauto / Tankwagen, zie tabel 1.2) en operationele voorkeuren

Operationeel aspect	Voorkeur
Tactiek	Defensief, verkennen (is de brand bereikbaar en is er voldoende water?), slagkracht opbouwen Offensief, indien slagkracht is opgebouwd. Wat nodig is, zie hieronder
Gebruik blusmiddelen	Minimaal 5 lage druk (LD)/O-bundels ofwel straatwaterkanon / blusrobot
Waterbron	Primaire bluswatervoorziening: Vanuit de hulppost al dan niet met suppletie. Secundaire bluswatervoorziening: TS met behulp van grootschalig watertransport GWT), op een extra bluswatervoorziening elders
Gebruik ademlucht	Altijd
Warmtebeeldcamera	Altijd
Slagkracht	1 peloton

2 Actuele punten inzake tunnelbrandbestrijding

In het vorige hoofdstuk is ingegaan op de reguliere bestrijding van branden in wegtunnels. In de praktijk blijkt door de brandweer echter regelmatig te worden afgeweken van de reguliere afspraken die zijn gemaakt over de wijze van brandbestrijding in wegtunnels, zoals opgenomen in wet- en regelgeving en andere richtlijnen (zie paragraaf 1.2.3). Dit blijkt ook nu al tot verwarring en onduidelijkheid te leiden bij verschillende partijen. Vandaar dat in paragraaf 2.1 de redenen waarom lokaal wordt afgeweken van de reguliere bestrijding worden besproken. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk achtereenvolgens ingegaan op het open houden van de vluchtdeuren bij een brandweerinzet (paragraaf 2.2), de druk op en het debiet van de brandslangaansluiting en slanghaspels in wegtunnels (paragraaf 2.3), de visie en uitgangspunten van Brandweer Nederland met betrekking tot tunnelveiligheid (paragraaf 2.4) en het verbod op PFAS-houdend schuim in blusmiddelen (paragraaf 2.5). Het hoofdstuk sluit af met de conclusie.

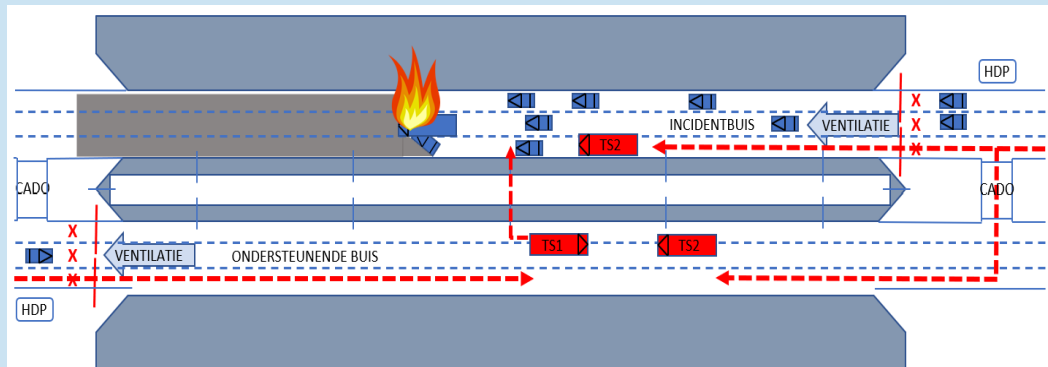
2.1 Reguliere werkwijze bij brandbestrijding in wegtunnels en lokale afwijkingen

Hoewel iedere Nederlandse wegtunnel zijn eigen ontwerpkenmerken kent, zijn de aanwezige voorzieningen voor een behoorlijk deel gestandaardiseerd. Bovendien kan gesproken worden over een 'reguliere' werkwijze bij brandbestrijding in wegtunnels (zie ook paragraaf 1.2). In praktijk blijken er echter diverse redenen te zijn om af te wijken van deze reguliere werkwijze; deze afwijkingen kunnen per regio of per persoon verschillen. De redenen om af te wijken van de reguliere werkwijze worden hier puntsgewijs toegelicht:

- > **Afwegingen door bevelvoerder:** De wijze van inzet is altijd ter overweging van de bevelvoerder en afhankelijk van de feitelijke situatie ter plaatse. Er wordt afgeweken wanneer de situatie daarom vraagt. Een bevelvoerder kan er bijvoorbeeld bij een kleine voertuigbrand, voor kiezen om een snelle verkenning en een snelle bluspoging in de incidentbuis uit te voeren met een HD-straal vanaf de TS in de ondersteunende buis.
- > **Afwijkingen door landelijke innovaties en ontwikkelingen:** Nieuwe inzichten kunnen leiden tot ontwikkelingen in de brandweerinzet en brandweermaterieel is aan verandering en innovatie onderhevig. Gedacht kan worden aan de ontwikkeling van specialistische brandweerteams en het gebruik van drone- en robotverkenningsteams. Ook de introductie van O-bundels in plaats van de conventionele LD-slangen valt onder deze ontwikkeling.
- > **Afwijkingen door lokale verschillen en beleidskeuzes:** Lokale afwegingen en beleidskeuzes kunnen de aanleiding vormen om structureel af te wijken van de reguliere werkwijze. Veiligheidsregio's kunnen er bijvoorbeeld voor kiezen om direct twee TS'en te alarmeren en tweezijdig aan te rijden.

Tweezijdig aanrijden

Het inzetvoorstel in verschillende Veiligheidsregio's²⁵ is om in geval van een tunnelbrand direct twee TS'en te alarmeren en 'tweezijdig' aan te rijden. Bij tweezijdig aanrijden benadert de eerste TS de brand op reguliere wijze via de ondersteunende tunnelbuis. Een tweede TS zal dan vanaf de andere zijde met het verkeer mee naar de incidentbuis rijden. Ter plaatse kan de bevelvoerder ervoor kiezen om ofwel de incidentbuis in te rijden om de brand bovenwinds te benaderen, ofwel via de CADO²⁶ (buiten de tunnel) over te steken en hiervandaan, tegen de rijrichting in, de ondersteunende buis in te rijden. De mogelijkheden zijn afhankelijk van de situatie ter plaatse. Denk hierbij aan de effectiviteit van de aanwezige tunnelventilatie of de afstand tussen beide tunnelbuizen.



Figuur 1.1 Aanrijden TS1 en TS2

2.2 Open houden van de vluchtdeuren bij een brandweerinzet?

Bij brand is het van belang dat weggebruikers zich realiseren dat zij zich in een gevaarlijke situatie bevinden en zich zo snel mogelijk in veiligheid brengen. Hoewel de *Evaluatie vluchtconcepten rijkstunnels* (Houthuizen, et al. (2020) heeft aangetoond dat de vier vluchtconcepten in de landelijke tunnelstandaard in praktijk goed functioneren bleek er aanleiding om een tweetal vervolgonderzoeken uit te voeren. Een daarvan is het *Onderzoek brandbestrijding wegtunnels – Openhouden vluchtdeuren* (Laarschot, M. et al., 2022) dat is uitgevoerd door Delta Pi. Uit dit onderzoek blijkt dat de brandweer niet altijd gebruikmaakt van de in de hulppost aanwezige blusvoorzieningen maar “eigen brandweerslangen (in het bijzonder dunne hogedrukslangen) door de vluchtdeuren en het middentunnelkanaal legt om een incident te bestrijden, waardoor zo'n vluchtdeur gedeeltelijk (slangdikte) open blijft. Dat verhoogt onbedoeld de kans dat tijdens een calamiteit in een wegtunnel de overdruk in het middentunnelkanaal zoveel vermindert dat rook en schadelijke gassen in de vluchtroute terecht kunnen komen” (p. 22, Laarschot, M. et al., 2022).

Uit het betreffende onderzoek volgt ook dat (veel) brandweermensen uitgaan van een inzet met eigen middelen om gevoelsmatig met zekerheid een snelle eerste repressieve inzet te kunnen uitvoeren. De redenen hiervoor – die overigens deels nuanceerbaar zijn – zijn de volgende:

²⁵ Evaluatie bij verschillende veiligheidsregio's waaronder Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond, Veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid en Veiligheidsregio Haaglanden.

²⁶ CADO: calamiteitendoorsteek

1. De eigen brandslang borgt 'de blinde weg terug'. Tevens borgt de eigen slang bescherming tegen een escalerende brand als de waterwinning in de wegtunnel nog niet is opgebouwd

Bij deze constatering kunnen de volgende zaken worden meegenomen:

- > Bij een veilige vluchtroute door een middentunnelkanaal is de overdruk zodanig, dat in de incidentbuis 30 % van het totale aantal vluchtdeuren, met een minimum aantal van drie, gelijktijdig kan (geheel) worden geopend, zonder dat er luchtstroming met rook vanuit de incidentbuis naar de veilige vluchtroute plaatsvindt.²⁸ Het deels openblijven van enkele vluchtdeuren zal de werking van de installatie dan ook niet direct negatief te beïnvloeden. Goede kennis bij bevelvoerders over de werking van de tunnelinstallaties zal bijdragen aan een veilige en effectieve brandweerinzet.
- > Er kan bij de brandbestrijding in wegtunnels onderscheid worden gemaakt in twee fasen:
Verkenningfase: Onder dekking van een (HD-)slang wordt vanuit de TS soms een verkenning en zo nodig of mogelijk een eerste repressieve aanval gedaan. Het koelend vermogen van een HD-slang is echter beperkt. Alleen een kleine brand kan direct geblust worden.

Brandbestrijdingsfase: De daadwerkelijke brandbestrijding van grotere branden vindt normaliter plaats met LD-slangen en O-bundels (of eventueel een straatwaterkanon) vanaf de brandslang-aansluitingen in de hulpposten. Het doorvoeren van LD slangen of O-bundels door vluchtdeuren komt in praktijk zelden voor.

2. Brandweermensen hebben, ook omdat zij hier veelvuldig mee oefenen, veel vertrouwen in de werking van het eigen materieel. Bovendien zijn er soms ervaringen met (falend) materieel van derden. Het gaat daarbij waarschijnlijk vooral om falende slanghaspels of kleine blusmiddelen in de hulppost.²⁷

Het daadwerkelijke veiligheidsrisico van het gedeeltelijk openhouden van de vluchtdeur door de HD-brandslang (binnendringen van rook in het middentunnelkanaal waardoor een veilige ontvluchting wordt bemoeilijkt), wordt door Delta Pi omschreven als "uiterst gering" (p. 22, Laarschot, M. et al., 2022) omschreven. Het gebruik van eigen brandweermiddelen kan geëlimineerd worden door een strikte 'inzetdoctrine' specifiek bij de brandbestrijding LTS-conforme wegtunnels te hanteren. Dit is, mede gezien de beslissingsbevoegdheid voor de bevelvoerder voor wat betreft te volgen inzetstrategie, niet uitvoerbaar. Toch zijn er maatregelen te benoemen die de kans op het gebruik van de in de tunnel aanwezige blusvoorzieningen doen vergroten:

- > "Vergroten vertrouwen van brandweerkorpsen in materieel in tunnel"
- > "Intensivering kennisdeling over optreden in wegtunnels"
- > "Faciliteren van het oefenen voor de brandweer".

"Deze oplossingsrichtingen zijn vooral relevant in de grotere veiligheidsregio's waarbinnen meerdere wegtunnels liggen en waar brandweerteams rouleren over de verschillende brandweerposten" (p. 22, Laarschot, M. et al., 2022). Ook voor andere veiligheidsregio's zullen deze oplossingsrichting uiteraard van meerwaarde zijn, maar mogelijk zullen andere onderwerpen daar een hogere prioriteit genieten.

²⁷ Deze ervaringen verschillen echter per veiligheidsregio.

²⁸ Rarvw bijlage 4 art 24.1.

2.3 Druk op en debiet van de brandslangaansluiting en slanghaspels in de hulppost

Bij periodiek onderhoud aan de blusinstallaties van de Heinenoordtunnel zijn door de onderhoudspartij structureel (te) hoge drukken tot 17,8 bar geconstateerd. Naar aanleiding daarvan is het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid gevraagd om uitsluitel te geven over de vereiste en de gewenste druk. Uit de door het NIPV uitgevoerde *Evaluatie geschil RWS en bevoegd gezag inzake veiligheid Heinenoordtunnel* (Barreveld, A., et al., 2023) volgen de volgende voor dit onderzoek relevante conclusies:

- > Er kunnen op basis van de wettelijke bouw- en tunnelvoorschriften geen eisen aan de maximale druk op de brandslangaansluiting en slanghaspels worden gesteld.
- > Een hoge druk, tot 17,8 bar, zal normaliter niet leiden tot het barsten van de slanghaspel en/of brandslang. Daarbij wordt opgemerkt dat veroudering en slijtage van de slang, in combinatie met een hoge druk, de kans op het barsten van de slang mogelijk vergroten.
- > Een hoge druk, tot 17,8 bar, kan van invloed zijn op de hanteerbaarheid van de slanghaspel. In NEN-EN 69429 is een maximale werkdruk van 12,0 bar voor de brandslang voorgeschreven. De maximale werkdruk wordt overschreden waardoor deze, in lengte en omvang, kan uitzetten. Daarbij bestaat de mogelijkheid dat de slang bij het van de trommel afrollen klem komt te zitten. Dit kan leiden tot het staken van een bluspoging.
- > Een hoge druk, tot 17,8 bar, is van invloed op de hanteerbaarheid en straalpijpvoering van de brandslang. Voor een effectieve straalpijpvoering en een goede (oscillerende) werking van het straatwaterkanon is een effectieve werkdruk van 8 bar gewenst. Bij hogere drukken is de straalpijpvoering verminderd, de slang lastig hanteerbaar en het straatwaterkanon maar zeer beperkt bruikbaar.
- > De betrokken veiligheidsregio's stellen dat voor een goede hanteerbaarheid en effectieve straalpijpvoering druk tussen 6 en 10 bar bij een afname van 120 m³/uur gewenst is. Zie ook bijlage 4 van dit rapport.

De discussie tussen Rijkswaterstaat en het bevoegd gezag heeft er destijds toe geleid dat er een aantal directe³⁰ maatregelen is genomen om de druk te verlagen:

- > het verwijderen van de restricties in de retourleidingen
- > het plaatsen van overstortventielen op de retourleidingen
- > vervanging van de bestaande pompen.

Deze maatregelen hebben bij geen of beperkte debietafnames geleid tot een significante drukverlaging. De druk bij grote debietafnames is ongeveer gelijk gebleken, maar was ook voor de maatregelen al erg laag (tot 3,0-3,8 bar).

Een verdere verbetering die niet in het bovenstaande onderzoek is behandeld, zou een vergroting van de diameter van de blusleiding zijn waardoor de wrijvingsverliezen beperkt worden. Daarnaast zou gedacht kunnen worden aan enkele innovatieve oplossingen die in de huidige tunnelpraktijk nog niet veelvuldig voorkomen:

- > Een toerengeregelde bluspomp in combinatie met bewaakte afsluiters.³¹ Daarbij wordt opgemerkt dat toerengeregelde bluspompen mogelijk gevoeliger zijn voor storing en onderhoud, en daarom weinig worden toegepast.

²⁹ NEN-EN 694:2014: Dit betreft een productnorm waaraan een slanghaspel moet voldoen, maar geen wettelijk voorschrift.

³⁰ De betreffende maatregelen bleven van toepassing tot aan de tunnelrenovatie (2023), toen het bluswatersysteem volledig is aangepast, waarna verdere maatregelen achterwege konden blijven.

³¹ De bewaakte afsluiter is er om de locatie van een geopende afsluiter te kunnen bepalen en hier een – vooraf te bepalen – toerental aan te koppelen.

- > Het gebruik van drukregelaars in de hulpposten. Dit zijn mechanische of elektronische voorzieningen die druk in leidingen lokaal kunnen reduceren.

2.4 Visie en uitgangspunten van Brandweer Nederland tunnelveiligheid

Brandweer Nederland heeft samen met het NIPV in 2024 een document opgesteld over haar kijk op tunnelveiligheid (Werkgroep brandweervisie tunnelveiligheid, 2024). Het document bevat zeven inhoudelijke veiligheidsthema's. Daarvan zijn hieronder de hoofddoelen overgenomen; voor de nadere uitwerking verwijzen we naar het volledige document:

1. Verkeersveiligheid

De weggebruiker moet veilig door een tunnel kunnen rijden, waarbij de kans op ongevallen zo klein mogelijk gehouden wordt.

2. Zelfredzaamheid

De tunnel stelt de weggebruiker optimaal in staat om zichzelf in veiligheid te brengen bij een incident in de tunnel, wat wil zeggen dat hij of zij zich altijd op korte loopafstand van de nooddeuren bevindt en goed geïnformeerd wordt over de calamiteit.

3. Incidentbestrijding

De tunnelbeheerder is hoofdverantwoordelijke voor de veiligheid van de tunnel en de mate waarbij weggebruikers veilig door de tunnel kunnen rijden en bij calamiteiten veilig de tunnel kunnen verlaten (onder andere via het middentunnelkanaal). De brandweer treedt op om de restricties (incidentscenario's waarvoor de tunneluitrusting en brandbestrijdingstactieken momenteel niet toereikend zijn) bij tunnelincidenten te bestrijden en de situatie in de tunnel weer beheersbaar te krijgen.

4. Operationele voorbereiding

Alle diensten (inclusief de meldkamers) die betrokken zijn bij tunnelincidentbestrijding³² moeten over hetzelfde, actuele en dynamische beeld van het incident beschikken dat voor de functie en rol van de betreffende dienst van toepassing is.

5. Opleiden, trainen oefenen (OTO)

De brandweer is goed opgeleid, getraind en geoefend in tunnelincidentbestrijding en -beheersing.

6. Impact omgeving

De omgeving moet veilig weggebruik van de tunnel mogelijk maken. Andersom moet het gebruik van de tunnel een veilig gebruik van de omgeving niet in de weg staan.

7. Procesafspraken

De brandweer heeft kennis en expertise van alle processtappen voor de bouw van een tunnel, zowel wat betreft aspecten van risicobeheersing als incidentbestrijding.³³ De

³² Dit betreft zowel de hulpdiensten als de tunnelbeheerder via de verkeerscentrale, de Officier van Dienst van Rijkswaterstaat en de weginspecteur.

³³ Processtappen staan in hoofdstuk 4 van het visiedocument van de brandweer.

brandweer kan op basis van deze kennis en expertise het bevoegd gezag en andere bij de tunnel betrokken partijen adviseren.

2.5 Het verbod op PFAS-houdend schuim in blusmiddelen

Het conventionele Aqueous film forming foam of AFFF-blusschuim, zoals dit tot voor kort in wegtunnels werd gebruikt is PFAS-houdend. PFAS-houdend schuim bevat fluor dat het mogelijk maakt om een schuimdeken aan te brengen op grote brandende oppervlakten en daarmee de zuurstoftoevoer naar de brand te beperken. Daarnaast ondersteunt fluor het vormen van een zogeheten 'film' over de (vloei)stof. PFAS is echter schadelijk voor het milieu en maar zeer beperkt biologisch afbreekbaar. Bij de Europese Commissie en de wetenschappelijke comités van de European Chemicals Agency (ECHA) ligt daarom een voorstel om te komen tot een totaalverbod voor PFAS-houdende stoffen. De Europese Commissie zal daartoe in 2025 een definitief voorstel voor een verbod ter besluitvorming bij de lidstaten neerleggen, waarna de wetgeving in werking treedt.³⁴ Daarmee komt er per 1 januari 2025 een totaalverbod (met enkele uitzonderingen) op het gebruik van PFAS-houdende stoffen. Hierom is per 1 januari 2024 de Rarvw aangepast, waarbij "AFFF" is vervangen door "een passend blusmiddel" (zie ook paragraaf 1.2.2).

Het vervangen van AFFF-schuim door een vervangend blusmiddel brengt, naast de aanschaf van het juiste vervangende blusmiddel, ook met zich mee dat oud schuim moet worden vernietigd, tanks en leidingen moeten worden gereinigd en mogelijk zelfs dat installaties moeten worden aangepast omdat het fysisch gedrag van PFAS-vrij schuim anders kan zijn dan dat van PFAS-houdend schuim. In de memo *Alternatieven voor AFFF bij toepassing in slanghaspels in tunnels* (p.1, Rijkswaterstaat, 2023) wordt betoogd dat de prestatie-eisen in de Rarvw "zijn niet expliciet en onafhankelijk van het middel beschreven". De duur en effectiviteit van het vervangende blusmiddel zijn afhankelijk van de hoeveelheid en juiste mengverhouding. Dit alles maakt, in combinatie met de ruimte-beperking in de bestaande hulpposten, dat een geschikt vervangend blusmiddel niet direct beschikbaar is.

Bovenstaande heeft geleid tot de heroverweging van de slanghaspel als eerste blusmiddel voor de weggebruiker. De memo stelt dat een goede schuimblussing lastig is uit te voeren en een aangebrachte schuimlaag moet worden onderhouden. Dit is strijdig met het concept dat "een weggebruiker zichzelf zo snel mogelijk in veiligheid moet brengen". Wanneer niet de weggebruiker, maar de brandweer de beoogd gebruiker van de slanghaspel is, dan kan volstaan worden met een kortere werkingsduur, waarbij een brand enkel wordt gecontroleerd alvorens de definitieve blussing met de eigen brandslangen kan plaatsvinden. Deze conclusies hebben tot onder meer de volgende uitgangspunten geleid (p.4, Rijkswaterstaat, 2023):

- > "ga bij het vervangende middel uit van een gebruik gedurende circa 10 minuten."
- > "een test van het geselecteerde middel dient aan te tonen dat het geproduceerde schuim voldoende is om gedurende 10 minuten een brandende vloeistofplas van 22 m² af te dekken (en daarmee te blussen) bij een lichtsnelheid van 4 m/s."
- > "stem voor de acceptatie van het middel ... af met de brandweer en het bevoegd gezag."

