

KCP10
NIBRA 059

**Hulpverleningsmogelijkheden
in spoorwegtunnels
bestemd voor goederenvervoer**
definitief (30 juni 2001)



Nederlands Instituut
voor Brandweer
en Rampenbestrijding

NIBRA

**Hulpverleningsmogelijkheden
in spoorwegtunnels
bestemd voor goederenvervoer**
definitief (30 juni 2001)

**Nils Rosmuller
Roel van den Brand
Ira Helsloot**

Directoraat-Generaal Goederenvervoer
Informatie en Documentatie
Postbus 20004
2500 EX Den Haag
tel. 070-3511361 / fax. 070-3511362

Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Telefoon: 026 - 3552400
Fax: 026 - 3515051
e-mail: nibra@nibra.nl

Inhoudsopgave

VOORWOORD	4
SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	6
2 ONDERZOEKSOPZET	8
2.1 PROBLEEMSTELLING.....	8
2.2 ONDERZOEKSAANPAK	9
2.2.1 <i>Casusanalyse</i>	9
2.2.2 <i>Simulatiesessies</i>	10
2.2.3 <i>Modellering</i>	10
3 CASUÏSTIEK	11
3.1 INLEIDING.....	11
3.2 ANALYSEKADER EN CASUS SELECTIE	11
3.2.1 <i>Analysekader</i>	11
3.2.2 <i>Casuselectie</i>	12
3.3 CASUSBESCHRIJVING EN -ANALYSE.....	12
3.3.1 <i>Kanaaltunnelincident</i>	13
3.3.2 <i>Leinebuschtunnelincident</i>	15
3.3.3 <i>Mont Blanc tunnelincident</i>	17
3.3.4 <i>Tauern tunnelincident</i>	20
3.3.5 <i>Samenvatting</i>	22
3.4 LESSEN	23
3.5 CONCLUSIE.....	25
4 SIMULATIESESSIES	26
4.1 INLEIDING.....	26
4.2 OPZET SIMULATIESESSIES	26
4.2.1 <i>Tunnelontwerp</i>	26
4.2.2 <i>Type incidenten</i>	27
4.3 RESULTATEN SIMULATIESESSIES	29
4.4 CONCLUSIES	31

5	MODELLERING BRANDWEERINZET	33
5.1	INLEIDING	33
5.2	MECHANISMEN EN INVLOEDSVARIABLEN	33
5.2.1	<i>Temperatuur</i>	34
5.2.2	<i>Rookverdichting</i>	35
5.2.3	<i>Toxiciteit</i>	36
5.2.4	<i>Betonafspat</i>	37
5.3	TIJDDIAGRAM BRANDWEEROPTREDEN	38
5.4	CONFRONTATIE IN DE TIJD VAN MECHANISMEN EN BRANDWEEROPTREDEN	44
5.4.1	<i>Temperatuurontwikkeling</i>	44
5.4.2	<i>Zicht</i>	44
5.4.3	<i>Toxiciteit</i>	44
5.4.4	<i>Betonafspat</i>	45
5.5	SAMENVATTING	45
5.6	REFLECTIE OP EVENTUELE INZET IN TUNNELS	45
5.6.1	<i>Test gegevens</i>	46
5.6.2	<i>Te verrichten arbeid</i>	46
5.6.3	<i>Ademlucht</i>	47
5.7	CONCLUSIES	48
6	RICHTLIJN HULPVERLENING SPOORTUNNELS	49
6.1	INLEIDING	49
6.2	CONCLUSIES	49
6.3	RICHTLIJN VOOR BRANDWEEROPTREDEN	50
	LITERATUUR	52
	BIJLAGE A: SIMULATIESTRAMIEN	54
	BIJLAGE B: TUNNELS IN NEDERLAND	56
	BIJLAGE C: RESPONDENTEN	57
	BIJLAGE D: RESULTATEN SIMULATIESESSIES PER RESPONDENT	58

VOORWOORD

Deze rapportage bestaat uit een aantal onderdelen. Nadat de onderzoeksopzet is gepresenteerd wordt