De opgestelde memo heeft Rijkswaterstaat aanleiding gegeven om door H2K aanvullend onderzoek te laten uitvoeren. In het rapport *Gebruik slanghaspels in Hulppostkast, analyse scenario tunnelbrand* (Van de Graaf, J 2023) worden middels een analyse van een viertal

³⁴ <https://www.rivm.nl/documenten/tijdlijn-verbod-op-gebruik-van-pfas>.

tunnelbrand-scenario's de effecten op de brandontwikkeling van het al dan niet gebruiken van de slanghaspel beoordeeld. Uit dit onderzoek volgen conclusies die afwijken van voorgenoemde memo.³⁵

Zo wordt door H2K gesteld dat slanghaspels “mits tijdig ingezet, een goed hulpmiddel zijn bij het beperken van (de impact en gevolgen) van branden in voertuigen³⁶, ook als deze door de weggebruikers worden bediend” (p.5, Van de Graaf, J 2023). Bij een reeds ontwikkelde brand is de kans op een effectieve blussing met de slanghaspel veel lager. Dit pleit derhalve voor een directe inzet door de weggebruiker.

Het onderzoek stelt bovendien: “Fluorvrij schuim blijkt, als aan een aantal technische voorwaarden wordt voldaan, goed te kunnen worden gebruikt, ook als gekeken wordt naar de inpasbaarheid in de hulpposten, de manier waarop de weggebruiker de slanghaspel gaat gebruiken en de relatie met het optreden door de overheidsbrandweer” (p.5, Van de Graaf, J 2023).

Blijkens het door H2K uitgevoerde onderzoek is het vanzelfsprekend dat het fluorvrij schuim branden met de “nu meest gebruikte brandstoffen (E10 en Diesel) zou moeten kunnen bestrijden” (p.22, Van de Graaf, J 2023). Bij de keuze van het toekomstige blusmiddel kán echter rekening worden gehouden met nieuwe ontwikkelingen in het wagenpark. Hierbij valt te denken aan het gebruik van methanol als brandstof, bijmenging van ethanol in benzine en diesel, elektrische voertuigen, waterstof als brandstof et cetera. Daarbij moet worden opgemerkt dat dit aanvullende doelstellingen zijn waar ook het PFAS-houdend schuim niet aan voldeed.

STHAMEX

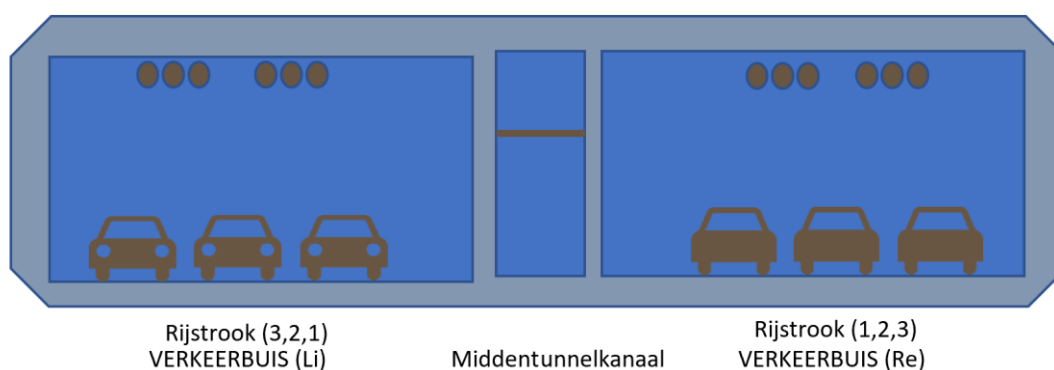
Rijkswaterstaat vervangt in wegtunnels op basis van de hierboven geschetste uitgangspunten de huidige PFAS-houdende blusmiddelen door STHAMEX fluorvrij schuim.

³⁵ Rijkswaterstaat hanteert vooralsnog de aanbevelingen uit het door H2K (Van de Graaf, J 2023) opgestelde rapport ten faveure van de eigen opgestelde memo.

³⁶ Daarbij wordt opgemerkt dat het theoretisch ook voor professionals niet mogelijk is om een in de memo geschetste plasbrand van 22m² te blussen, gezien het beperkte debiet van de slanghaspel (100 l/min).

3 Druk, debiet, hulpposten en wandcontactdozen

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de met het oog op de brandbestrijding vereiste voorzieningen in wegtunnels langer dan 250 meter. Wegtunnels in Nederland zijn onderling tamelijk vergelijkbaar (zie figuur 3.1). Ze bestaan uit twee afzonderlijke verkeersbuizen³⁷, een voor elke rijrichting, die met elkaar in verbinding staan. Vanuit de verkeersbuizen kan via vluchtdeuren, die maximaal 100³⁸ meter uit elkaar gelegen zijn, een tussengelegen middentunnelkanaal of een doorgang tussen de tunnelbuizen worden bereikt. In de verkeersbuizen (> 500 m) bevindt zich doorgaans een effectieve (langs)ventilatie die, in geval van brand, de warmte en rookgassen in de benedenwindse (en filevrije) verkeersrichting blaast. Daarnaast bevinden zich in de verkeersbuis en in het middentunnelkanaal verschillende voorzieningen ten behoeve van brandbestrijding.



Figuur 3.1 Schematische dwarsdoorsnede tunnel met een middentunnelkanaal

In Bijlage 2 is een gedetailleerd overzicht gegeven van de voorzieningen die zowel in de verkeersbuis als in de veilige vluchtroute aanwezig zijn. In paragraaf 3.1 (bluswatervoorziening) en paragraaf 3.2 (hulppost) worden de voorzieningen behandeld die specifiek gericht zijn op de brandbestrijding in wegtunnels.

3.1 Bluswatervoorziening

Een bluswatervoorziening³⁹ is het complete systeem om bluswater met voldoende capaciteit en op de beoogde druk in de tunnel te krijgen. Een effectieve bluswatervoorziening is daarmee voor een veilige en effectieve brandweerinzet onmisbaar. Ze bestaat uit:

- > een reservoir met bluswater met voldoende capaciteit om gedurende ten minste 60 minuten een capaciteit van 120 m³/h bij een druk van 8 bar te kunnen leveren

³⁷ Elke verkeersbuis bestaat uit een of meerdere rijstroken.

³⁸ Bij tunnels met dwarsverbindingen (in plaats van een middentunnelkanaal) is de maximale afstand 250 m.

³⁹ (Rarw) Bijlage 4 artikel 29.1.

- > een drukverhogingsinstallatie die het water in de bluswatervoorziening op de juiste druk brengt en voldoende debiet van 120 m³/h levert om een eventuele brand te kunnen blussen
- > een stelsel van aanvoer- en distributieleidingen vanaf het reservoir tot aan de brandslangaansluiting en slanghaspel in de hulppost
- > een suppletievoorziening voor de brandweer om de bluswatervoorziening te voeden. Deze voedingsmogelijkheid is aangesloten op het reservoir of op het leidingstelsel.

In de praktijk blijkt de druk op de slanghaspels en brandslangaansluitingen in de hulpposten soms problematisch te zijn. Er zijn drie factoren van invloed op de druk bij de hulpposten.

1. De drukverhogingsinstallatie bestaande uit een diesel- of elektromotor en pomp levert een specifieke druk. Deze pompdruk is echter - conform een pomp specifieke curve - afhankelijk van het debiet dat de pomp moet leveren. Dit is direct van invloed op de druk ter plaatse van de brandslangaansluiting en slanghaspel. Bij een grote debietafname, zoals bij het gebruik van een straatwaterkanon, is de 'dynamische druk'⁴⁰ lager dan bij een kleine debietafname, zoals bij het gebruik van een slanghaspel. In situaties zonder waterafname, zoals voor het openen van een straalpijp, zal de 'statische druk'⁴¹ nog hoger zijn.
2. Bij een dieper gelegen tunnel is er sprake van een hoogteverschil tussen de pomp en hulpposten. Hierdoor ontstaat een statisch drukverschil van 0,1 bar per m¹.
3. Er treden wrijvingsverliezen in het leidingwerk op, zie hiertoe onderstaand kader. De verliezen zijn afhankelijk van de leidinglengte en leidingdiameter. Een kleinere leidingdiameter leidt tot grotere wrijvingsverliezen.

Hazen-Williams- formule

Het drukverlies in een rechte leiding wordt (bij laminaire stroming) bepaald door de Hazen-Williams-formule. De relatie tussen debiet, leidingdiameter en lengte komt hierin naar voren:

$$\Delta p = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L$$

Δp : Drukverschil in leiding (bar)

Q: Debiet (l/min)

C: Wrijvingsfactor

d: Inwendige leidingdiameter (mm)

L: Lengte (m).

Wet- en regelgeving stelt weliswaar dat een bluswatervoorziening bij 8 bar een capaciteit van 120 m³/h moet kunnen leveren, maar er worden geen concrete voorwaarden gesteld aan de minimale en maximale druk in de bluswatervoorziening.

Voor een veilige en effectieve inzet van de blusmiddelen kunnen echter wel voorwaarden gesteld worden aan druk op de brandslangaansluiting en slanghaspel. Uit de memo *Bluswaterdruk handstralen (lagedruk / O-bundels) i.r.t. tunnel-brandbestrijding* (Veiligheidsregio Rotterdam Rijnmond en Brandweer Zuid-Holland Zuid, 2023) blijkt dat ter

⁴⁰ Dynamische druk: De druk op een locatie, bijvoorbeeld de brandslangaansluiting, waarbij vloeistoffen in beweging zijn. Dat wil zeggen: er is sprake van waterafname. De dynamische druk is hoger bij een beperkte waterafname en lager bij een grote waterafname.

⁴¹ Statische druk: De druk op een locatie, bijvoorbeeld de brandslangaansluiting, waarbij vloeistoffen in rust zijn. Dat wil zeggen: er is geen sprake van waterafname.

plaats van de brandslangaansluiting(en) een druk van 6 tot 10 bar bij een afname tot 120 m³/h gewenst is (zie ook Bijlage 4 van dit rapport). In praktijk blijkt een hogere druk van rond de 8 bar nodig om de O-bundels te laten ‘ploppen’ zodat ze sneller inzetgereed zijn (zie paragraaf 5.2.4).

Bij langere en diepere tunnels blijkt het realiseren van de gewenste druk van 8 tot 10 bar in iedere hulppost soms problematisch.

Hogere maximale statische druk tot 12 bar: Bij statische situaties (dus zonder waterafname) blijkt de bovengrens in voorkomende gevallen onhaalbaar. Er kan dan overwogen worden om op enkele locaties binnen de tunnel een statische druk tot 12 bar te accepteren. Een statische druk tot 12 bar zal in de regel niet leiden tot beperkingen bij de brandbestrijding.⁴²

Lagere minimale dynamische druk vanaf 6 bar: Bij dynamische situaties (dus met waterafname) blijkt de ondergrens in voorkomende gevallen onhaalbaar. Er kan dan overwogen worden om op enkele locaties binnen de tunnel een dynamische druk vanaf 6 bar te accepteren. Deze druk zal echter wel beperkingen voor wat betreft het ‘ploppen’ van de O-bundels met zich meebrengen. Het is in deze gevallen aan het bevoegd gezag en de betrokken veiligheidsregio’s of deze afwijking te accepteren valt.

Het NIPV adviseert dan ook om een dynamische druk te hanteren binnen een bandbreedte van 8 tot 10 bar bij een afname tot 120 m³/h met in voorkomende gevallen een statische druk tot 12 bar. De pompspecificaties moeten zodanig zijn dat deze beoogde drukken met de vereiste debieten gehaald kunnen worden. Een goede afstemming met het bevoegd gezag en de betrokken veiligheidsregio’s is van belang.

3.2 Hulppost (en wandcontactdozen) in de verkeersbuis

Een hulppost is een in de verkeersbuis geplaatste kast met een aantal hulpmiddelen die weggebruikers en hulpverleners kunnen ondersteunen wanneer een voertuig in de tunnel tot stilstand komt, bijvoorbeeld door pech, een ongeval of brand. In wet- en regelgeving wordt een onderscheid gemaakt in een ‘grote’ hulppost type 1 en een ‘kleine’ hulppost type 2.

In wegtunnels worden volgens Rarvw bijlage 4 art. 3.1 grote hulpposten type 1 voorgeschreven. Bij twee of meer rijstroken kunnen daarnaast kleine hulpposten type 2 aan de overzijde van de eerder genoemde hulpposten voorgeschreven zijn. Dit is om te voorkomen dat weggebruikers bij een klein incident waarbij het overig verkeer blijft rijden, rijbanen gaan oversteken. De afstand tussen twee hulpposten aan dezelfde zijde is ten hoogste 60 meter.

⁴² Bij overschrijding van 12 bar is vaak sprake van overschrijding van de maximale werkdruk van de aanwezige slanghaspels, hetgeen gevolgen kan hebben voor de afrolbaarheid en hanteerbaarheid. Een afstemming met het lokaal bevoegd gezag is in die situaties wenselijk.



Figuur 3.2 Vluchtdeur en hulppost type 1 in een wegtunnel (foto: Rijkswaterstaat)

Een grote hulppost type 1 bestaat uit twee delen: een algemeen deel achter een glazen deur, op bovenstaande foto rechts, voor zowel hulpdiensten als weggebruikers en een technisch deel achter een dichte deur, op bovenstaande foto links (in geopende stand), voor hulpdiensten. In onderstaande tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de voorzieningen in hulppost type 1 zoals die in de Rarvw zijn voorgeschreven voor nieuw te bouwen wegtunnels.⁴³ Daarbij is aangegeven in hoeverre een voorziening voor weggebruikers⁴⁴ ofwel (al dan niet exclusief) voor de hulpdiensten bedoeld is.

Tabel 3.1 Voorzieningen in hulppost type 1

Voorzieningen in hulppost type 1 volgens Rarvw Bijlage 4 art 3.2 en 3.7	Wegtunnel 250 – 500 m	Wegtunnel > 500 m	Bedoeld voor
Een noodtelefoon	X	X	Weggebruiker
Draagbaar brandblusapparaat, type sproeischuimblusser (cap. 21A183B ¹¹)	X	X	Weggebruiker
Inwendige verlichting	X	X	Weggebruiker
Drie wandcontactdozen (elk 3680 VA)	X	X	Hulpdiensten
Een slanghaspel met slang 5 meter langer dan de afstand tot volgende slanghaspel	-	X	Weggebruiker Hulpdiensten ²⁴
Een voorziening die bij blussen met de slanghaspel ten minste de eerste 25 minuten een passend blusmiddel toevoegt aan het bluswater	-	X	Weggebruiker Hulpdiensten

⁴³ Voor andere tunnels kunnen de voorzieningen afwijken.

⁴⁴ Een brand in een wegtunnel brengt aanzienlijke risico's voor (niet deskundige) weggebruikers met zich mee wanneer zij een bluspoging ondernemen. Indien een eerste bluspoging door de weggebruiker niet veilig kan worden uitgevoerd, moet deze zich in veiligheid brengen.

Voorzieningen in hulppost type 1 volgens Rarvw Bijlage 4 art 3.2 en 3.7	Wegtunnel 250 – 500 m	Wegtunnel > 500 m	Bedoeld voor
Dubbele brandslangaansluiting met elk een doorsnede van 2.5 inch	X	X	Hulpdiensten
Een voorziening om de blusvoorziening op druk te brengen ⁴⁵	X	-	Hulpdiensten

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de aanwezige voorzieningen in hulppost type 2 zoals die in de Rarvw zijn voorgeschreven voor nieuw te bouwen (rijks)weg-tunnels.⁴³ Daarbij wordt aangegeven in hoeverre een voorziening voor weggebruikers ofwel (al dan niet exclusief) voor de hulpdiensten bedoeld is.

Tabel 3.2 Voorzieningen in hulppost type 2

Voorzieningen in hulppost type 2 volgens Rarvw Bijlage 4 art 3.3	Tunnel > 250 m	Tunnel > 500 m	Bedoeld voor
Een noodtelefoon	X	X	Weggebruiker
Draagbaar brandblusapparaat, type sproeischuimblusser (cap. 21A183B ¹¹)	X	X	Weggebruiker
Inwendige verlichting	X	X	Weggebruiker
Een wandcontactdoos (3680 VA)	X	X	Hulpdiensten

Noodzaak drie wandcontactdozen

Zowel bij brand als bij ernstige aanrijdingen bestaat de kans op dodelijke slachtoffers en gewonden die uit voertuigen bevrijd moeten worden en/of ter plaatse behandeld worden in een gewondennest. Daarbij is verwarming van de gewondennesten noodzakelijk. Hiertoe zijn een drietal wandcontactdozen in de hulppost vereist. Het huidige uitgangspunt van de GHOR, volgens de Wettelijke evaluatie gestandaardiseerde tunneluitrusting 2023 (Antea Group), is echter dat de verzorging van gewonden zo mogelijk *buiten* de tunnelbuis plaatsvindt. Bovendien zijn de huidige gewondennesten zodanig uitgevoerd dat volstaan kan worden met één wandcontactdoos van 3680 VA in de hulpposten.

Hulpposten zijn duidelijk herkenbaar door intern verlichte pictogrammen. Zie hiertoe figuur 3.2. Bij een tunnel langer dan 500 meter zal het openen van de hulppost, het uit de houder nemen van het blussapparaat of het uitnemen van de spuitmond automatisch worden gedetecteerd en gemeld aan de tunnelmeldkamer. De slanghaspel draait of kantelt bij het uitnemen van de spuitmond automatisch en in zijn geheel tot buiten het wandvlak, zodat de slanghaspel vrij van de tunnelconstructie kan worden uitgerold.

⁴⁵ Een tunnel langer 250 meter maar korter dan 500 meter is niet voorzien van een eigen bedieningscentrale. Het op druk brengen van de brandslangaansluiting vindt dan handmatig plaats. Slanghaspels zijn in deze tunnels niet aanwezig.

Eerste bluspoging door weggebruiker

De aanwezigheid van een draagbaar blusapparaat en/of slanghaspel biedt de weggebruiker in voorkomende gevallen de mogelijkheid om een eerste bluspoging uit te voeren, waardoor de brand in omvang beperkt kan blijven. Een eerste bluspoging in een wegtunnel is echter nadrukkelijk niet zonder risico. Wanneer de blussing niet (meer) veilig kan worden uitgevoerd, dan moet de weggebruiker zijn of haar bluspoging staken en zich via de veilige vluchtroute in veiligheid brengen. De weggebruiker kan hierop geattendeerd worden door de wegverkeersleider. De blussing wordt dan uiteindelijk overgenomen door de brandweer.

De brandweer zal, volgens de reguliere werkwijze (zie paragraaf 2.1 en Bijlage 3), vanuit de ondersteunende buis en bovenwinds de brandbestrijding inzetten. Zij zal hierbij gebruikmaken van de in de hulppost aanwezige brandslangaan sluitingen uitgevoerd met Storz-koppelingen. Deze brandslangaan sluitingen worden op basis van de wettelijke voorschriften gedurende minimaal een uur gevoed door de bluswatervoorziening met een capaciteit van ten minste 120 m³/h.

In de *Landelijke Tunnelstandaard* (LTS) wordt aanvullend gesteld dat vanuit een hulppost(kast) tegelijkertijd één waterkanon en twee handstralen kunnen worden afgelegd:

Artikel	Artikeltekst
---------	--------------

BSTTI#14861	Voor een hulppostkast type A dient de volledige capaciteit van het blussysteem vanuit twee Storz-aansluitingen beschikbaar te zijn. <ul style="list-style-type: none">> Aansluiting 1: 1550 liter/min t.b.v. 1 waterkanon> Aansluiting 2: 450 liter/min t.b.v. 2 handstraalpijpen
--------------------	--

De reden om tegelijkertijd een (straat)waterkanon én twee handstralen af te leggen, is niet duidelijk. In de voorganger van de LTS, de Veiligheidsrichtlijn deel C (VRC) is nog sprake van het afleggen van óf een straatwaterkanon óf van twee handstralen.

Bovendien wijken de uitgangspunten van het (huidige) brandweermaterieel af van de in de LTS geschetste uitgangspunten:

- > Het maximale debiet van een straatwaterkanon is 2000 l/min.
- > Het maximale debiet van zowel een LD-straal als O-bundel is 450 l/min.

De wettelijk voorgeschreven capaciteit (120 m³/h) van de in de wegtunnel aanwezige bluswatervoorziening is vrijwel toereikend voor een gelijktijdige inzet met vijf (LD en/of O-bundel) handstralen ófwel een inzet met een straatwaterkanon. Het koelend vermogen van een handstraal is zodanig dat een 'kleine' brand tot ~50 MW, bijvoorbeeld van enkele personen-voertuigen, met vijf handstralen kan worden bestreden.

Een 'grote' brand van meer dan ~50 MW, bijvoorbeeld wanneer een of meerdere vrachtwagens bij de brand betrokken zijn, vereist méér koelend vermogen dan de in de tunnel aanwezige bluswatervoorziening kan leveren. Er zal dan, náást de in de tunnel aanwezige bluswatervoorziening, gebruik moeten worden gemaakt van een secundaire bluswatervoorziening. Hiertoe kan gebruik worden gemaakt van de eigen TS⁴⁶ die, bijvoorbeeld met behulp van een grootschalig watertransport, is afgelegd op een bluswatervoorziening elders. Het organiseren van deze aanvullende bluswatervoorziening zal ontegenzeggelijk meer tijd in beslag nemen.

⁴⁶ Deze kan zich, afhankelijk van de locatie en omvang van het incident, in de ondersteunende tunnelbuis of buiten nabij de tunnelmond bevinden.

De capaciteitsbeperkingen van de in de tunnel aanwezige bluswatervoorzieningen heeft veelal beperkte gevolgen voor de brandweerinzet. De redenen daartoe zijn de volgende:

- > De kans op een incident waarbij de in de tunnel aanwezige bluswatervoorziening niet voldoet is zeer beperkt gebleken. In het verleden zijn er twee⁴⁷ branden binnen een Nederlandse wegtunnel geweest waarbij een brandvermogen van 50 MW (kortstondig) is benaderd of overschreden waarbij in theorie de bluswatervoorziening niet meer volstaat. In praktijk zijn ook deze branden echter, zonder gebruik te maken van een aanvullende bluswatervoorziening geblust.
- > De brandweer is bij grote branden veel terughoudender geworden bij het offensief optreden binnen de brandruimte. Uit de rapporten *Basisprincipes van brandbestrijding* (IFV, 2020) en *Doctrine brandbestrijding* (Brandweer Nederland 2022) volgt dat wanneer een veilige en effectieve brandweerinzet binnen de brandruimte niet meer mogelijk is, er eerder gekozen zal worden voor een defensieve brandweerinzet buiten de brandruimte om verdere escalatie van de brand te voorkomen. Dit geldt evenzeer voor de brandbestrijding in wegtunnels. (Zie hiertoe ook Paragraaf 5.1). Overeenkomstig de brandbestrijding bij andere objecten zal de opbouw van een secundaire bluswatervoorziening evenals de hiertoe benodigde slagkracht opbouw tijd in beslag nemen

Een generieke aanpassing van de wettelijke voorschriften om de beschikbare capaciteit van de bluswatervoorziening te verhogen wordt, naar mening van het NIPV, niet direct noodzakelijk geacht. Het voorgaande neemt niet weg dat de risico's van een grote brand, en de maatschappelijke gevolgen die hier mee samenhangen, onderdeel kunnen vormen van het bestuurlijk afwegingsproces.

Bestaande wegtunnels

Dit document verkent de huidige problemen en discussiepunten met betrekking tot de brandbestrijding in wegtunnels. Deze verkenning kan een basis vormen voor een fundamentele heroverweging van de brandbestrijdingssystemen en tactieken in nieuwe en gerestaureerde wegtunnels.

Dit neemt niet weg dat er wegtunnels zijn waarbij in de nabije toekomst geen restauratie- of onderhoudswerkzaamheden gepland staan. Het is daarmee mogelijk dat er in bestaande wegtunnels afwijkingen, zoals een over- of onderschrijding van de gewenste druk in de bluswatervoorziening, bestaan die van invloed zijn op een veilige en effectieve brandbestrijding. Er wordt in deze situaties geadviseerd om de betrokken partijen te informeren en om, in overleg met alle betrokken partijen waaronder de tunnelbeheerder, veiligheidsbeambte, het bevoegd gezag en betrokken veiligheidsregio's, de tekortkomingen en mogelijkheden van het bestaande systeem te bespreken.

Aan de hand daarvan kan vastgesteld of, eventueel met behulp van tijdelijke maatregelen⁴⁸, een effectieve brandbestrijding mogelijk is, of dat er op korte termijn aanpassingen noodzakelijk zijn. Afwijkingen moeten in het calamiteitenbestrijdingsplan (CBP) zijn opgenomen en op het incidentbestrijdingsplan (IBP) worden afgestemd.

In wegtunnels wordt op basis van wettelijke voorschriften al periodiek geoefend. Oefeningen met de geconstateerde afwijkingen kunnen de kennis en vaardigheid van bevelvoerenden en manschappen ter plaatse vergroten (zie ook voetnoot 48).

⁴⁷ Velsertunnel 11 augustus 1978 en Heinenoordtunnel 21 mei 2014

⁴⁸ Hierbij kan gedacht worden aan het gebruik van restrictieplaten of het gedoseerd/deels opendraaien van de afsluiter in de hulppost om druk en debiet in de brandslang te mitigeren. Het is echter aan de betreffende veiligheidsregio om vast te stellen in hoeverre een dergelijke -tijdelijke- oplossing geaccepteerd kan worden. Praktijk beproevingen in de betreffende tunnel kunnen hier duidelijkheid in geven.

3.3 Samenvattend

Voor een effectieve brandbestrijding is een druk op de brandslang aansluiting en slanghaspel van **8 tot 10 bar bij een afname tot 120 m³/h gewenst. Een statische druk tot 12 bar kan in voorkomende gevallen geaccepteerd worden. Een goede afstemming hierover met het bevoegd gezag en betrokken veiligheidsregio's is noodzakelijk.**

In de wegtunnel bevinden zich twee typen hulpposten. In de hulpposten bevinden zich draagbare blustoestellen en slanghaspels (met schuimbijmenging). **Deze voorzieningen kunnen door zowel weggebruikers als brandweer gebruikt worden. Er is vooralsnog geen reden om van dit principe af te wijken.** De veiligheid van de weggebruikers, ook gedurende een blussing, is daarbij uiteraard van belang.

Daarnaast bevindt er zich een brandslang aansluiting voor de brandweer in de hulppost. **De capaciteit van de in de tunnel aanwezige bluswatervoorziening is toereikend voor een gelijktijdige inzet met vijf handstralen óf wel een inzet met een straatwaterkanon.** Hiermee kan een brand tot ~50 MW worden bestreden. Bij een grotere brand zal, náást de in de tunnel aanwezige bluswatervoorziening, gebruik moeten worden gemaakt van een secundaire bluswatervoorziening. In dergelijk uitzonderlijke situaties kan de TS ingezet worden, waarbij gebruikgemaakt wordt van een watervoorziening elders. De kans op een dergelijk incident is klein gebleken. Bovendien is de brandweer dan terughoudend in haar optreden. **Een aanpassing van de capaciteit van de in de tunnel aanwezige bluswatervoorziening wordt naar mening van het NIPV vooralsnog niet noodzakelijk geacht.**

In de hulppost type 1 en type 2 bevinden zich respectievelijk drie en één wandcontactdoos-aansluiting(en). Veranderende uitgangspunten van de GHOR leiden ertoe dat voor GHOR-activiteiten volstaan kan worden met **één wandcontactdoosaansluiting per hulppost.**

4 Verduurzaming wagenpark

Het wagenpark in Nederland verandert snel. Decennialang is er al sprake van een groei qua omvang en gewicht van personenvoertuigen. De laatste jaren komen daar ook nieuwe soorten zero-emissie-voertuigen bij, zoals batterij elektrische auto's of door waterstof aangedreven auto's. Een zelfde vorm van verduurzaming vindt ook plaats in het openbaarvervoer en vrachtvervoer. Dergelijke ontwikkelingen zullen mogelijk leiden tot andere brandscenario's voor voertuigbranden. We presenteren in dit hoofdstuk de aanstaande en reeds gaande zijnde grotere veranderingen in de voertuigbrandstoffen, met als onderdeel daarvan de invloed ervan op de brandontwikkeling. Er wordt ingegaan op batterij elektrische auto's in paragraaf 4.1; vloeibare biobrandstoffen komen aan bod in 4.2.; tot vloeistof gebrachte gassen in paragraaf 4.3. en gecompriëerde gassen in 4.4. In paragraaf 4.5. worden conclusies getrokken ten aanzien van de eventuele additionele risico's als gevolg van de verduurzaming van het wagenpark.

Gebruik van kunststoffen in personenauto's

Om aan de al dan niet door de overheid opgelegde doelstellingen voor wat betreft brandstof-efficiëntie, duurzaamheid en veiligheid te kunnen voldoen, zijn metalen onderdelen de afgelopen decennia veelal vervangen door duurzame kunststoffen. Deze maken een voertuig veelal veiliger, lichter, roestbestendiger en goedkoper. De keerzijde is echter dat een brand zich sneller kan ontwikkelen en de potentiële brandvermogens hoger zijn. Dit leidt ertoe dat branden sneller in omvang toenemen, wat gevolgen heeft voor de omschreven brandbestrijding (Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers (Boehmer, H. et al., 2020).

4.1 Batterij elektrisch

Het totale brandvermogen van een elektrisch voertuig is vergelijkbaar met dat van een gelijkaardig voertuig dat rijdt op fossiele brandstoffen. Het gros van het brandvermogen bevindt zich in het chassis en opbouw van de auto; de batterij draagt slechts beperkt bij aan het totale brandvermogen. Dit volgt onder andere uit een recente test met één type SUV. Deze SUV is getest 1) zonder batterij, 2) met een batterij van 39kWh, 3) met een batterij van 64 kWh en met een verbrandingsmotor. De brandvermogens van deze tests waren respectievelijk 7,81MW, 6,51MW, 7,25MW en 7,66MW (Kang et al., 2023). Ter vergelijking: Tabel 1.2. noemt een brandvermogen van 5-10MW voor personenauto's op fossiele brandstoffen. Er zijn weinig gegevens bekend over het brandvermogen van andere typen – en grotere – voertuigen, maar het NIPV verwacht dat de fractie brandstof ten opzichte van de totale (brandbare) massa niet groter zal zijn dan bij fossiele alternatieven, en in vele gevallen (zoals bij goederentransport) zelfs kleiner. Met andere woorden: het totale brandvermogen van elektrische voertuigen is vergelijkbaar met of kleiner dan dat van voertuigen die rijden op fossiele brandstoffen.

Er bestaat wel een wezenlijk verschil tussen het brandverloop van elektrische voertuigen en voertuigen met een fossiele verbrandingsmotor. Hoewel de aanlooptijd vergelijkbaar is, en varieert tussen 10 en 20 minuten totdat het piekvermogen is bereikt, kenmerken elektrische

autobranden zich door meerdere pieken. Zo stelt de eerder aangehaalde test dat het piekvermogen voor personenauto's in 19 minuten wordt bereikt, maar dat de eerste pieken al beginnen rond minuut 12 (Kang et al., 2023). Ter vergelijking: Tabel 1.2. spreekt van één piek na 10 minuten voor conventionele personenauto's.

Voor grote voertuigen (bussen, vrachtwagens) geldt eveneens dat het brandverloop wordt gekenmerkt door mogelijk meerdere pieken. Bij zware aanrijdingen met batterij-elektrische vrachtwagens kunnen er bovendien dermate grote hoeveelheden (batterij)gassen in korte tijd vrijkomen, dat er na ontsteking een wolkbrand kan ontstaan van circa 20 meter. Ter vergelijking: een ongeval met een vrachtwagen die rijdt op diesel kan leiden tot een plasbrand van 18 meter (Reinders, J., et al., 2023).

Elektrisch voertuig

Een voertuigbrand gaat altijd gepaard met het vrijkomen van grote hoeveelheden toxische en brandbare stoffen. Bij een brand in een Li-Ion batterijpakket van een elektrisch voertuig komen echter ook grotere hoeveelheden waterstoffluoridegassen (HF) en zware metalen vrij. Bij hoge concentraties en langdurige blootstelling kunnen deze een veilige brandbestrijding beperken. Daarnaast blijkt een brand in een Li-Ion pakket lastig te blussen, omdat het moeilijk is om met het blusmiddel, veelal water, het batterijpakket binnen te dringen. Daarnaast kan binnen het batterijpakket een 'thermal runaway' plaatsvinden. Dit is een proces waarbij gedurende langere tijd sprake kan zijn van herontsteking van het batterijpakket. Dit betekent dat een brand tot dagen na ontstaan steeds opnieuw kan opvlammen.

Bestrijding van Li-Ion batterijbranden door de brandweer

In opdracht van de NAL werkgroep Veiligheid heeft het NIPV onderzoek uitgevoerd naar alternatieven voor de dompelcontainer bij de bestrijding van batterijbranden in personenauto's. Uit is het geactualiseerde onderzoek is het volgende naar voren gekomen (Hessels, T., et al., 2023):

- > Een vulopening in het batterijpakket de meest geschikte methode is om een brand in het accupakket te doven. Een vulopening is een opening onder de achterbank waarbij de afsluitingen wegsmelten in geval van brand. Via deze opening kan water direct in het batterijpakket worden aangebracht via de ventilatieopeningen van de batterij.
- > Indien voorgenoemde methode niet beschikbaar is, blijft de dompelcontainer de meest geschikte methode om een brand in het accupakket te blussen. Een dompelcontainer is een container gevuld met water waarin een elektrisch voertuig, bij een (dreigende) thermal runaway, kan worden 'ondergedompeld'. Er zijn beperkingen zijn bij het gebruik van de dompelcontainer, bijvoorbeeld bij grotere voertuigen of bij een voertuig binnen een tunnelbuis.
- > Indien voorgenoemde methode(n) niet beschikbaar zijn, is een methode waarbij het accupakket mechanisch of onder hoge druk wordt geopenet, waarna het blusmiddel in de individuele cellen wordt ingebracht een potentiële blusmogelijkheid. Dit zijn bijvoorbeeld de Cobra- of Coldcutter systemen en het BEST batterij blussysteem.

4.2 Vloeibare biobrandstoffen: bio-ethanol en biodiesel

Vloeibare biobrandstoffen hebben doorgaans een lagere energiedichtheid dan fossiele brandstoffen. Waar benzine en diesel een energiedichtheid hebben van circa 43 MJ/kg is dit voor vloeibare biobrandstoffen beduidend lager: respectievelijk 27 MJ/kg en 37MJ/kg voor bio-ethanol en biodiesel⁴⁹. Hoewel exacte data ontbreken, is het dan ook aannemelijk dat het brandvermogen bij vloeibare biobrandstoffen *lager* is dan bij fossiele brandstoffen. Er is echter geen reden om aan te nemen dat het brandverloop significant, in termen van risico's,

⁴⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=76083&woLang=nl> (geraadpleegd op 7 november 2023).

anders is dan dat van conventionele vloeibare brandstoffen. Dit geldt voor alle soorten voertuigen, van personenauto's tot vrachtwagens.

4.3 Tot vloeistof gebrachte gassen: LNG en LPG

Voertuigen kunnen ook rijden op gassen die op twee verschillende manieren tot vloeistof zijn gevormd. Ten eerste kennen we tot vloeistof gekoelde gassen. LNG is daar een voorbeeld van. Bij een incident kan een deel van het gas direct verdampen, terwijl een ander deel een plas vormt en vervolgens verdampt. LNG wordt gebruikt in vrachtwagens, en kent met Bio-LNG ook een hernieuwbare variant.⁵⁰Ten tweede kennen we tot vloeistof verdichte gassen, zoals LPG. Ook hier kan een deel van het gas verdampen bij een incident, en het andere deel een plas vormen die vervolgens verdampt.

Voertuigen met tot vloeistof gebrachte verdichte of gekoelde gassen ontlopen conventionele voertuigen wat betreft totaal brandvermogen niet significant. Het brandverloop kan wel anders zijn, voornamelijk bij tot vloeistof verdichte gassen. Wanneer de opslagtank door opwarming onder druk komt te staan, zal de overdrukbeveiliging worden geactiveerd⁵¹ waardoor deze afblaast, totdat de te hoge druk is genivelleerd. Hierdoor bestaat een gevaar op kortstondige terugkerende fakkels. Voor een vrachtwagen die rijdt op LNG zijn enkele effectafstanden op basis van modellering in beeld gebracht. Het openscheuren van de tank, of vergelijkbare schade, kan een fakkelbrand tot 96 meter als gevolg hebben; een door aanstraling veroorzaakte warme BLEVE kan leiden tot een vuurbal tot 31 meter vanaf de bron (Reinders, J., et al., 2023).

4.4 Gecomprimeerd gas: waterstof en CNG

De data voor waterstof en CNG zijn vergelijkbaar. Het brandvermogen van een waterstofauto is gelijk aan dat van een conventionele auto, al kan het brandvermogen bij het ontstaan van een fakkel tijdelijk significant hoger zijn: 5-10 MW zonder fakkel, tot wel 25-30 MW met fakkel.⁵² Het brandvermogen van een CNG-vrachtwagen (circa 80 MW) is eveneens vergelijkbaar met dat van een reguliere vrachtwagen (TNO, 2013). De fakkel ontstaat op het moment dat een tank aangestraald wordt, en de 'thermal pressure relief device' (TPRD) wordt geactiveerd. Omdat een waterstofvoertuig meerdere tanks kan hebben, kan het piekvermogen zich op meerdere momenten voordoen. Wanneer meerdere tanks tegelijkertijd worden aangestraald, kan het ook zo zijn dat meerdere TPRD's tegelijkertijd worden geactiveerd, ook al ligt dit niet voor de hand. De grootte van de fakkel is afhankelijk van de diameter van de TPRD in combinatie met de druk van de tank, en doorgaans van korte duur. Figuur 4.1. t/m 4.4. laten de totale uitstroom zien als een functie van tijd voor een bus en een auto, in twee verschillende uitvoeringen.⁵³ Voor de auto is sprake van een variant van 700 en van 350 bar waterstof opslagdruk. Bij de bus is sprake van een 2mm en een 3mm diameter van de TPRD. Het verhoogde brandvermogen geldt

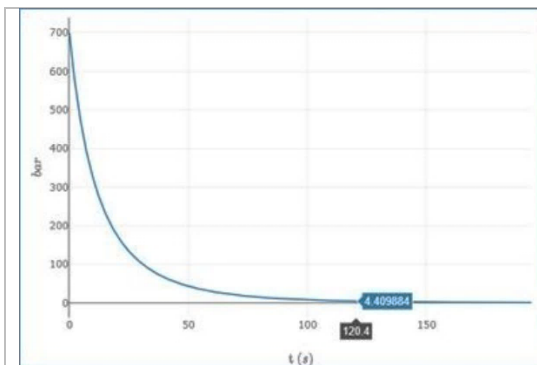
⁵⁰ In 2022 reed ca. 1 % van de Nederlandse vrachtwagens op LNG, waarvan ca. een kwart op bio-LNG. (Bio-)LNG wordt in ieder geval tot de verdere uitrol van elektrische vrachtwagens nog gezien als een schoner alternatief voor diesel (<https://fd.nl/bedrijfsleven/1455277/dure-Ing-groter-probleem-voor-vervoerders-dan-duurdere-diesel>).

⁵¹ Deze overdrukbeveiliging blijft, in afwijking van de TPRD, slechts open totdat te hoge druk is afgeblazen. Dit betekent dat de overdrukbeveiliging in geval van brand steeds opnieuw geactiveerd wordt.

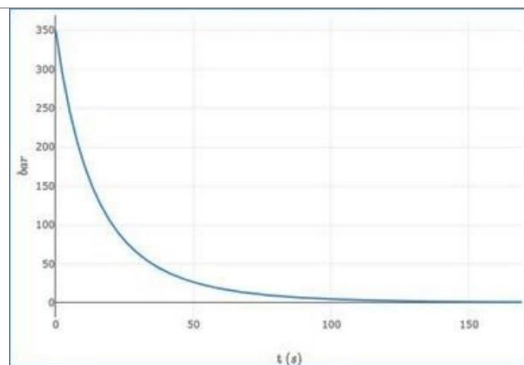
⁵² (Spoelstra, M.B., 2023).

⁵³ Afbeeldingen door M. Spoelstra via https://elab.hysafer.ulster.ac.uk/integrated/adiabatic_blowdown/output.

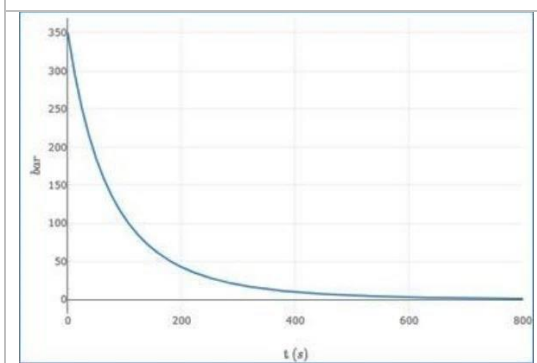
voor auto's hoofdzakelijk in de eerste minuut en bij bussen de eerste twee minuten. Dit valt af te lezen uit de snelle drukafname (en dus hoge uitstroom van waterstof) tot circa 50 seconden bij auto's en circa 100 seconden bij bussen. Hoewel we geen data hebben van andere voertuigen op waterstof, is er geen reden om aan te nemen dat deze bijvoorbeeld voor vrachtwagens anders zijn.



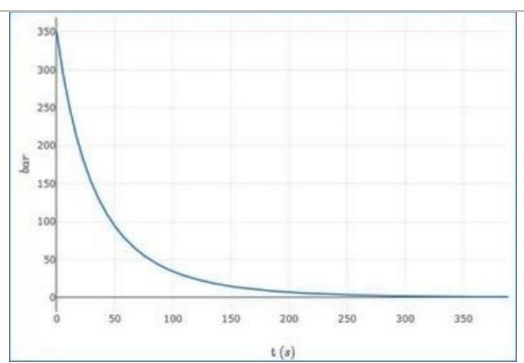
Figuur 4.1 Auto, 700 bar, 60L, 2 mm TPRD



Figuur 4.2 Auto, 350 bar, 60L, 2mm TPRD



Figuur 4.3 Bus, 350 bar, 310L, 2mm



Figuur 4.4 Bus, 350 bar, 310L, 3mm

Bovenstaande informatie is ook van toepassing op het brandverloop van waterstofvoertuigen. De tijd tot het piekvermogen is afhankelijk van de warmtestraling (Tamura & Sato, 2017), maar mag voor auto's en bussen volgens de regelgeving nooit meer dan 10 minuten bedragen (Kim et al., 2023). Branden in voertuigen met gecomprimeerde gassen verschillen verder qua brandverloop van conventionele voertuigen, omdat ze mogelijk uitmonden in fakkel- of wolkbranden.

Een incident dat volgt uit een aanrijding met een waterstofvrachtauto, kan op basis van effectmodellering bijvoorbeeld leiden tot een wolkbrand van 50 meter; voor een vrachtauto op CNG kan een dergelijk incident leiden tot een fakkelbrand van 27 meter. Beide types vrachtwagens kunnen, bij een combinatie van brand en het falen van de TPRD, ook resulteren in een vuurbal van respectievelijk 12 en 18 meter (Reinders, J., et al., 2023).

Waterstofvoertuig⁵⁴

De waterstof is opgeslagen in een of meer druktanks van 350 tot 700 bar. In geval van brand in een dergelijk voertuig kan, ter voorkoming van een explosie in de druktank, de TPRD geactiveerd worden. Indien dit gebeurt, zal de tank binnen 1,5 à 3 minuten aflazen, waarbij de opgeslagen waterstof

⁵⁴ Fuel cell electric vehicle (FCEV).

vrijkomt. Indien deze direct ontbrandt, kan dit een fakkelbrand tot gevolg hebben. Een H₂ fakkelbrand is met het blote oog niet goed zichtbaar. De fakkel is wél duidelijk te horen.

4.5 Expertessie

Tijdens de expertessie bij het NIPV werd ook geconstateerd dat een bijkomend gevaar van de toenemende diversiteit in de brandstoffen schuilt in een gebrek aan informatie over de soorten aanwezige brandstoffen tijdens een brand. Wanneer onduidelijk is welke brandstoffen bij een tunnelbrand betrokken zijn, is evenmin duidelijk met welke (combinatie van) risico's de brandweer rekening moet houden. Deze toenemende onzekerheid leidt er mogelijk toe dat de brandweer in brandsituaties terughoudender zal worden in haar optreden.

4.6 Samenvattend

In voorgaande hoofdstukken is reeds beschreven dat een brandbestrijding in een wegtunnel, zelfs wanneer alle tunnelvoorzieningen naar behoren functioneren, complex en niet zonder risico is. De huidige en aankomende veranderingen in de brandstoffenmix van het wagenpark leiden ertoe dat de brandbestrijding in wegtunnels nóg complexer wordt vanwege nieuwe onzekerheden en risico's. We constateren wel dat het brandverloop van nieuwe brandstoffen grotendeels vergelijkbaar is met dat van conventionele brandstoffen. Tabel 4.1 toont het brandvermogen en brandverloop van duurzame aandrijfmogelijkheden van voertuigen in vergelijking met conventionele brandstoffen.

Tabel 4.1 Brandvermogen en -verloop van duurzame aandrijfmogelijkheden van voertuigen, vergeleken met conventionele brandstoffen (benzine / diesel)

	Brandvermogen*	Brandverloop*
Batterij Elektrisch	Vergelijkbaar	Mogelijk gekenmerkt door meerdere pieken
Vloeibare bio-brandstoffen	Lager	Vergelijkbaar
Tot vloeistof gebrachte gassen	Vergelijkbaar	Kans op fakkelbrand en BLEVE, mogelijk meerdere pieken
Gecomprimeerde gassen	Vergelijkbaar	Kans op fakkelbrand en BLEVE, mogelijk meerdere pieken

Duurzame brandstofontwikkelingen vinden met name plaats op het gebied van batterij-elektrisch, vloeibare bio-brandstoffen (bio-ethanol en biodiesel), tot vloeistof verdichte gassen (LNG en LPG) en gecomprimeerde gassen (waterstof en CNG).⁵⁵ De brandscenario's (brandvermogen en brandverloop) zijn, met uitzondering van batterij-elektrisch, redelijk vergelijkbaar met die van fossiele brandstoffen. In de toekomst zullen we dus

⁵⁵ Daarbij wordt volledigheidshalve opgemerkt fakkelbranden nu ook al voorkomen, maar door de introductie van nieuwe brandstoffen de kans erop mogelijk is toegenomen.

branden blijven zien die vergelijkbaar zijn met de huidige benzine- en dieselbranden. Ook het risico op explosies blijft bestaan, zoals we die nu kennen voor LPG-voertuigen. Voertuigbranden in elektrische voertuigen kunnen echter, wanneer de batterij in thermal runaway raakt, wel zorgen voor een ander brandverloop. Daarnaast zal de brandbestrijding in tunnels van elektrisch aangedreven vrachtwagens en bussen tot specifieke vraagstukken leiden: deze dompel je in een tunnel immers niet eenvoudig onder water in een dompelcontainer, zoals elektrische personenvoertuigen.

5 Toekomstige ontwikkelingen binnen de brandbestrijding

In hoofdstuk 1 is vastgesteld dat de brandomvang en de hiermee samenhangende risico's, en het al dan niet functioneren van de tunnelventilatie voor een groot deel bepalend zijn voor de te kiezen brandbestrijdingstactiek. In hoofdstuk 4 is omschreven dat de introductie van nieuwe type brandstoffen nieuwe onzekerheden en risico's met zich meebrengt. Dit laatste leidt tot een complexere brandbestrijding in wegtunnels vanwege de grotere variatie in brandtypen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de ontwikkelingen in de brandbestrijding die kunnen worden toegepast tijdens de bestrijding van tunnelbranden in samenhang met de reeds aanwezige preventieve voorzieningen in wegtunnels. Er zijn verschillende maatregelen die een verdere brandontwikkeling voorkomen, of de kans op een veilige en effectieve brandbestrijding binnen de incidentbuis vergroten. Deze maatregelen komen aan bod in paragraaf 5.1. In paragraaf 5.2 bevat een samenvattend overzicht.

5.1 Ontwikkelingen in de brandbestrijding

Uit de bevindingen in hoofdstuk 1 en hoofdstuk 4 blijkt, mede door de verduurzaming van het wagenpark, een toenemende complexiteit bij brandbestrijding. Deze ontwikkelingen kunnen, eerder dan voorheen het geval was, leiden tot ongecontroleerde tunnelbranden. Dit heeft er mede toe geleid dat de brandweer de tot dusver gehanteerde brandbestrijdingsprincipes is gaan herzien. Het nieuwe uitgangspunt voor de brandweer is niet langer dat de brandbestrijding vanzelfsprekend (offensief) op de brandhaard zelf gericht is, maar dat er overwegingen zijn die kunnen leiden alternatieve brandbestrijdingstactieken buiten de brandruimte zelf. Deze (defensieve) bestrijdingstactieken zijn meer gericht op het voorkomen van verdere branduitbreiding buiten de brandruimte(n) (Brandweer Nederland, 2022) en (IFV, 2020b). Deze basisprincipes van brandbestrijding zijn ook in wegtunnels toepasbaar.

Bij brand in een wegtunnel zal de bevelvoerder ter plaatse, in overleg met de Officier van Dienst, een beslissing maken over de te volgen brandbestrijdingstactiek. Indien een brand 'klein' (< ~50 MW) is, dan zal meestal gekozen worden voor (offensieve) brandbestrijding binnen de incidentbuis, gericht op de brandhaard zelf. De effecten van zo'n 'gecontroleerde' brand, bijvoorbeeld voor wat betreft het schadebeeld, zullen doorgaans beperkt zijn.

Een brand die zich bij aankomst van de brandweer reeds heeft kunnen ontwikkelen tot een 'grote' brand (> ~50 MW), kan een veilige⁵⁶ en/of effectieve⁵⁷ brandbestrijding in de incidentbuis in de weg staan. Bovendien kunnen binnen een wegtunnel specifieke brandrisico's een rol van betekenis spelen. Denk hierbij aan:

⁵⁶ Bijvoorbeeld omdat de RSTV-signalen ((R) rook, (S) stroming, (T) temperatuur, (V) vlammen) zodanig zijn dat er van een veilige brandbestrijding geen sprake is.

⁵⁷ Bijvoorbeeld omdat de brandhaard niet bekend of bereikbaar is, of omdat er niet voldoende koelend vermogen (bluswater) beschikbaar is.

- > De aanwezigheid van gevaarlijke stoffen, waaronder tankwagen(s) met een brandbare vloeistof of gas.
- > De aanwezigheid van drukcilinders, waaronder de brandstoftank van CNG-, LNG- en waterstofvoertuigen.
- > Het (lokaal) bezwijken van constructiedelen, bijvoorbeeld door het (grootschalig) afspatten van beton.
- > De aanwezigheid van li-lon accu's, in elektrische voertuigen en de uitdagingen die hier mee samenhangen.

In situaties met grote brandrisico's zal tegenwoordig en in de toekomst eerder door de brandweer gekozen worden voor een brandbestrijding vanuit de ondersteunende tunnelbuis of vanuit de tunnelmond, gericht op het voorkomen van verdere escalatie van de brand. De brand in de incidentbuis is daarmee ongecontroleerd het geen van grote invloed is op:

- > **Brandweerinzet:** Een niet gecontroleerde tunnelbrand kan tot een onevenredig grote, en langdurige inzet van de hulpdiensten leiden. Een dergelijk complex incident brengt bovendien risico's voor de hulpverleners met zich mee.
- > **Schadebeperking:** Een niet gecontroleerde brand kan tot aanzienlijke schade aan de tunnelconstructie en aan de in de tunnel aanwezige installaties leiden.
- > **Maatschappelijk- en bestuurlijk afbreukrisico:** Een niet gecontroleerde brand kan leiden tot indirecte schade door langdurige beperkingen voor de verkeersafwikkeling en maatschappelijke ontwrichting door een beperkte bereikbaarheid van gebieden. Dit gevolg vormt een maatschappelijk- en bestuurlijk afbreukrisico voor het lokaal bevoegd gezag.
- > **Milieu en duurzaamheid:** Een niet gecontroleerde brand is uit het oogpunt van milieu en duurzaamheid zeer ongewenst. Dit betreft zowel de ecologische gevolgen van de brand zelf door rookverspreiding en de afvoer van vervuild bluswater in het rondwater als de ecologische belasting die herstel of vervangingswerkzaamheden met zich meebrengt.

Het bovenstaande onderschrijft het fundamentele belang om de brand zo klein als mogelijk te houden. Om dit te bereiken, zijn er diverse maatregelen mogelijk die een verdere brandontwikkeling voorkomen, of de kans op een veilige en effectieve brandbestrijding⁵⁸ binnen de incidentbuis doen vergroten. De ontwikkelingen zijn onder te verdelen in (aanvullende) procedures, technieken en voorzieningen; ze zijn geïnventariseerd door middel van een korte uitvraag bij collegae binnen het NIPV die onderzoek doen naar en lesgeven in brandbestrijding. Hieronder worden ze behandeld.

5.1.1 Informatievoorziening

Een goede informatievoorziening over de aard en omvang van de brand is essentieel voor een goede en veilige brandbestrijding. Op basis van wettelijke voorschriften wordt vanuit de wegverkeerscentrale de benodigde informatie gedeeld met de centrale meldkamer van de hulpdiensten. De wijze waarop de benodigde⁵⁹ informatie vervolgens wordt doorgezet naar de aanrijdende brandweervoertuigen, verschilt per veiligheidsregio. Nader onderzoek zou kunnen uitwijzen of standaardisatie op dit punt tot grote verbeteringen leidt. Bovendien is het

⁵⁸ Daarbij moet worden opgemerkt dat er voor wat betreft de aanwezige voorzieningen in wegtunnels in basis géén voorschot genomen moet worden op een te leveren repressieve prestatie door de brandweer. Voor de brandweer geldt een inzetverplichting en geen resultaatverplichting.

⁵⁹ Met 'benodigd' wordt bedoeld dat afgestemd moet worden welke informatie op welk moment voor wie noodzakelijk is. Een aanrijdend voertuig moet alle benodigde informatie krijgen, maar ook weer niet overvoerd worden met informatie.

technisch mogelijk om beeldmateriaal van de actuele situatie ter plaatse naar de aanrijdende voertuigen door te zetten. Daarvan wordt lang niet altijd gebruikgemaakt.

Ook is het technisch mogelijk om met behulp van camera's met nummerplaatherkenning gegevens over (onder meer) de brandstofsoort van een voertuig te achterhalen. Mogelijk kan op basis van deze gegevens tevens informatie worden verkregen over de lading in geval van transport van gevaarlijke stoffen. Deze informatievoorziening kan de kans op een effectieve brandbestrijding vergroten. Nader onderzoek zou kunnen uitwijzen wat de (on)mogelijkheden van een dergelijk systeem zijn en in hoeverre dit tot een significant veiliger situatie leidt.

5.1.2 Specialisering binnen de brandweer

Brandweermensen zijn generiek opgeleid. Dit betekent dat zij kennis hebben van veelvoorkomende gevaren en de bestrijding ervan in hun verzorgingsgebied. De samenleving wordt echter almaar complexer, en zo ook de incidenten. Om daar veilig en effectief mee om te kunnen gaan, is er een beweging naar meer specialisatie binnen de brandweer. Dit houdt in dat de brandweer voor speciale incidentcategorieën zogenaamde specialismen inricht. Zo zijn er verschillende regionale en nationale structuren ingericht om complexe of (zeer) grote branden te bestrijden. Enkele regionale voorbeelden hiervan zijn:

- > Veiligheidsregio Haaglanden: Specialistische (BAS – Brand als Specialisme) brandbestrijdingsteams voor de bestrijding van complexe branden.
- > Veiligheidsregio Amsterdam-Amstelland: Specialistische teams voor de bestrijding van ondergrondse branden (in ontwikkeling).

De ontwikkeling van regionale teams die aanvullend zijn opgeleid en getraind voor de brandbestrijding in wegtunnels, en de beschikking hebben over specialistisch blusmateriaal, kan significant van invloed zijn op de brandbestrijding en het brandverloop in de wegtunnel

5.1.3 Droneteams

Een droneteam bestaat uit een gezagvoerder of piloot en specialisten op het gebied van sensorbediening. Dit team van specialisten kan in geval van brand worden opgeroepen om met behulp van drones, voorzien van (warmtebeeld)camera's een goed overzichtsbeeld van de situatie ter plaats te verkrijgen. Bovendien kan (van boven af) worden ingezoomd, waardoor ook details beoordeeld kunnen worden. De meerwaarde van drones ligt momenteel vooral in de verkenning en beeldvorming bij brand. Met behulp van de in de wegtunnel aanwezige CCTV-camerabeelden kan momenteel echter al een goed beeld worden gevormd over de situatie ter plaatse. Drones vervullen momenteel (nog) geen rol in de brandbestrijding zelf.

5.1.4 O-bundels

De brandweer heeft in veel gevallen de beschikking over HD-slangen van 90 meter die op een haspel in de TS aanwezig zijn. Deze slangen zijn snel uit te rollen, maar hebben een beperkt debiet en leveren een beperkt koelend vermogen. Daarnaast heeft de brandweer de beschikking over LD-slangen. Dit zijn slangen met een lengte van 20 meter, die door middel van Storz-koppelingen aan elkaar worden gekoppeld. Het debiet (van 450 l/min) en het koelend vermogen (tot 10 MW) van dergelijke slangen is veel groter dan van HD-slangen. Het inzetgereed maken van deze slangen neemt relatief veel tijd in beslag. Steeds meer veiligheidsregio's maken echter gebruik van vernieuwde lage-druk-aflegsysteem, oftewel O-bundels.



Figuur 5.1 O-bundels (foto: Hans Hazebroek)

Een O-bundel is een in bundels gevouwen (dubbelwandige) LD-slang met een lengte van 20 meter. Deze slang heeft dezelfde capaciteit en koelend vermogen als een normale LD-slang en ook de werkdruk van 6-10 bar is vergelijkbaar. Het feit dat de slangen dubbelwandig zijn uitgevoerd maakt ze echter makkelijker hanteerbaar. Bovendien zijn de slangen in bundels op de TS opgeslagen. Bij het afleggen worden bundels iets opengevouwen op het verdeelstuk aangesloten (zie Figuur 5.1). Bij het opendraaien van het verdeelstuk 'ploppen' de slangen, waarna ze eenvoudig kunnen worden uitgelopen. Deze slangen zijn veel sneller inzetgereed dan reguliere LD-slangen. Wel is een hogere druk van rond de 8 bar nodig om de O-bundels te laten 'ploppen'. Daarnaast kan een te lage druk leiden tot het knikken van slangen.

5.1.5 Blusrobots

Een blusrobot is een op afstand bestuurbaar of autonoom opererend blussysteem met een groot koelend vermogen. Er zijn verscheidene merken en typen in omloop, met elk een verschillend formaat en mogelijkheden. Verschillende typen hebben daarbij ook de mogelijkheid om CAFS-schuim⁶⁰ bij te mengen, of zelfs voertuigen te verplaatsen. Het verslepen en afvoeren van voertuigen is doorgaans echter een taak van het bergingsbedrijf, dat hier specialistisch materieel voor heeft.

De meerwaarde van een blusrobot is, afhankelijk van het uitvoeringstype, aanzienlijk. Een blusrobot kan bij reeds ontwikkelde (grote) tunnelbranden worden ingezet onder omstandigheden die voor mensen te gevaarlijk zijn. Daarbij valt te denken aan hoge temperaturen, betonafspatting, bezwijken van constructiedelen en het risico op het afblazen of exploderen van druktanks. De kazernelocatie van de blusrobot bepaalt mede de tijd waarbinnen deze inzetgereed kan zijn. Een (autonoom opererende) blusrobot direct nabij de tunnel betekent dat deze relatief snel kan worden ingezet.

⁶⁰ CAFS: Compressed Air Foam System.



Figuur 5.2 LUF 60 blusrobot (foto: Veiligheidsregio Haaglanden)

5.1.6 Vastopgestelde brandbeheersingssystemen

Het wettelijk voorgeschreven standaard voorzieningenpakket in een wegtunnel voorziet in een veilige ontvluchting van aanwezige weggebruikers en vergroot de kans op een veilige en effectieve brandbestrijding door de brandweer. Dit voorzieningenpakket voorkomt echter niet dat een brand zich kan ontwikkelen tot een brandomvang waarbij brandbestrijding binnen de incidentbuis niet langer vanzelfsprekend is. Vastopgestelde brandbeheersingssystemen, ook wel sprinklerinstallaties genoemd, zijn (exclusief) ontworpen om een brand in een vroeg stadium te controleren om verdere brandontwikkeling te voorkomen.

Een brandbeheersingssysteem detecteert een brand, waarna het blusmiddel, meestal water, op de brandhaard wordt gebracht vanuit een of meerdere sproeikoppen die op regelmatige afstand van elkaar zijn gepositioneerd⁶¹.

Positionering van componenten:

De positionering van sproeikoppen en de hiermee samenhangende leidingen zal zich -logischerwijs- boven de rijbaan in de incidentbuis moeten bevinden. De positionering van overige componenten, zoals afsluiters en alarmkleppen kan echter in het technisch deel tussen beide tunnelbuizen liggen. Het onderhoud binnen de tunnelbuis is daarbij beperkt tot de sproeikoppen en kan 'in principe' gelijktijdig met de onderhoud- en inspectiewerkzaamheden van de overige, in de tunnel aanwezige installaties worden uitgevoerd.

Dit leidt tot het vroegtijdig controleren van de brand en, afhankelijk van de brandlocatie, mogelijk ook tot het blussen ervan. Een gecontroleerde brand leidt tot betere ruimtecondities in de incidentbuis wat zorgt voor een:

- > verbetering van ruimtecondities benedenwinds (Lemaire et al., 2008)
- > beperking van de kans op branduitbreiding tussen voertuigen (Huijben J.W. 2002)
- > beperking van risico's bij een tankwagen met een brandbare vloeistof of gas (Lemaire et al., 2008)
- > grotere kans op een veilige en effectieve brandbestrijding (Meijer et al., 2007).

⁶¹ Binnen wegtunnels worden pas na een vastgestelde tijd, om het verkeer tot stilstand te laten komen en een ontvluchting mogelijk te maken, gelijktijdig meerdere sprinklerkoppen geactiveerd.

Er bestaan verschillende brandbeheersingssystemen. Hiervan zijn, blijkens het onderzoek *Evaluatie vaste brandbestrijdingssystemen voor toepassing in wegtunnels* (Meijer et al., 2007), de volgende het meest veelbelovend:

- > watermistssystemen
- > (druk)blusschuimssystemen
- > sprinklersystemen
- > blusrobots (zie hiertoe paragraaf 5.1.5).

Afhankelijk van het soort voertuigbrand, heeft ieder brandbeheersingssysteem specifieke toepassingsmogelijkheden en beperkingen. Deze zijn in onderstaande tabel weergegeven. In de uitvoeringspraktijk blijkt een watermiststelsel, vaak de voorkeur van ontwikkelaars en beheerders van wegtunnels te genieten. Het beperkte watergebruik van watermistssystemen ten opzichte van de reguliere sprinklersystemen geeft hierin de doorslag (Liu, Y. et al., 2023).

Tabel 5.1 Toepassingsmogelijkheden van brandbeheersingssystemen (Liu, Y. et al., 2023).

	Vrachtwagen ladingbrand	Brandbare vloeistof	Personenauto/bus batterij	Personenauto/bus verbrandingsmotor
Watermist	Toepasbaar	Toepasbaar	Toepasbaar	Toepasbaar
Blusschuim	Toepasbaar	Toepasbaar	Afhankelijk van de uitvoering	Afhankelijk van de uitvoering
Sprinkler	Toepasbaar	Niet aangeraden	Toepasbaar	Toepasbaar

Daarnaast hebben er de afgelopen jaren diverse ontwikkelingen op het gebied van brandbestrijdingssystemen in wegtunnels plaatsgevonden. Er zijn verschillende systemen, met wegtunnels als specifiek toepassingsgebied ontwikkeld. Daarbij is, middels uitgebreide beproevingen, de effectieve werking aangetoond. Dit maakt dergelijke systemen, meer dan voorheen het geval was, beter en breder toepasbaar in wegtunnels.

Maatschappelijke kosten-batenanalyse:

In het rapport *Watermiststelsel A2 Leidsche Rijntunnel - Maatschappelijke kosten-batenanalyse* (Peters et al., 2016) wordt geconcludeerd dat de kosten voor realisatie en onderhoud van een (watermist)installatie hoger zijn dan de voordelen die een dergelijke installatie in geval van brand oplevert. De recente voertuigontwikkelingen (na 2016) en brandbestrijdingsopvattingen, zoals omschreven in paragraaf 5.1 zijn hierin nog niet in meegenomen.

In het licht van de in paragraaf 5.1 beschreven actuele maatschappelijke ontwikkelingen en toegenomen kennis omtrent het gebruik van brandbeheersingssystemen in wegtunnels ligt een nader onderzoek naar de effecten van brandbeheersingssystemen op brandontwikkeling, de vluchtveiligheid en inzetmogelijkheden voor de brandweer in Nederlandse wegtunnels voor de hand. Mogelijk dat een innovatief systeem van autonoom opererende mobiele blusmonitoren hierin van meerwaarde kan blijken.

5.1.7 Brandbestrijdingssystemen in voertuigen

Hiervoor is reeds het belang van het klein houden van brand omschreven. Een motor-management- en brandbestrijdingssysteem in voertuigen is in staat om vroegtijdig gebreken en/of temperatuuropbouw in het motorcompartiment van een voertuig te detecteren en zo nodig mitigerende maatregelen te treffen. Een brand kan dan mogelijk voorkomen worden, of zo nodig binnen het motor/accu compartiment zelf bestreden worden. De brand is dan nog zeer beperkt in omvang. Dit systeem is voor nieuwe M₂/M₃⁶² bussen verplicht⁶³. Het is echter niet aannemelijk dat alle voertuigen, waaronder M₁ personenauto's, ook met een dergelijk systeem worden uitgerust. De meerwaarde van deze oplossing is dan ook beperkt.

5.1.8 Alternatieven voor fluorvrij blusschuim

Met het aanstaande verbod op PFAS is het noodzakelijk om te komen tot fluorvrij alternatieven voor het bekende AFFF-blusschuim. Daarbij moeten vanzelfsprekend de branden met de nu gebruikte brandstoffen zoals E10 en Diesel kunnen worden bestreden (H2K, 2023). Momenteel gebruikt Rijkswaterstaat daarom STHAMEX fluorvrij blusschuim-concentraat. Er zijn vooralsnog geen alternatieven bekend die significant beter geschikt zijn voor de bestrijding van branden met nieuwe brandstoffen. Bij bio-based brandstoffen volstaat STHAMEX en bij een blussing van batterijpakketten moet een blussing bij voorkeur in de batterijcel plaatsvinden. Dit is met behulp van een slanghaspel met schuimbijmenging niet mogelijk. De meerwaarde van een alternatief blusschuim naast STHAMEX is daarmee vooralsnog beperkt.

5.1.9 Bijzondere brandbestrijdingsmaterieel

Speciaal blusvoertuig



Figuur 5.3 Januskop (foto: Toni-Maurer)

Er zijn verschillende bijzondere voertuigen die in Frankrijk en Zwitserland bij de brandbestrijding in wegtunnels gebruikt worden. Dit zijn de Januskop (met besturing aan beide

⁶² Regeling voertuigen

⁶³ UN Regulation No. 107 14 February 2023.

zijden van het voertuig), in hoogte verstelbare voertuigen, en voertuigen waarbij de cabine op overdruk gezet kan worden om rookindringing te voorkomen. Dit zijn in principe voertuigen die ofwel onder- of dóór de rooklaag kunnen rijden, of voertuigen waarmee een snellere terugtocht mogelijk is. Deze voertuigen zijn vooral van meerwaarde in situaties waarbij sprake is van één tunnelbuis met twee rijrichtingen. De brandbestrijding vindt hier, noodzakelijkerwijs, via de incidentbuis plaats. In Nederland komen deze tunnels echter niet voor, en vindt een brandweerinzet altijd via de rookvrije ondersteunende buis en bovenwinds plaats. Deze voertuigen hebben voor Nederland dan ook een zeer beperkte meerwaarde.

Blusdekens en brandwerende dekens

Een blusdeken kan bij brandbestrijding van elektrische voertuigen worden ingezet. Een blusdeken is een hittebestendige deken⁶⁴ die door twee of meer personen over het voertuig heen wordt getrokken en vervolgens rond de auto moet worden 'ingestopt'. Hierbij moet de brand (zeer) dicht worden benaderd. Dit vraagt specialistische kennis en ervaring en is niet geheel zonder risico's. Hoewel een voertuigbrand op deze manier kan worden gedoofd, stopt zo niet het proces van thermal runaway dat plaatsvindt in de batterij.⁶⁵ De blusdekens is dan ook van beperkte meerwaarde. In Duitsland en Oostenrijk worden daarnaast brandwerende dekens ontwikkeld. Nadeel hiervan is dat de auto op de deken moet worden gereden, waarna de brandwerende deken om de auto wordt gevouwen. Dit is bij de brandbestrijding in wegtunnels niet mogelijk. De blus- en brandwerende deken heeft, in relatie tot tunnelbrandbestrijding, een zeer beperkte meerwaarde (Hessels, T., et al., 2023).

Cobra- of Coldcutters

Een Cobra- of Coldcutter is een hogedruk snij- en blussysteem dat werkt bij 300 bar en waarmee (bijvoorbeeld) het batterijpakket kan worden geopenetreerd, zodat water naar binnen kan worden gebracht. Op deze manier zou een eventuele thermal runaway kunnen worden geblust. De afgeschermd positie van het batterijpakket in het voertuig, evenals de afscherming van het batterijpakket zelf én de individuele cellen maken dat het op de juiste wijze penetreren van het batterijpakket lastig is. Bovendien kan de hoge waterdruk leiden tot het (explosief) wegschieten van batterijdelen bij de penetratie. De daadwerkelijke meerwaarde zou dan ook nader moeten worden onderzocht (Hessels, T., et al., 2023).

BEST batterij blussysteem of AVL- Stingray

Deze blussysteem zijn in principe vergelijkbaar met de Cobra of Coldcutter zoals hierboven beschreven. Het Best batterij blussysteem wordt onder een auto geschoven, waarna een doorborend mondstuk van onderen in het batterijpakket wordt geslagen. Bij de AVL-Stingray wordt het systeem binnen de carrosserie van de auto geplaatst waarna het batterijpakket via de vloer van de carrosserie in het batterijpakket wordt ingeslagen. In beide gevallen wordt daarna via het mondstuk water direct in het batterijpakket gebracht. Het is niet bekend in hoeverre deze systemen ook bij batterijpakketten dieper in de auto kunnen worden ingezet. Er zijn op het moment bij het NIPV geen praktijkervaringen bekend met de inzet van dit systeem bij branden in elektrische voertuigen (Hessels, T., et al., 2023).

Mobiele sprinkler

Een mobiele sprinklerinstallatie is een (verplaatsbaar) systeem dat boven, tussen of onder personenvoertuigen kan worden geplaatst. Dit dient door brandweerpersoneel of een robot

⁶⁴ Uitgevoerd als deken maar mogelijk ook als 'tentachtige constructie'

⁶⁵ *Onderzoek dompelcontainers. Een beoordeling van de dompelcontainer en andere alternatieven* (Hessels, T., et al., 2023).

te gebeuren. Het kan ook stationair worden ingebouwd in bijvoorbeeld een parkeergarage of een container voor berging. Met het systeem kan branduitbreiding worden voorkomen door het boven of tussen voertuigen te plaatsen als een watergordijn. Het systeem biedt ook de mogelijkheid om onder een elektrische personenauto te worden geschoven. Hiermee kunnen eventuele vlammen worden afgebroken en vrijkomende gassen worden ‘gewassen’. Het systeem heeft hiervoor een constante stroom aan water nodig (Hessels, T., et al., 2023).

Dompelcontainer

De dompelcontainer is een vloeistofdichte container waarin een personenvoertuig of ander object geplaatst kan worden. De container dient ter plaatse te worden gebracht, bijvoorbeeld op het laadplateau van een sleepwagen of met behulp van een voertuig met een haakarm-chassis. Er bestaan diverse varianten, onder andere met een laadklep en lierinrichting om de auto in de container te lieren, of met een dichte bak waar de auto in getakeld wordt. Dompelcontainers worden in Nederland ingezet om elektrische (personen) voertuigen die in brand staan of hebben gestaan en (mogelijk) instabiel zijn voor langere tijd in water te dompelen om het (dreigende) proces van thermal runaway te stoppen.

In Nederland zijn dompelcontainers in gebruik bij bergingsbedrijven. De procedure is dat de brandweer in het open veld de vlammen dooft van het brandende elektrische voertuig, waarna het voertuig in de container wordt getakeld. De berger rijdt met het voertuig naar een speciaal hiertoe ingericht plek, waar de container gevuld wordt met water. Daar blijft het voertuig staan, zolang er sprake is van (een kans op) een thermal runaway (Hessels, T., et al., 2023).

5.2 Samenvattend

Hieronder staat een schematisch overzicht van de risico's die het gevolg zijn van de verduurzaming van het wagenpark en de ontwikkelingen die bijdragen aan de kans op een effectieve brandbestrijding in wegtunnels.

Tabel 5.2 Risico's als gevolg van de verduurzaming van het wagenpark en ontwikkelingen en maatregelen ten behoeve van de brandbestrijding

Additionele risico's	Maatregelen
Onzekere brandcondities door onbekende combinatie(s) van brandstofsoorten van bij ongevallen betrokken voertuigen in de wegtunnel	<ul style="list-style-type: none"> > Informatievoorziening vanuit de meldkamer standaardiseren. > CCTV-beelden doorzetten naar aanrijdende voertuigen. > Kentekenregistratie van de in de tunnel aanwezige en bij brand betrokken voertuigen. > Inzetten van landelijk of regionaal opererende specialisten. > Gebruik van snel inzetbare O-bundels met een groot koelend vermogen. > Gebruik van vastopgestelde blusinstallatie in de vorm van sprinkler, watermistinstallatie of gestuurde blusmonitoren om de brand vroegtijdig te beheersen dan wel te blussen. > Gebruik van autonoom opererende of gestuurde blusrobots in situaties waarbij een brandweerinzet te risicovol is, zoals grote branden.

Specifieke uitdagingen	> Inzetten van landelijk of regionaal opererende specialisten.
nieuwe brandstofsoorten	> Gebruik van snel inzetbare O-bundels met een groot koelend vermogen.
Afblazen druktanks	> Gebruik van vastopgestelde blusinstallatie in de vorm van sprinkler, watermistinstallatie of gestuurde blusmonitoren om de brand vroegtijdig te beheersen dan wel te blussen.
Brandbestrijding batterijpakketten	> Gebruik van autonoom opererende of gestuurde blusrobots in situaties waarbij een brandweerinzet te risicovol is, zoals de kans op een afblazende of exploderende tank.
	> Gebruik van Cobra / Coldcutters of BEST blussysteem om het batterijpakket en de batterijcel te doordringen.
	> Gebruik van een dompelcontainer nabij de tunnel voor batterij-elektrische personenvoertuigen.

6 Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk beantwoorden wij de gestelde deelvragen waarna, aan de hand van de beantwoorde deelvragen de (hoofd)onderzoeksvraag beantwoord wordt. Tot slot formuleren we aanbevelingen om de brandbestrijding in wegtunnels in te richten met het oog op de ontwikkelingen zoals we die hebben geïdentificeerd.

6.1 Beantwoording van de deelvragen

Deelvraag 1

Welke eisen gelden er momenteel voor de bluswatervoorziening en hulpposten in de wegtunnel? Hierbij wordt waarbij extra aandacht wordt besteed aan:

- > *de benodigde debieten en druk*
- > *de inhoud van de hulpposten*
- > *de wandcontactdozen in de hulpposten.*

In wegtunnels moet een bluswatervoorziening aanwezig zijn die in geval van brand gedurende ten minste 60 minuten een capaciteit van minimaal 120 m³/h bij een druk van 8 bar kan leveren. Er zijn geen wettelijke voorschriften die eisen stellen aan een minimale en maximale druk in het blussysteem.

In wegtunnels zijn 'grote' hulpposten type 1 en eventueel 'kleine' hulpposten type 2 aanwezig. In de hulpposten type 1 bevinden zich draagbare blustoestellen en slanghaspels (met schuimbijmenging). Deze voorzieningen kunnen door zowel weggebruikers als brandweer gebruikt worden. De veiligheid van de weggebruikers, ook gedurende een blussing, is vanzelfsprekend van groot belang.

Daarnaast bevindt er zich in de hulpposten type 1 een brandslang aansluiting voor de brandweer. Volgens de LTS zouden hierop tegelijkertijd een straatwaterkanon en een tweetal hand stralen moeten kunnen worden afgelegd. Op basis van de huidige maximale debieten van een straatwaterkanon (2000 l/min) en LD-straal (450 l/min) volstaat de voorgeschreven capaciteit van 120 m³/h niet.

In de hulppost type 1 en type 2 bevinden zich respectievelijk drie en één wandcontactdoos-aansluitingen.

Deelvraag 2

Welke uitgangspunten gelden er momenteel voor de brandbestrijding in wegtunnels?

De reguliere bestrijdingsprocedure is voor tunnelbranden behoorlijk gestandaardiseerd in Nederland. Toch zijn er verschillende redenen om van deze uniforme werkwijze deels af te wijken. Hierbij valt onder meer te denken aan regionale afwegingen en beleidskeuzes of de beslissingsbevoegdheid van de bevelvoerder ter plaatse om desgewenst af te wijken van deze procedure.

De wijze van inzet wordt sterk bepaald door de brandomvang. Bij een kleine brandomvang (< ~50 MW) is offensieve brandbestrijding gericht op de brandhaard aannemelijk. Bij een grotere brandomvang (> ~50 MW) is de kans op brandbestrijding binnen de incidentbuis beperkt. De bevelvoerder zal dan eerder voor een defensieve brandbestrijdingstactiek kiezen gericht op het voorkomen van verdere branduitbreiding. Naast de brandomvang spelen bij wegtunnels ook een aantal specifieke brandrisico's een rol van betekenis. Dit maakt dat de brandweer minder offensief is geworden in haar optreden in de incidentbuis.

Deelvraag 3

Welke ontwikkelingen die relevant zijn voor de brandontwikkeling, zijn er de komende tien jaar in het wagenpark te verwachten voor wat betreft duurzame brandstoffen en tot welke typerende brandscenario's leidt dit?

We hebben typische brandvermogens en een typisch brandverloop voor incidenten met verschillende aandrijfmogelijkheden in beeld gebracht voor duurzame brandstoffen: batterijen, vloeibare biobrandstoffen, tot vloeistof gebrachte gassen (zoals LNG) en gecompriëerde gassen (zoals waterstof). Vergeleken met conventionele voertuigen (die rijden op benzine en diesel) zien we geen grote veranderingen in het brandvermogen per voertuig. Ook het brandverloop van duurzaam aangedreven voertuigen kent veel overeenkomsten met incidenten die we nu al kennen van fossiel aangedreven voertuigen. Het brandverloop van incidenten met elektrische voertuigen vormt hierop een uitzondering, omdat hier sprake kan zijn van meerdere (en terugkerende) ontbrandingen, en dat gedurende een lange periode.

Ondanks de overeenkomsten is de toenemende diversiteit aan brandstoffen een uitdaging voor de brandweer vanwege de combinatie van gevaren, de verschillende benodigde brandbestrijdingstechnieken en mogelijk ontbrekende informatie over de brandstoffen die aanwezig zijn.

Deelvraag 4

Welke ontwikkelingen zijn er gaande in de brandbestrijding, wat betreft brandweermaterieel en brandbestrijdingstactieken, die per typerend brandscenario kunnen worden toegepast in samenhang met de reeds aanwezige preventieve voorzieningen in een wegtunnel?

Maatschappelijke veranderingen, zoals de verduurzaming van het wagenpark en de introductie van duurzame brandstofsoorten leiden tot een toenemende complexiteit bij brandbestrijding. Dit maakt dat de brandweer minder offensief is geworden in haar optreden.

Het gebruik van actueel beeldmateriaal vanuit de tunnel via de verkeerscentrale naar de meldkamer en/of de TS kan de brandweer ondersteunen bij de brandbestrijding.. Ook kan met kentekenherkenning extra informatie verschaft worden over de betrokken voertuigen. Verder is er sprake van de ontwikkeling van specialismen binnen de brandweer, de inzet van droneteams, blusrobots en O-bundels en enkele technische hulpmiddelen zoals het gebruik van dompelcontainers, Cobra- of Coldcutters evenals het BEST- of AVL-Stingray systeem kunnen de brandbestrijding in de toekomst verder ondersteunen. Een aantal hulpmiddelen is minder geschikt voor de situatie in Nederland. Ten slotte zijn er de vastopgestelde brandbeheersingssystemen en de alternatieven voor fluorhoudend schuim..

Deelvraag 5

Welke mogelijkheden voor heroverweging of optimalisatie zijn er op basis van de beantwoording van deelvraag 1 t/m 4 voor:

- > de tunneluitrusting (hulpposten)
- > brandbestrijdingstactieken
- > de opleidingsbehoefte van bijvoorbeeld de tunnelbeheerder of, veiligheidsrisico's?

Tunneluitrusting/hulpposten

De inrichting van de hulpposten zou beschouwd moeten worden tegen de achtergrond van bevindingen in deze rapportage. Dit betekent, dat de bepaling van de dynamische (werk) druk van 8-10 bar bij een afname van 120m³/h en statische druk van maximaal 12 bar, de basis moeten zijn voor de bluswatervoorziening in wegtunnels.

Ook de wettelijk voorgeschreven capaciteit van de bluswatervoorziening (120 m³/h) staat ter discussie. Op basis van de huidige debieten is een inzet met een straatwaterkanon ófwel een inzet met maximaal vijf handstralen mogelijk. Dit betekent dat bij grotere branden (>50MW) een secundaire bluswatervoorziening met behulp van een TS en mogelijk GWT moet worden opgezet. Hoewel deze opbouw van slagkracht ontegenzeggelijk tijd in beslag neemt is er vooralsnog geen reden om deze uitgangspunten aan te passen. Ten slotte kan op basis van de huidige GHOR inzichten volstaan worden met één wandcontactdoos per hulppost.

Brandbestrijdingstactieken

De reguliere bestrijdingsprocedure is voor tunnelbranden behoorlijk gestandaardiseerd. Regionale afwijkingen van deze werkwijze, ontwikkelingen in het wagenpark en ontwikkelingen binnen de brandweer maken echter duidelijk dat de reguliere procedure⁶⁶ heroverwogen zou moeten worden op de volgende onderdelen:

- > openhouden van de vluchtdeur
- > tweezijdig aanrijden
- > additionele gevaren als gevolg van verduurzaming van het wagenpark
- > elementen uit de toekomstvisie van Brandweer Nederland ten aanzien van tunnelveiligheid
- > specialistische (brandweer)hulpmiddelen.

Opleidingsbehoefte

Als de inhoud van de hulpposten en de reguliere brandbestrijdingstactieken zijn heroverwogen, is het evident dat de organisaties en functionarissen die betrokken zijn bij de brandbestrijding in wegtunnels hierin worden geschoold. Voor de brandweer geldt hierbij nog een extra vraagstuk, namelijk of zij wenst over te gaan tot de ontwikkeling van het specialisme 'tunnelbrandbestrijding'.

Deelvraag 6

Van welk restrisico is sprake, ofwel: voor welke incidentscenario's zijn de tunneluitrusting en brandbestrijdingstactieken niet toereikend?

Er zal altijd sprake zijn van een restrisico. Dit zijn de risico's die resteren, nadat al het mogelijke is gedaan om incidenten te voorkomen. Grote branden (> ~50MW) zullen, net als in de huidige situatie, niet per definitie veilig effectief bestreden kunnen worden door de inzet

⁶⁶ Met onverminderd de mogelijkheid tot afwijken ter plaatse.

van brandweermensen in de incidentbuis. Daarmee vormen deze incidenten het restrisico in wegtunnels.

De gestelde grenswaarde van 50 MW moet niet als absoluut gegeven gezien worden. De kans op een veilige en effectieve brandbestrijding bestaat ontegenzeggelijk ook bij branden groter dan 50 MW. Wel neemt de kans op een veilige en effectieve inzet steeds verder af, naarmate het brandvermogen toeneemt (*ceteris paribus*). Er zijn evenzeer situaties te benoemen waarbij een veilige en effectieve inzet al veel eerder onmogelijk wordt.

Het is dus zaak om branden in grote voertuigen zoals bussen en vrachtwagens, te voorkomen, en daar waar ze toch optreden, te blussen als ze nog klein zijn, en dus voordat de brand de kans krijgt om zich uit te breiden.

6.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen

Welke ontwikkelingen zijn er nu en binnen een periode van 10 jaar te verwachten die aanleiding geven om de tunnelbrandbestrijding in Nederland te heroverwegen?

Op basis van de beantwoording van de deelvragen hierboven zien we wel degelijk aanleiding om de tunnelbrandbestrijding in wegtunnels in Nederland te (her)overwegen. De redenen hiervoor zijn:

- De visie van brandweer Nederland op tunnelbrandbestrijding waaronder de algemene neiging van de brandweer om minder offensief op te treden (bij tunnelincidenten) en ruimte voor wat meer maatwerk (zoals openhouden van vluchtdeur, tweezijdig aanrijden, ...)
- De verduurzaming van het wagenpark met als gevolg complexere incidenten/branden
- De ontwikkeling van brandbestrijdingstactieken en -hulpmiddelen, zoals O-bundels, situatie/beeld-herkenningssystemen (CCTV, kentekenherkenning, ...) en vaste brandbestrijdingssystemen

6.3 Aanbevelingen

De beantwoording van de deelvragen en hoofdvraag leidt tot een aantal aanbevelingen.

Aanbeveling 1: In hulppost type 1 bevinden zich drie wandcontactdoos- aansluitingen. Veranderende uitgangspunten van de GHOR leiden ertoe dat voor GHOR-activiteiten volstaan kan worden met één wandcontactdoosaansluiting per hulppost. Wij bevelen aan om dit op te nemen in wet- en regelgeving, wat een verlichting van de voorschriften zal zijn. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat.

Aanbeveling 2: Aanbevolen wordt om nader te onderzoeken in hoeverre een standaardisering van informatieoverdracht tussen de meldkamer van de hulpdiensten en de aanrijdende voertuigen leidt tot een verbetering in de informatievoorziening. Daarbij moet worden onderzocht in hoeverre het doorzetten van CCTV-camerabeelden uit de tunnel naar de aanrijdende voertuigen van significante meerwaarde is. Dit betreft een aanbeveling voor Brandweer Nederland.

Aanbeveling 3: Aanbevolen wordt om nader te onderzoeken in hoeverre met nummerplaatherkenning door camera's boven de tunnelingang betrouwbare informatie kan worden verkregen over de in de tunnel aanwezige voertuigen. Denk hierbij aan de brandstofsoort van het betreffende voertuig of eventueel de lading (bij transport van gevaarlijke stoffen). Dit geeft bij een incident/brand, mogelijk een goed beeld van de incident/brandsituatie. Daarbij moet ook worden bekeken of deze informatie zou leiden tot aanpassing in de brandbestrijding door de brandweer. Wanneer dit wordt opgenomen in wet- en regelgeving, dan betreft dit een verzwaring van de voorschriften. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat en Brandweer Nederland.

Aanbeveling 4: Verken de wenselijkheid van gespecialiseerde regionaal opererende brandweerteams, die (onder andere) gespecialiseerd zijn in 'complexe' tunnelbandbestrijding. Dergelijke gespecialiseerde teams worden binnen de regio's aanvullend getraind in tunnelbandbestrijding, hebben een goede kennis over de werking van de in de tunnel aanwezige voorzieningen en hebben mogelijk aanvullend (specialistisch) materieel. Een combinatie met specialistische brandbestrijdingsvoorzieningen zoals de blusrobot of Cobra- of Coldcutter ligt voor de hand. Dit betreft een aanbeveling voor Brandweer Nederland.

Aanbeveling 5: Uit het oogpunt van een veilige en effectieve inzet van de blusmiddelen is een (dynamische) druk op de slanghaspel en brandslangaansluiting van 8 tot 10 bar bij een afname tot 120 m³/h aanbevolen. Voor de situaties zonder waterafname (statische druk) bevelen we een maximale druk aan van 12 bar (de maximale werkdruk van de aanwezige slanghaspels in de hulpposten) Wanneer dit wordt opgenomen in wet- en regelgeving, dan betreft dit een verzwaring van de voorschriften. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat.

Appreciatie Rijkswaterstaat:

"RWS herkent de rationale achter deze eisen, maar er is op dit moment nog twijfel over de technische haalbaarheid." Zie ook bijlage 5 van dit rapport voor nadere uitwerking door RWS van deze appreciatie.

Aanbeveling 6: De ontwikkelingen in het wagenpark kunnen leiden tot extra onzekerheid over de brandcondities ter plaatse. Wanneer een veilige en effectieve brandbestrijding door brandweerpersoneel niet meer mogelijk is, zou een inzet met een op afstand bestuurbaar of autonoom opererend blussysteem nog wel mogelijk zijn. Denk daarbij aan de inzet van een blusrobot of gestuurde blusmonitor. Wij bevelen aan om een dergelijk systeem in nabijheid van de tunnel beschikbaar te hebben, hetzij geregeld door de veiligheidsregio, hetzij door de tunnelbeheerder. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat en Brandweer Nederland.

Aanbeveling 7: De toenemende complexiteit bij brandbestrijding evenals de minder offensieve brandweershouding ten aanzien van bronbestrijding kunnen, eerder dan voorheen het geval was, leiden tot ongecontroleerde tunnelbranden. Een ongecontroleerde brand leidt tot een grote en lange inzet van de hulpdiensten hetgeen leidt tot risico's. Bovendien leidt een ongecontroleerde tunnelbrand tot schade aan de tunnelconstructie en aanwezige installaties. Ook kan een tunnelbrand leiden tot indirecte schade door langdurige verkeersstremmingen, en maatschappelijke ontwrichting door een beperkte bereikbaarheid van gebieden. Ook vanuit milieuoogpunt is een ongecontroleerde brand zeer onwenselijk. Het voorgenoemde onderschrijft het fundamentele belang van het klein houden van tunnelbranden.

Een vastopgesteld brandbestrijdingssysteem is ontworpen om een brand vroegtijdig te controleren en mogelijk zelfs te blussen. Wij bevelen aan om eerdere studies naar de mate waarin een vaste brandbestrijdingsinstallatie bijdraagt aan een veilige en beheersbare situatie in wegtunnels opnieuw te beschouwen. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat en Brandweer Nederland.

Appreciatie Rijkswaterstaat:

“Deze aanbeveling wordt niet onderschreven door RWS. De genoemde aspecten zijn reeds beschouwd in een MKBA in 2016 (Ecorys). De baten/kostenverhouding van WMS bleek 0,1 tot 0,2 te zijn, hetgeen betekent: verre van kosteneffectief.” Zie ook bijlage 5 van dit rapport voor nadere uitwerking door RWS van deze appreciatie.

Aanbeveling 8: Aanbevolen wordt om de effectiviteit van bestaande- en nieuwe brandbestrijdingstechnieken, bij voertuigen op alternatieve brandstoffen, nader te onderzoeken. Hierbij ‘moeten’ ook de (additionele) risico’s voor het brandweerpersoneel worden meegenomen. Hierbij valt te denken aan het gebruik van de Cobra / Cold-cutter, blusdekens of het BEST-blussysteem bij batterijpakketten. Dit betreft een aanbeveling voor Brandweer Nederland.

Aanbeveling 9: Voor grote duurzaam aangedreven voertuigen (bussen, vrachtwagens) ontbreken vastgestelde (tunnel)incidentbestrijdingsprocedures. Aanbevolen wordt om deze te ontwikkelen. Dit betreft een aanbeveling voor Brandweer Nederland.

Literatuur

- Barreveld, A., Boin, C., Van der Graaf, J., Rosmuller, N., (2023). *Evaluatie geschil RWS en bevoegd gezag inzake veiligheid Heinenoordtunnel, NIPV.*
- Brandweer Nederland (2022). *Doctrine brandbestrijding*. Instituut Fysieke Veiligheid.
- Boehmer, H., Klassen, M., Olenick, S.(2020). *Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers, FPRF*
- Cheong, M.K., Spearmint, M.J., Fleischmann C.M., (2008). *Design Fires Vehicles in Road Tunnels*, 7th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, Auckland, New Zealand, pp.229-240, 2008
- Flohr, R., Rosmuller, N., Van der Graaf, J., (2022). *Handreiking voor multidisciplinaire afstemming bij incidentbestrijding in wegtunnels, NIPV.*
- Hessels, T., Geertsema, T., (2023). *Onderzoek dompelcontainers- Een beoordeling van de dompelcontainer en andere alternatieven, NIPV.*
- Houthuijzen, A, Bolle, M. (2020). *Evaluatie vluchtconcepten rijkstunnels*. Royal Haskoning DHV, T&P-BG9694-100-101-R005-F1.1.
- Huijben, J.W. (2002). *Tests on fire detection systems and sprinkler in a tunnel*. Bouwdienst RWS.
- IFV. (2016a) *Handreiking voorbereiding tunnelincidentbestrijding*.
- IFV. (2020a). *Handvatten voor de bevelvoerder bij brandbestrijding in wegtunnels direct na melding*.
- IFV. (2020b) *Basisprincipes van brandbestrijding*.
- Kang, S., Kwon, M., Yoon Choi, J., & Choi, S. (2023). Full-scale fire testing of battery electric vehicles. *Applied Energy*, 332, 120497. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120497>.
- Kim, E., Kim, W. K., Kim, K. S., Park, G. T., Jun, H. B., Jung, C. H., & Kim, S. W. (2023). Minimum Fire Size for Hydrogen Storage Tank Fire Test Protocol and Design Guides for Hydrogen Bus Established via Risk-Based Approach. *Fire Technology*, 59(5), 2499–2515. <https://doi.org/10.1007/s10694-023-01432-5>.
- Laarschot, M. & Vis, H. (2022). *Onderzoek brandbestrijding wegtunnels - Openhouden vluchtdeuren, Delta Pi - 22.547-P22.005.03-LAM-VIH.*
- Lemaire, A.D. & Meeussen, V.J.A (2008). *Effects of water mist on real large tunnel fires: Experimental determination of BLEVE-risk and tenability during growth and suppression, 2008-Efectis-R0425.*
- Liu, Y. Cassady, S. Jones, E. & Pospisil P. (2023). *Review of design fire heat release rate for tunnels with fire suppression systems*. HNTB Corporation
- Meijer, G.J., Molenaar, D.J., Meeussen V (2008). *Evaluatie vaste brandbestrijdingssystemen voor toepassing in wegtunnels, TNO: 2007-D-R0594/A.*

- Peters, N, Vervoort, K, Spit, W.,(2016). *Watermiststelsel A2 Leidsche Rijntunnel - Maatschappelijke kosten-batenanalyse, Ecorys 15 maart 2016.*
- Piarc (2022). *Impact of new propulsion technologies on road tunnel operations and safety Piarc, 2022R05EN.*
- Reinders, J., Bransm H., (2023). *Veiligheid alternatief aangedreven voertuigen op chemische sites (Issue fase 2), NIPV.*
- Rijkswaterstaat (2023). *Memo: Alternatieven voor AFFF bij toepassing in slanghaspels in tunnels.*
- Spoelstra, M.B., (2023). *Waterstofincidenten in besloten ruimtes, NIPV.*
- Steunpunt Tunnelveiligheid (2010). *Grote vrachtwagenbrand in tunnel A2 Leidsche Rijn Risico's schade en kosteneffectiviteit maatregelen, 818-2010-0037.*
- Tamura, Y., & Sato, K. (2017). The possibility of an accidental scenario for marine transportation of fuel cell vehicle: Hydrogen releases from TPRD by radiant heat from lower deck. *International Journal of Hydrogen Energy, 42(11), 7560–7564.*
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.07.031>.
- TNO (2013). *Consequenties voor QRA-tunnels van het vervoer van nieuwe stoffen.*
- Van de Graaf, J (2023). *Gebruik slanghaspels in Hulppostkast, analyse scenario tunnelbrand, H2K.*
- Veiligheidsregio Haaglanden (2012). *Handelingsperspectief brandbestrijding wegtunnels.*
- Werkgroep brandweervisie tunnelveiligheid (2024). *Visie en uitgangspunten van Brandweer Nederland*

Bijlage 1: Wet- en regelgeving

Tabel 2.1 Wet- en regelgeving met indirecte betrekking op brandbestrijding in tunnels

Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)	
Art. 4.66, lid 5	Vluchtdeuren: De loopafstand tussen een punt op een rijbaanvloer en een uitgang van de verkeersbuis is ≤ 150 m. De afstand tussen twee uitgangen is ≤ 250 m, gemeten langs de tunnelwand.
Art. 4.86	Hulppost: Een wegtunnel met een tunnellengete van meer dan 250 meter is voorzien van een zodanig aantal hulpposten dat de loopafstand tussen een punt op de rijbaan vloer en ten minste een hulppost niet meer dan 75m ⁶⁷ . De afstand tussen twee opeenvolgende hulpposten is niet meer dan ≤ 100 m.
Art. 4.221, lid 2 en 4	Droge blusleiding: Een wegtunnelbuis heeft een op een bluswatervoorziening aangesloten droge ⁶⁸ blusleiding volgens NEN 1594, met in elke hulppost een brandslangaansluiting die bij brand een capaciteit van ≥ 120 m ³ /h kan leveren. ⁶⁹
Art. 4.222	Bluswatervoorziening: Een wegtunnel heeft een bluswatervoorziening die bij brand gedurende ten minste 60 minuten een capaciteit van ≥ 120 m ³ /h kan leveren.
Art. 4.223, lid 2	Blustoestellen: Elke hulppost als bedoeld in art. 4.86 heeft een draagbaar brandblusapparaat.
Art. 4.229, lid 2	Mobiele radiocommunicatie: Een wegtunnel met een tunnellengete > dan 250 meter heeft een door het bevoegd gezag goedgekeurde installatie voor mobiele radiocommunicatie tussen hulpverleningsdiensten binnen en buiten die wegtunnel.
Art. 4.232	Uitrusting hulppost: Een hulppost als bedoeld in art. 4.86 heeft een noodtelefoon en een wandcontactdoos met een elektrische spanning van 230 volt.
Art. 4.233	Bedieningscentrale: Een wegtunnel met een tunnellengete van meer dan 500 m is aangesloten op een bedieningscentrale met een voorziening voor permanente video-bewaking en automatische detectie van ongevallen en van brand.
Art. 4.234	Afvoer van brandbare en giftige vloeistoffen: Een wegtunnelbuis met een tunnellengete van meer dan 250 meter is heeft in een rijbaanvloer ten minste iedere 20 m een voorziening voor de afvoer van brandbare en giftige vloeistoffen.
Art. 236, lid 1 en 2	Communicatievoorzieningen: Een wegtunnel met een tunnellengete van > 500 m heeft een voorziening: <ul style="list-style-type: none">> waarmee door luidsprekers mededelingen kunnen worden gedaan aan personen op elke rijbaan en vluchtroute> voor heruitzending van radiosignalen in elke wegtunnelbuis> om radio-uitzendingen te kunnen onderbreken om mededelingen te doen. Een mededeling als bedoeld in het eerste lid, onder a en c, wordt ten minste in het Nederlands en het Engels gedaan.

⁶⁷ Dit is in afwijking van de Warvw bijlage 4 art. 3.1 t/m 3.6 waarin 60 meter wordt aangehouden.

⁶⁸ Er is geen strijdigheid met het Bbl als een droge blusleiding wordt uitgevoerd als een natte blusleiding.

⁶⁹ Uit artikel 4.221, tweede lid, volgt dat deze capaciteit gedurende ten minste één uur bij gebruik van ten minste één brandslangaansluiting moet zijn gewaarborgd. Het is dus niet zo dat bij gelijktijdig gebruik van twee aansluitingen bij elke aansluiting een bluscapaciteit van 240 m³ beschikbaar moet zijn.

Art. 4.237 De voor een evacuatie noodzakelijke voorzieningen, systemen en installaties in een wegtunnel die voor het functioneren zijn aangewezen op een voorziening voor elektriciteit, zijn aangesloten op een voorziening die ≤ 15 seconden na het uitvallen van de voorziening voor elektriciteit gedurende ≥ 60 minuten de werking van die voorzieningen, systemen en installaties zeker stelt.

Wet aanvullende regels veiligheid wegtunnels 2013 (WARVW):

Art. 6 **QRA-Tunnels:** Er vindt een risicoanalyse plaats waarbij de kans op dodelijke slachtoffers niet groter mag zijn dan $0,1/N^2$ per kilometer tunnelbuis per jaar. Daarbij is «N» het aantal dodelijke slachtoffers onder de weggebruikers per incident; dat aantal bedraagt 10 of meer.

Art. 6c **Veiligheidsplan:** De tunnelbeheerder stelt in overleg met de veiligheidsbeambte een tunnelveiligheidsplan op waarin alle veiligheidsaspecten worden afgewogen die een rol spelen, dus ook die met betrekking tot brandbestrijding.

Art. 7 **Veiligheidsbeheersplan:** Voor de openstelling van een tunnel stelt de tunnelbeheerder na overleg met de veiligheidsbeambte en de betrokken burgemeester(s) een veiligheidsbeheersplan op. Het plan omvat onder meer de organisatie van het tunnelbeheer, evenals de afstemming met de hulpverleningsdiensten en de verkeersbegeleiding in geval van een ramp in of bij een tunnel.

Regeling aanvullende regels veiligheid wegtunnels 2013 (RARVW):

Art. 7 **Calamiteiten bestrijdingsplan en hulpdiensten:** De veiligheidsbeambte werkt mee aan de afstemming tussen het calamiteitenbestrijdingsplan en de aanvalsplannen van de binnen een veiligheidsregio samenwerkende hulpverleningsdiensten. Hij neemt kennis van de tunnel gerelateerde rampenbestrijdingsplannen van de veiligheidsregio.

Art 11, lid 1 t/m 4 **Oefeningen:** De veiligheidsbeambte werkt mee aan de organisatie van de regelmatig te houden oefeningen. De tunnelbeheerder draagt ten minste eenmaal in de vier jaar zorg voor een realistische oefening en zorgt dat elk tussenliggend jaar een gedeeltelijke of simulatieoefening wordt uitgevoerd.

Art. 13(a) lid 1 – 3 **Gestandaardiseerde uitrusting:** De uitrusting voor een tunnel bestaat (afhankelijk van de tunnellenkte) uit een pakket van standaardvoorzieningen. Daarnaast bevat de veilige vluchtroute, uitgevoerd als middentunnelkanaal of dwarsverbinding, een gestandaardiseerde uitrusting. Deze is omschreven in paragraaf 2.2.3 en bijlage 2.

Bijlage 3, paragraaf 2 Art. 9 **Informatieoverdracht:** Uitwisseling van informatie tussen de tunneloperator, de weginspecteur, de officier van dienst van de tunnelbeheerder en de gemeenschappelijke meldkamer van de hulpverleningsdiensten geschiedt met een gemeenschappelijk uitvraagprotocol met als onderdelen:

- a. exacte locatie
- b. aard van het voorval
- c. getroffen initiële maatregelen
- d. aantal dodelijke en gewonde slachtoffers
- e. aantal in het incidentvoertuig achtergebleven- en immobiele slachtoffers
- f. aantal betrokken voertuigen
- g. eventueel in de tunnel aanwezig vervoer van gevaarlijke stoffen
- h. eventuele lekkage van vloeistoffen
- i. de gewenste inzet van hulpverleningsdiensten
- j. de beste aanrijdroute.

**Bijlage 3,
paragraaf 3
Art. 11**

Aanrijden: Hulpverleningsdiensten benaderen calamiteiten in principe via de gesloten ondersteunende buis met de rijrichting mee. Bij incidenten met gevaarlijke stoffen kunnen de hulpverleningsdiensten ervoor kiezen hiervan af te wijken.

**Bijlage 4,
Paragraaf 3
Art. 3.1 – 3.6**

Hulpkasten: Afhankelijk van het aantal rijstroken bevinden zich aan een of aan beide zijde van de verkeersbuis hulpkasten type 1 en (mogelijk) hulpkasten type 2. De onderlinge afstand tussen twee hulpkasten aan een zijde is niet meer dan 60 meter.⁷⁰ De voorzieningen in de hulpkasten zijn afhankelijk van het type hulpkast en de tunnel lengte. Deze is omschreven in paragraaf 2.2.3 en paragraaf 4.3.

**Bijlage 4,
Paragraaf 3
Art. 3.7**

Blusschuim: Het technisch deel van een hulpkast van het type 1 bevat een voorziening die bij blussen met de slanghaspel een passend schuimvormend middel toevoegt aan het bluswater, zodat plasbranden geblust kunnen worden.

**Bijlage 4,
Paragraaf 3
Art. 3.13**

Slanghaspel: Een hulpkast type 1 bevat bij een wegtunnel langer dan 500 meter een slanghaspel. De lengte van de brandslang is 5 meter langer dan de afstand tot een volgende brandslanghaspel in een hulpkast in dezelfde verkeersbuis. De worpafstand van de slanghaspel is bij spuiten met een gebonden straal, bij een tegenwind van 3 Beaufort, minimaal 14 meter.

**Bijlage 4,
Paragraaf 3
Art. 3.14**

Blustoestel: Een hulpkast type 2 bevat een sproeischuimblusser met een bluscapaciteit van ten minste 21A/183B.⁷¹

**Bijlage 4,
paragraaf 7
Art. 7.1 -7.2**

Hulpdienstpaneel: Bij de ingang van iedere verkeersbuis bevindt zich op veilige afstand van ten minste 150 meter van de ingang van de verkeersbuis een hulpdienstpaneel. Aan het paneel worden voorwaarden gesteld:

- > Op het hulpdienstpaneel kan het detailbeeld dat door het camerasysteem wordt getoond aan de wegverkeersleider worden weergegeven op een 17"-scherm.
- > Het hulpdienstpaneel is voorzien van een intercom.
- > Het openen van een hulpdienstpaneel wordt gedetecteerd.

**Bijlage 4,
Paragraaf 17
Art.17.1-17.9**

Vluchtdeuren: Indien de ontvluchting plaatsvindt vanuit een verkeersbuis via een vluchtdeur naar middentunnelkanaal⁷², is de afstand tot de dichtstbijzijnde vluchtdeur ≤ 100 meter. De onderlinge afstand tussen vluchtdeuren is ≤ 100 meter.⁷³

**Bijlage 4,
Paragraaf 29
Art.29.1-29.3**

Bluswatervoorziening: De bluswatervoorziening bestaat uit:

- > een reservoir met bluswater
- > een drukverhogingsinstallatie die door middel van pompen het water op de beoogde⁷⁴ druk brengt om met voldoende debiet te kunnen blussen
- > een stelsel van aanvoerleidingen en distributieleidingen.

In geval van brand levert de bluswatervoorziening gedurende ten minste 60 minuten een capaciteit van minimaal 120 m³/h bij een druk van 8 bar.

⁷⁰ Dit is strenger dan de voorschriften in Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) art. 4.86 waarin 75 meter wordt aangehouden. De voorschriften uit de Rarvw zijn maatgevend.

⁷¹ Een blusrating van 21A 183B betekent dat de brandblusser voor vaste-stof-branden en vloeistofbranden geschikt is.

⁷² Indien er geen sprake is van een middentunnelkanaal, maar van een doorsteek naar de andere verkeersbuis, kunnen grotere afstanden (250 meter) worden aangehouden.

⁷³ Dit is in afwijking van de voorschriften in het Bbl art. 4.66 lid 5, waarin 150 resp. 250 meter wordt aangehouden.

⁷⁴ Er worden op basis van publieksrechtelijke voorschriften geen eenduidige randvoorwaarden aan de beoogde druk gesteld. Veiligheidsregio Rotterdam Rijnmond schetst in bijlage 4 de randvoorwaarden om effectief op te kunnen treden. Deze zijn echter afhankelijk van het gehanteerde materieel en kunnen derhalve per veiligheidsregio afwijken.

Bijlage 4, paragraaf 30 Art. 30.1 **C2000:** Binnen en buiten de tunnel dient communicatie tussen de hulpdiensten mogelijk te zijn. De tunnel levert daartoe binnen de verkeersbuizen en veilige vluchtroutes binnenhuisdekking van het C2000-verbindingsnetwerk.

Bijlage 4, Paragraaf 35 Art.35.1 **Vloeistofafvoer en vloeistofpompinstallatie:** Ter voorkoming van verspreiding van brandbare en giftige vloeistoffen is een vloeistofafvoer aanwezig. Deze bestaat onder meer uit:

- > het wegdek van de rijbanen in de verkeersbuizen
- > goten, inlaatputten, rioleringsstelsel en afvoerbuizen een of meerdere vloeistofkelders, voorzien van pompen
- > overdrukvoorziening grensruimte om explosies van ontvlambare dampen uit de vloeistofkelders te voorkomen.

Landelijke tunnelstandaard (LTS) 1.2 SP2 B4

Paragraaf 5.2 BSTTI#14861 Voor een hulppostkast type A⁷⁵ dient de volledige capaciteit van het blussysteem vanuit twee Storz-aansluitingen beschikbaar te zijn.

- > Aansluiting 1: 1550 liter/min t.b.v. 1 waterkanon
- > Aansluiting 2: 450 liter/min t.b.v. 2 handstraalpijpen.

Paragraaf 8.7 BSTTI#16277 Binnen 30 seconden na aanvang van de blussing of het uit de kast nemen van de haspel moeten de (bij brand) vereiste druk en debieten volledig beschikbaar zijn.

Paragraaf 8.8 BSTTI #613 **C2000 (SCL):** Volgens het vigerende Bouwbesluit⁷⁶ dient een wegtunnel met een tunnallengte van > 250 m voorzien te zijn van een door het bevoegd gezag goedgekeurde installatie voor mobiele radiocommunicatie tussen hulpverleningsdiensten binnen en buiten die wegtunnel. Uitgangspunt is dat de verkeersbuizen, de veilige ruimtes (de vluchtroutes, zoals het middentunnelkanaal) zijn aangewezen als Special Coverage Location (SCL) van C2000. Indien vanwege fysieke omstandigheden buitenhuisdekking niet volstaat voor de lokale bedienruimte, zal ook deze ruimte worden gerekend tot de SCL. Het is toegestaan dat het C2000-netwerk onderdelen (bv. antennekabels) deelt met de functievervullers HF. Een SCL-installatie heeft voor C2000 in principe twee koppelvlakken:

- > koppelvlak 1 is het koppelvlak van de SCL-installatie met de C2000-infrastructuur
- > koppelvlak 2 is het koppelvlak van de SCL-installatie met de C2000-randapparatuur in de SCL.

Een SCL-installatie kenmerkt zich door precies één koppelvlak met de C2000-infrastructuur. Indien de aard van een SCL dat vereist (bijvoorbeeld door de lengte van de tunnel), kan een SCL meerdere SCL-installaties bevatten, met elk één koppelvlak.

⁷⁵ In de Landelijke tunnelstandaard geldt een afwijkende benaming voor hulpposten. Een hulppost type 1 wordt 'hulppost-kast type A' genoemd en hulppost type 2 wordt 'hulppostkast type C' genoemd.

⁷⁶ Per 1 januari 2024 is de Omgevingswet van kracht geworden. Met invoering van de omgevingswet is ook het Bbl in werking getreden en is het Bouwbesluit 2012 vervallen.

Bijlage 2: Voorzieningen in wegtunnel

Hoewel álle voorzieningen bedoeld zijn voor de veiligheid van de weggebruikers, zijn er voorzieningen die hoofdzakelijk gebruikt worden door andere partijen zoals de verkeersleider of tunneloperator (WVK)⁷⁷ en de hulpdiensten. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de vereiste voorzieningen, en voor wie deze primair bedoeld zijn.

Tabel B2.1 Voorzieningen in de verkeersbuis van een wegtunnel

Voorzieningen in wegtunnel volgens Warvw art. 13(a)	Wegtunnel 250 – 500m	Wegtunnel > 500 m	Bedoeld voor
Afsluitbomen (voorzien van intercom)	- ⁷⁸	X	WVK & Hulpdiensten
Bedieningsinstallatie voor de WVK	-	X	WVK
Beeldvoorziening naar meldkamer hulpdiensten, na actie vanuit WVK ⁷⁹	-	X	Hulpdiensten
Bluswatervoorziening	X	X	Weggebruiker & Hulpdiensten
C2000	X	X	Hulpdiensten
CADO (voorzien van intercom)	X	X	Hulpdiensten
Closed Circuit Television (CCTV)	-	X	WVK
Detectie snelheidsunderschrijdingen en spookrijders	-	X	WVK
Elektrische energiebron – onder meer de wandcontactdozen in de hulppost	X	X	Hulpdiensten
Eventrecorder voor evaluatie na incidenten en calamiteiten	-	X	WVK
Hoog-frequent-installatie – Netwerkverbinding voor C2000 en mobiele telefonie	-	X	Weggebruiker & Hulpdiensten
Verkeersmanagementsysteem	-	X	WVK
Verkeersmanagementsysteem koppeling verkeersbuis	-	X	WVK
Hulpdienstpaneel (voorzien van intercom)	-	X	WVK & Hulpdiensten
Hulpkasten type 1 en 2 voorzien van diverse voorzieningen	X	X	Weggebruiker & Hulpdiensten

⁷⁷ De tunnelbeheerder en de (weg)verkeersleider of tunneloperator worden hier als een en dezelfde partij (WVK) benoemd. WVK gaat over de algemene tunnelveiligheid, evenals de dagelijkse- en calamiteitenbediening.

⁷⁸ Indien de beheerder dit verkeerskundig noodzakelijk acht, beschikt de tunnel over handmatig bedienbare slagbomen.

⁷⁹ De meldkamer van de hulpdiensten (RAC/LMS) heeft de mogelijkheid om deze beelden op haar beurt met de aanrijdende hulpdiensten te delen.

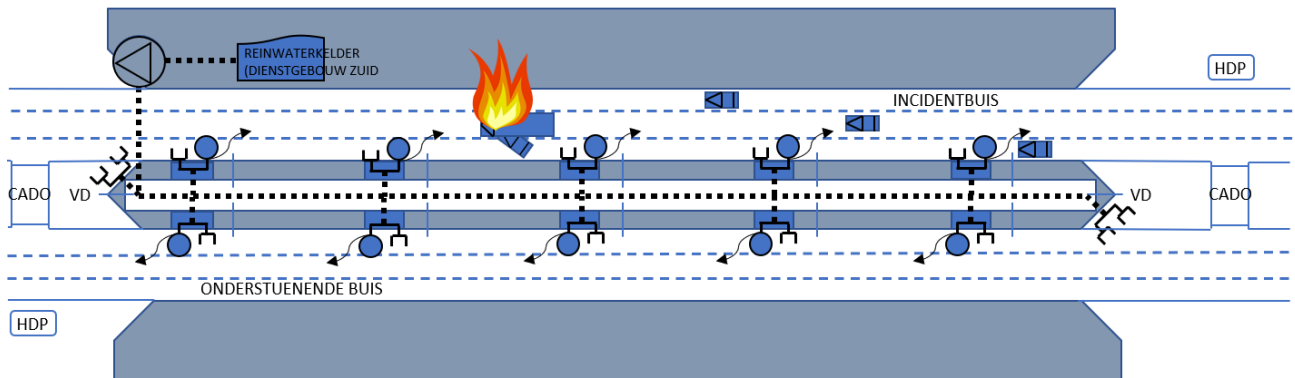
Voorzieningen in wegtunnel volgens Warvw art. 13(a)	Wegtunnel 250 – 500m	Wegtunnel > 500 m	Bedoeld voor
Intercom ter plaatse van afsluitbomen, CADO en hulpdienstpaneel	-	X	Hulpdiensten
Luchtkwaliteit meters (rookdetectie)	-	X	WVK
Noodbediening installatie	-	X	WVK
Noodtelefoon ter plaatse van hulppost	X	X	Weggebruiker (Hulpdiensten)
Omroepinstallatie verkeersbuis	-	X	Weggebruiker
Overdrukvoorziening grensruimte	X	X	Algemeen
Ventilatie in verkeersbuis	-	X	Weggebruiker & Hulpdiensten
Verkeerslichten	-	X	WVK & Hulpdiensten
Verlichting verkeersbuis	X	X	Weggebruiker & Hulpdiensten
Vloeistofafvoer	X	X	Algemeen
Vloeistofpompinstallatie	X	X	Algemeen
Vluchtdeurindicatie -inclusief contourverlichting)	X	X	Weggebruiker
Veilige vluchtroute in verkeersbuis en middentunnelkanaal	X	X	Weggebruiker & Hulpdiensten

Bij brand wordt vanuit de verkeersbuis gevlucht naar een veilige vluchtroute, een midden-tunnelkanaal of doorsteek naar de andere verkeersbuis. In deze veilige vluchtroute bevinden zich tevens verschillende voorzieningen die in onderstaande tabel worden weergegeven.

Tabel B2.2 Voorzieningen in de veilige vluchtroute

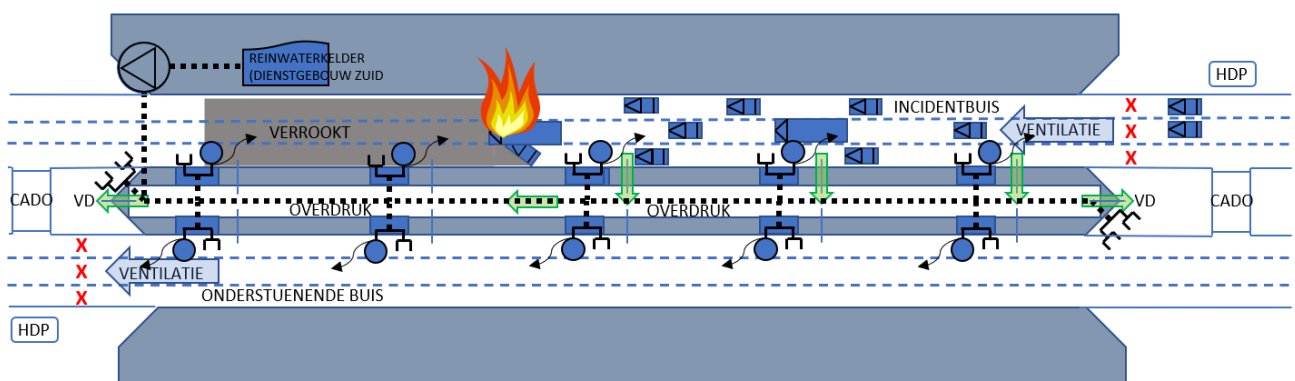
Voorzieningen in veilige vluchtroute volgens Warvw art. 13 lid 2	Tunnel > 250 m	Tunnel > 500 m	Bedoeld voor:
Verlichting in veilige vluchtroute	X	X	Weggebruiker
Omroepinstallatie in veilige vluchtroute	X (mits bediend)	X	Weggebruiker
Rij van vluchtdeuren	X	X	Weggebruiker
Overdrukvoorziening veilige vluchtroute	X (mits bediend)	X	Weggebruiker
Dynamische vluchtroute-indicatie.	X (mits bediend)	X	Weggebruiker

Bijlage 3: Reguliere werkwijze brandbestrijding in wegtunnels



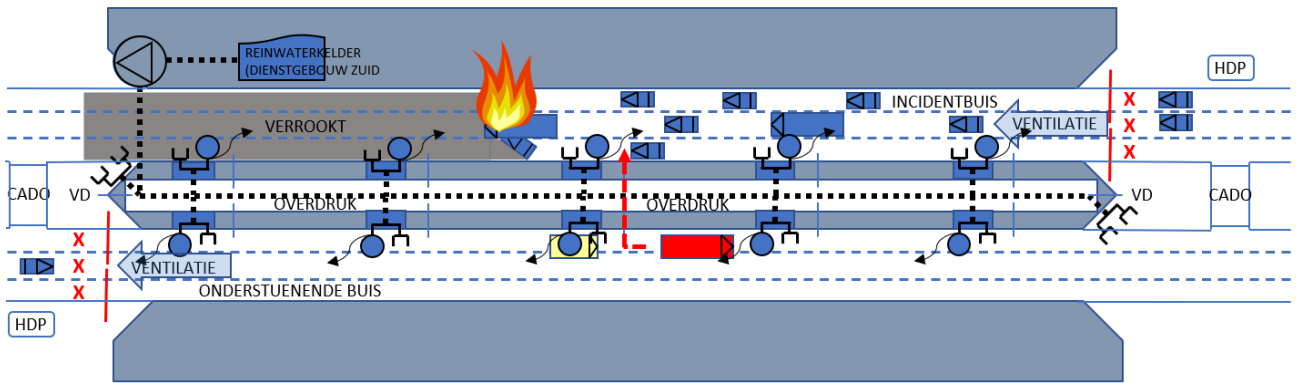
Fase 1: Ontstaan calamiteit

- > Ontstaan calamiteit, bijvoorbeeld door een aanrijding, met een voertuig in brand.



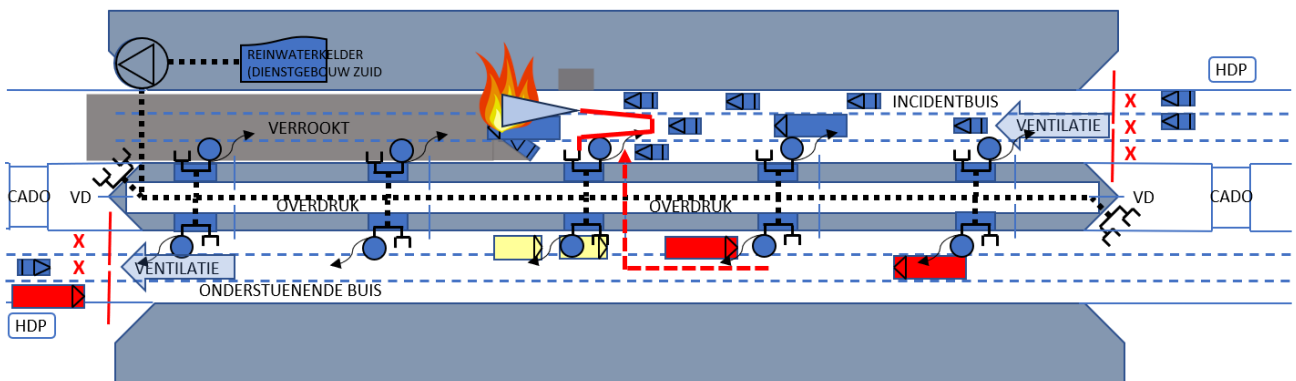
Fase 2: Detectie en alarmering

- > De verkeersleider / tunneloperator in de verkeers- of bedieningscentrale wordt door stilstanddetectie en/of brandmelding op een calamiteit geattendeerd. De situatie ter plaatse kan door CCTV-camerabeelden worden beoordeeld.
- > De verkeersleider / tunneloperator activeert zo nodig het 'calamiteitenbedrijf'. De verlichtingsinstallatie, de tunnel(langs)ventilatie in de verkeersbuis (>500 m) en overdrukventilatie in het middentunnelkanaal worden geactiveerd. Rijstroken worden door verkeerslichten en slagbomen afgesloten. Blusvoorzieningen worden op druk gebracht.
- > De verkeersleider / tunneloperator activeert zo nodig het 'evacuatiebedrijf'. Evacuatie-instructies worden omgeroepen via geluidsbakens en radio. Daarnaast zal contourverlichting rond de vluchtdeuren worden geactiveerd.
- > De gemeenschappelijke meldkamer van de hulpdiensten wordt gealarmeerd. Er wordt onder meer informatie gegeven over de exacte locatie en aard van het voorval en de beste aanrijdroute.
- > Via de verkeers- of bedieningscentrale worden 'live' camerabeelden naar de meldkamer van de hulpdiensten doorgezonden. Deze kunnen worden doorgezonden naar de aanrijdende TS.



Fase 3: Aanrijden en eerste verkenning

- > De TS rijdt, met de rijrichting mee, naar de ingang van de ondersteunende tunnelbuis.
- > Aangekomen bij de tunnelbuis kan de TS via het buiten de tunnel gelegen hulpdienstpaneel contact leggen met de verkeerscentrale en camerabeelden bekijken, zodat een beeld van de aard en omvang van het incident kan worden gevormd.
- > De TS rijdt op indicatie van de verkeerscentrale de ondersteunende tunnelbuis in tot aan de eerste deur voorbij het incident.
- > Via de vluchtdeuren en de doorsteekmogelijkheid wordt de incidentbuis bereikt en het incident 'bovenwinds' benaderd. Er wordt een eerste verkenning uitgevoerd, waarbij de volgende vragen worden beantwoord:
 - Wat brand er?
 - Is er sprake van branduitbreidingsmogelijkheden?
 - Kloppen de eigen aannames?
- > Bij de inzet worden de lagedrukslangen of O-bundels vanuit de ondersteunende buis meegenomen in de incidentbuis. Vervolgens worden de slangen aangesloten op de Storz-koppeling in de hulppost(kast)en.





Fase 4: Brandbestrijding en opschaling

- > Indien opschaling noodzakelijk is, wordt in principe door andere eenheden dezelfde procedure gevolgd, waarbij, indien nodig, meerdere slangen of een straatwaterkanon op de Storz-koppeling kunnen worden aangesloten.
- > Veiligheidsregio's kiezen er geregeld voor om in geval van een tunnelbrand direct twee TS-en te alarmeren en 'tweezijdig' aan te rijden. De TS1 benadert de brand op de reguliere wijze zoals hier omschreven. De TS2 zal echter 'vanaf de andere zijde' naar de incidentbuis rijden. Ter plaatse kan de bevelvoerder ervoor kiezen om de

incidentbuis in te rijden om de brand bovenwinds te benaderen, ofwel via de CADO over te steken en hiervandaan tegen de rijrichting de ondersteunende buis in te rijden. Deze keuze is sterk afhankelijk van de brand- en verkeerssituatie ter plaatse.

Bijlage 4: Bluswaterdruk handstralen

 BRANDWEER Rotterdam-Rijnmond	MEMO Waterdruk handstralen Heinenoordtunnel	 BRANDWEER Zuid-Holland Zuid
--	--	---

Betreeft: Bluswaterdruk handstralen (lagedruk/O-bundels) i.r.t. tunnelbrandbestrijding
Datum: 22-03-2022
Opsteller: Arco Kooijman

Aanleiding

In november 2021 is geconstateerd dat de bluswaterdruk in de Heinenoordtunnel 14 – 17 bar bedroeg. Naast het feit dat deze druk voor de slanghaspels in de hulppostkasten veel te hoog was, hebben we als brandweer aangegeven dat deze druk te hoog is om met onze (VRR/VRZHZ) materialen een effectieve en voor het brandweerpersoneel veilige blussing te kunnen doen.

De constatering van deze 'onwenselijke situatie' bracht vanuit RWS de vraag naar voren wat de wenselijke situatie is. Op deze vraag konden we niet direct antwoord geven, aangezien dit samenhangt met verschillende uitgangspunten.

Het doel van deze memo is het informeren van de eigen regio, door een aantal uitgangspunten te beschrijven met daarbij de wenselijke situatie als het gaat om de bluswaterdruk in een tunnel.

De wenselijke situatie is bepaald met behulp van een test die uitgevoerd is op vrijdag 4 maart 2022 bij de dagdienstkazerne in Den Bommel. Bij deze test is gebruik gemaakt van de lage druk systemen (O-bundels en straalpijpen) die in gebruik zijn (VRR) of binnenkort in gebruik genomen worden (VRZHZ).

Deze memo is van toepassing binnen de VRR en VRZHZ, maar specifiek gericht op de renovatie van de Heinenoordtunnel en dus niet één op één toe te passen bij andere (tunnel)projecten.

Test

Het doel van de test is te onderzoeken wat de maximale waterdruk op een handstraal is, waarmee nog steeds een effectieve blussing op een veilige manier uitgevoerd kan worden.

De conclusie die getrokken kan worden voor wat betreft het in gebruik zijnde materiaal in beide regio's is dat de straalpijpen identiek zijn (debiet instelbaar van 0-400 l/min, werkdruk van 6 bar) en dat de O-bundels van VRZHZ iets dunner en daardoor iets makkelijker te hanteren zijn. Bij de bevindingen en conclusie zijn de materialen van de VRR leidend vanwege de grootste reactiekracht.

Bij de test is onderzoek gedaan naar de hanteerbaarheid van de straalpijp in combinatie met het in een hoek van 90 graden blussend verplaatsen van de straal, zowel voor- als achteruit. Hierbij is gebruik gemaakt van verschillende brandweerederwerkers die v.w.b. gewicht in zowel de onderklasse als bovenklasse (+/- 60-100 kg) vallen.



Reactiekracht

In het verleden is binnen Brandweer Nederland bepaald dat de maximale reactiekracht voor één persoon aan een straal 120 Newton bedraagt en voor twee personen aan een straal 200 Newton. De formule om dit te berekenen gaat uit van de straalpijpdiameter. Deze is met de huidige straalpijpen echter niet meer eenvoudig te bepalen door een inwendig systeem dat er voor zorgt dat de uitstroomopening zich aanpast aan de waterdruk.

Het objectief bepalen van de reactiekracht lukt dan ook niet. Om deze reden is gekozen voor het subjectief bepalen van de maximale waterdruk op een handstraal.

Wetgeving

De wetgeving bepaald dat de bluswatervoorziening in een tunnel, gedurende 60 minuten een capaciteit levert van ten minste 120 m³/h bij een druk van 8 bar. Op welke manier dit verder

 BRANDWEER Rotterdam-Rijnmond	MEMO Waterdruk handstralen Heinenoordtunnel	 BRANDWEER Zuid-Holland Zuid
--	--	---

Betreft: Bluswaterdruk handstralen (lagedruk/O-bundels) i.r.t. tunnelbrandbestrijding
Datum: 22-03-2022
Opsteller: Arco Kooijman

uitgelegd moet worden is niet duidelijk, vandaar dat deze tekst op meerderlei wijze uitgelegd wordt. Feit is dat de maximale intrededruk voor de pomp in een tankautospuiter vijf bar is, en er zonder het gebruik van drukreduceerventielen dus alleen rechtstreeks vanaf de afnamepunten in de hulppostkast afgelegd kan worden. Er is door de brandweer dan ook geen mogelijkheid om zelf de druk op een handstraal te bepalen.

Inzetprocedure brandweer



Vanuit Brandweer Nederland is een handleiding opgesteld ter ondersteuning van eenheden bij tunnelbrandbestrijding, de zgn. "*Handvatten voor de bevelvoerder bij brandbestrijding in wegtunnels direct na melding*". Er wordt aan de hand van scenario's bepaald met hoeveel handstralen ingezet zou moeten worden. Hierbij is naast het blussen van de brand ook rekening gehouden met het koelen van beton in verband met beton afspat.

Personenauto(en), bestelbus	2 handstralen (800 l/min)
Bus, vrachtwagen, tankwagen	5 handstralen (2000 l/min)

Per tankautospuiter (VRR) zijn twee handstralen beschikbaar, wat maakt dat bij een 'grote' voertuigbrand minimaal drie tankautosputters nodig zijn om 5 handstralen af te kunnen leggen. Hoe meer tankautosputters er nodig zijn, hoe langer het duurt voordat deze bij het incident aanwezig zijn. Het niet met volledig debiet kunnen blussen (200 i.p.v. 400 l/min) resulteert ook in het nodig hebben van meer tankautosputters om de gewenste bluscapaciteit te halen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat bij een grotere afname, de dynamische bluswaterdruk afneemt. Praktisch gezien zal dus de bluswaterdruk bij een inzet 'grote brand', lager zijn dan bij een inzet 'kleine brand'.

Testresultaten.

Waterdruk	Debiet straalpijp	Aantal mensen aan straal	Bevindingen
6 bar	400 l/min	1	De straal is goed te bedienen. In combinatie met het verplaatsen is dit de maximale druk om langer dan vijf minuten met één persoon te blussen.
8 bar	400 l/min	2	De straal is goed te bedienen, tweede persoon nodig om straal te verplaatsen en straalpijpioverder te ondersteunen.
10 bar	400 l/min	2	De straal is redelijk te bedienen, maar met name het blussen in een hoek van 90 graden vergt veel kracht. Maximale druk om langer dan vijf minuten met twee personen te blussen.
12 bar	400 l/min	2	De straal is niet meer effectief te bedienen. Tweede persoon moet met zijn gewicht de

 BRANDWEER Rotterdam-Rijnmond	MEMO Waterdruk handstralen Heinenoordtunnel	 BRANDWEER Zuid-Holland Zuid
--	--	---

Betreft: Bluswaterdruk handstralen (lagedruk/O-bundels) i.r.t. tunnelbrandbestrijding
Datum: 22-03-2022
Opsteller: Arco Kooijman

			eerste persoon tegenhouden omdat de reactiekracht te groot is.
12 bar	200 l/min	2	De straal is goed te bedienen, tweede persoon nodig om straal te verplaatsen en straalpijpvoerder te ondersteunen.

Conclusie

De gewenste maximale dynamische bluswaterdruk is 10 bar bij een afname van 2000 liter/min.
De gewenste minimale dynamische bluswaterdruk is 6 bar bij een afname van 2000 liter/min.

Bij 12 bar is de straal niet meer te gebruiken met het maximale debiet, wat expliciet inhoud dat bij een grote vuurlast er gebruik gemaakt moet gaan worden van meerdere tankautospuiten om aan voldoende koelend vermogen te komen. Dit heeft impact op de opkomsttijden van dit materieel, vergroot daardoor de kans op een oncontroleerbare brand en geeft meer organisatorische uitdagingen bij de incidentbestrijding in de tunnel.

Bij het gecombineerd werken met een waterkanon is met name de minimale bluswaterdruk in combinatie met het debiet van belang (normale bluswaterdruk van waterkanon is 8 bar). Het gebruik van een waterkanon heeft als doel om op veilige afstand veel koelend vermogen in te kunnen zetten. Om deze reden is de gewenste minimale bluswaterdruk 6 bar (bij 2000 liter/min).

Met name bij een watertunnel is de bluswaterdruk, zonder het gebruik van drukreducerventielen, per hulppostkast verschillend door het verschil in hoogte ten opzichte van elkaar. In dit geval (Heinenoordtunnel) zal een gemiddelde druk genomen moeten worden om te bepalen of de bluswaterdruk acceptabel is.

Bijlage 5: Appreciatie RWS

Appreciatie aanbevelingen NIPV-onderzoek “Toekomstverkenning brandbestrijding in wegtunnels”, concepteindrapport versie 1.6, 27 mei 2024

Ronald Mante, Rijkswaterstaat, Steunpunt Tunnelveiligheid, 20 juni 2024

Paragraaf 6.3 Aanbevelingen, pagina 56/72 e.v.

Aanbeveling 1

“In hulppost type 1 bevinden zich drie wandcontactdoos- aansluitingen. Veranderende uitgangspunten van de GHOR leiden ertoe dat voor GHOR-activiteiten volstaan kan worden met één wandcontactdoosaansluiting per hulppost. Wij bevelen aan om dit op te nemen in wet- en regelgeving, wat een verlichting van de voorschriften zal zijn. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat.”

Appreciatie: deze aanbeveling wordt onderschreven door RWS, reeds ingebracht bij evaluatie gestandaardiseerde uitrusting 2023.

Aanbeveling 2

“Aanbevolen wordt om nader te onderzoeken in hoeverre een standaardisering van informatieoverdracht tussen de meldkamer van de hulpdiensten en de aanrijdende voertuigen leidt tot een verbetering in de informatievoorziening. Daarbij moet worden onderzocht in hoeverre het doorzetten van CCTV-camerabeelden uit de tunnel naar de aanrijdende voertuigen van significante meerwaarde is. Dit betreft een aanbeveling voor Brandweer Nederland.”

Appreciatie: betreft aanbeveling voor Brandweer Nederland, maar wordt door RWS herkend en onderschreven.

Aanbeveling 3

“Aanbevolen wordt om nader te onderzoeken in hoeverre met nummerplaatherkenning door camera's boven de tunnelingang betrouwbare informatie kan worden verkregen over de in de tunnel aanwezige voertuigen. Denk hierbij aan de brandstofsoort van het betreffende voertuig of eventueel de lading (bij transport van gevaarlijke stoffen). Dit geeft bij een incident/brand, mogelijk een goed beeld van de incident/brandsituatie. Daarbij moet ook worden bekeken of deze informatie zou leiden tot aanpassing in de brandbestrijding door de brandweer. Wanneer dit wordt opgenomen in wet- en regelgeving, dan betreft dit een verzwaaring van de voorschriften. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat en Brandweer Nederland.”

Appreciatie: RWS is er niet op voorhand van overtuigd dat de voorgestelde voorziening betrouwbaar genoeg is om de toegevoegde waarde voor de hulpverlening te laten opwegen tegen de aanvullende kosten van installatie, beheer en onderhoud. De betrouwbaarheid wordt beperkt door mogelijke onleesbaarheid van de nummerplaten en ADR-borden, ADR-borden die niet overeenkomen met de werkelijke inhoud van het transport, en technische

fouten (lezen, interpreteren en presenteren) door het systeem zelf. Bij de opvolging van deze aanbeveling zou de eerste stap derhalve moeten zijn om de meerwaarde in kaart te brengen en welke betrouwbaarheid het systeem moet hebben om deze meerwaarde te verzilveren (als voor de zekerheid altijd rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van bepaalde voertuigen heeft de voorziening geen zin). Daarna zou moeten worden bekeken wat de levensduurkosten zijn van een systeem dat aan deze eisen voldoet en of deze kosten opwegen tegen de baten (zo nodig een MKBA uitvoeren).

Aanbeveling 4

“Verken de wenselijkheid van gespecialiseerde regionaal opererende brandweerteams, die (onder andere) gespecialiseerd zijn in ‘complexe’ tunnelbandbestrijding. Dergelijke gespecialiseerde teams worden binnen de regio’s aanvullend getraind in tunnelbandbestrijding, hebben een goede kennis over de werking van de in de tunnel aanwezige voorzieningen en hebben mogelijk aanvullend (specialistisch) materieel. Een combinatie met specialistische brandbestrijdingsvoorzieningen zoals de blusrobot of Cobra- of Coldcutter ligt voor de hand. Dit betreft een aanbeveling voor Brandweer Nederland.”

Appreciatie: betreft aanbeveling voor Brandweer Nederland, maar wordt door RWS herkend en onderschreven.

Aanbeveling 5

“Uit het oogpunt van een veilige en effectieve inzet van de blusmiddelen is een (dynamische) druk op de slanghaspel en brandslangaan sluiting van 8 tot 10 bar bij een afname tot 120 m³/h aanbevolen. Voor de situaties zonder waterafname (statische druk) bevelen we een maximale druk aan van 12 bar (de maximale werkdruk van de aanwezige slanghaspels in de hulpposten) Wanneer dit wordt opgenomen in wet- en regelgeving, dan betreft dit een verzwarende van de voorschriften. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat.”

Appreciatie: RWS herkent de rationale achter deze eisen, maar er is op dit moment nog twijfel over de technische haalbaarheid. Zo zal een statische druk van 12 bar in de blusinstallatie (en dus ook bij de slanghaspels) geen uitzondering zijn als er voor de brandslangaan sluitingen een dynamische druk van 8 tot 10 bar optreedt bij een afname van 120 m³ per uur. De kans wordt reëel geacht dat de statische druk (al dan niet plaatselijk) hoger zal uitpakken. En de dynamische druk van 8 tot 10 bar bij de slanghaspels is onwaarschijnlijk als de statische druk 12 bar is. Immers, via een slanghaspel wordt slechts 100 liter per minuut afgenomen in plaats van 120 m³ per uur, waardoor de dynamische druk en statische druk niet veel zullen verschillen (waterafname door een slanghaspel vindt niet gelijktijdig plaats met waterafname door de brandslangen). In het rapport wordt de onzekerheid over de technische haalbaarheid wel onderkend, maar de oplossing die wordt voorgesteld is om goedkeuring te vragen aan het bevoegd gezag bij afwijkingen. Dit past echter niet in het principe van de gestandaardiseerde uitrusting (Rarvw) dat aan de eisen moet worden voldaan, er is geen ruimte voor afwijkingen en er is ook geen gelijkwaardigheidsbeginsel zoals in het Bbl. Doel van de gestandaardiseerde uitrusting is immers om discussies over de voorzieningen met het bevoegd gezag te voorkomen. Met de voorgestelde eisen is het niet zeker dat aan deze doelen kan worden voldaan. De huidige eis (debit 120 m³ per uur bij een dynamische druk van 8 bar) is wel haalbaar, maar levert ook discussies over de in de praktijk optredende druk en dat is ook onwenselijk. Oplossing zou kunnen zijn om in de Rarvw de huidige eis te handhaven en de voorgestelde nieuwe eisen alleen op te nemen in de LTS. Een kans op discussie blijft dan bestaan, maar er is dan

wel meer richting gegeven aan de gewenste situatie en er is juridisch ruimte voor afwijkingen van de LTS, zolang er aan de Rarvw wordt voldaan (120 m³ per uur bij 8 bar). Als het toch gewenst is om ook de eis in de Rarvw aan te scherpen, dan is het advies om verder te onderzoeken of de voorgestelde nieuwe eisen technisch haalbaar zijn, door een aantal representatieve tunnels door te rekenen: als de maximale statische druk op enige locatie (hulppostkast) in de tunnel 12 bar is, welke dynamische druk treedt dan op bij die en andere hulpposten bij een afname van 120 m³ per uur; blijft de dynamische druk dan inderdaad binnen de marge van 8 tot 10 bar, gegeven de pompdruk en het wrijvingsverlies?

Aanbeveling 6

“De ontwikkelingen in het wagenpark kunnen leiden tot extra onzekerheid over de brandcondities ter plaatse. Wanneer een veilige en effectieve brandbestrijding door brandweerpersoneel niet meer mogelijk is, zou een inzet met een op afstand bestuurbaar of autonoom opererend blussysteem nog wel mogelijk zijn. Denk daarbij aan de inzet van een blusrobot of gestuurde blusmonitor. Wij bevelen aan om een dergelijk systeem in nabijheid van de tunnel beschikbaar te hebben, hetzij geregeld door de veiligheidsregio, hetzij door de tunnelbeheerder. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat en Brandweer Nederland.”

Appreciatie: deze aanbeveling wordt onderschreven, te meer omdat een dergelijk middel volgens een eerste indicatie kosteneffectief lijkt (Notitie Grote vrachtwagenbrand, 2010). Een centrale stationering van het blussysteem, zodat dit bij meerdere tunnels kan worden ingezet, zal een verder positief effect hebben op de kosteneffectiviteit. Echter, om de effectiviteit van de inzet te in de praktijk daadwerkelijk te borgen vraagt de logistiek van de inzet echter nog aandacht: transport van het blussysteem naar de tunnel en benadering van de brandlocatie door het systeem, gegeven de potentiële blokkade door de aanwezige voertuigen in de tunnel, in combinatie met de door het systeem mee te voeren brandslang o.i.d. voor de bluswatervoorziening.

Aanbeveling 7

“De toenemende complexiteit bij brandbestrijding evenals de minder offensieve brandweershouding ten aanzien van bronbestrijding kunnen, eerder dan voorheen het geval was, leiden tot ongecontroleerde tunnelbranden. Een ongecontroleerde brand leidt tot een grote en lange inzet van de hulpdiensten hetgeen leidt tot risico's. Bovendien leidt een ongecontroleerde tunnelbrand tot schade aan de tunnelconstructie en aanwezige installaties. Ook kan een tunnelbrand leiden tot indirecte schade door langdurige verkeersstremmingen, en maatschappelijke ontwrichting door een beperkte bereikbaarheid van gebieden. Ook vanuit milieuoogpunt is een ongecontroleerde brand zeer onwenselijk. Het voorgenoemde onderschrijft het fundamentele belang van het klein houden van tunnelbranden. Een vastopgesteld brandbestrijdingssysteem is ontworpen om een brand vroegtijdig te controleren en mogelijk zelfs te blussen. Wij bevelen aan om eerdere studies naar de mate waarin een vaste brandbestrijdingsinstallatie bijdraagt aan een veilige en beheersbare situatie in wegtunnels opnieuw te beschouwen. Dit betreft een aanbeveling voor Rijkswaterstaat en Brandweer Nederland.”

Appreciatie: deze aanbeveling wordt niet onderschreven door RWS. De genoemde aspecten zijn reeds beschouwd in een MKBA in 2016 (Ecorys). De baten/kostenverhouding van WMS bleek 0,1 tot 0,2 te zijn, hetgeen betekent: verre van kosteneffectief.

De genoemde minder offensieve brandweehouding maakt deze uitkomst niet positiever, omdat de inzet van de brandweer in de MKBA conservatief buiten beschouwing is gebleven bij de schadebepaling (in de situatie zonder WMS was de brand dus al “ongecontroleerd”, al is er vanwege de ventilatie nooit helemaal sprake van een ongecontroleerde situatie). Een minder offensieve inzet is dus altijd nog gunstiger dan geen inzet.

En met de genoemde “toenemende complexiteit” wordt bedoeld op de voertuigontwikkelingen (zie paragraaf 5.1.6, pagina 48). De verschillen met conventionele voertuigen zitten volgens paragraaf 5.1 vooral in het langere brandverloop bij elektrische voertuigen. Ook deze ontwikkeling heeft echter geen significante invloed op de uitkomst van de MKBA:

- Het aandeel elektrische voertuigen in het wagenpark is momenteel 5%; er wordt een groei verwacht naar 50% in 2035 en naar 100% in 2050 (Bron: Kenniscentrum ElaadNL). Het overgrote deel van het elektrische wagenpark bestaat momenteel uit personenauto's. Vrachtwagens worden in de toekomst ook elektrisch, maar onzeker is nog of dit uiteindelijk batterij-elektrisch of waterstof-elektrisch zal zijn.
- De brandkans per voertuigkilometer is bij elektrische voertuigen niet hoger dan bij voertuigen met verbrandingsmotor; de kans zou zelfs lager kunnen zijn omdat er in elektrische voertuigen minder componenten zitten. PIARC (rapport 2023R34EN): “geen reden om aan te nemen dat brandkans hoger is”.
- Het brandvermogen is bij elektrische voertuigen vergelijkbaar met brandvermogen bij voertuigen met brandstofmotor.
- Volgens diverse onderzoeken zijn de toxische concentraties bij een brand bij een elektrisch voertuig (BEV = Battery Electric Vehicle) vergelijkbaar met die bij een brand van een voertuig met verbrandingsmotor (ICE = Internal Combustion Engine) (PIARC, rapport 2023R34EN, zie pagina 17).
- Het verloop van een accubrand kan wel meerdere pieken vertonen door de thermal runaway. Maar voor de evacuatie van de mensen uit de tunnel spelen latere pieken geen rol, omdat de evacuatiefase dan al voorbij is. Voor de schade aan de tunnel verwachten wij dat een heropleving van de brand geen significante extra schade oplevert, omdat de tunnelconstructie is beschermd tegen veel grotere brandvermogens dan die van een elektrische auto, en de installaties binnen het temperatuur-effectgebied van de brand bij de eerste piek al zijn bezweken (verlichting, camera's e.d.). Bij een tweede of derde piek zijn de installaties dus al kapot. De langere duur van de brand is dus vooral negatief voor de beschikbaarheid van de tunnel voor verkeer (afhandeling incident duurt langer). Dit leidt wel tot extra maatschappelijke schade, maar een vastopgesteld blussysteem zal dit niet significant verbeteren, omdat een dergelijk systeem niet effectief is bij accubranden, omdat de hittebron (binnenin de accu) niet direct wordt bereikt door het koel-medium (PIARC, rapport 2023R34EN).

Advies: de MKBA hoeft momenteel niet te worden geactualiseerd. Maar het is wel zinvol om bij de volgende evaluaties van de gestandaardiseerde uitrusting (Rarvw) expliciet te bekijken of er ontwikkelingen zijn die een herziening van de MKBA zinvol maken.

Aanbeveling 8

“Aanbevolen wordt om de effectiviteit van bestaande- en nieuwe brandbestrijdingstechnieken, bij voertuigen op alternatieve brandstoffen, nader te onderzoeken. Hierbij ‘moeten’ ook de (additionele) risico's voor het brandweerpersoneel worden meegenomen. Hierbij valt te denken aan het gebruik van de Cobra / Cold-cutter, blusdekens of het BEST-blussysteem bij batterijpakketten. Dit betreft een aanbeveling voor Brandweer Nederland.”

Appreciatie: betreft aanbeveling voor Brandweer Nederland, maar wordt door RWS herkend en onderschreven.

Aanbeveling 9

“Voor grote duurzaam aangedreven voertuigen (bussen, vrachtwagens) ontbreken vastgestelde (tunnel)incidentbestrijdingsprocedures. Aanbevolen wordt om deze te ontwikkelen. Dit betreft een aanbeveling voor Brandweer Nederland.”

Appreciatie: betreft aanbeveling voor Brandweer Nederland, maar wordt door RWS herkend en onderschreven. Kanttekening is dat de ontwikkelingen rondom de duurzame aandrijving van vrachtwagens e.d. nog met onzekerheid is omgeven (wat wordt de uiteindelijke dominante oplossing, waterstof of accu?). Advies is om deze ontwikkelingen nader te volgen, omdat deze rechtstreeks van invloed zijn op de bedoelde procedures.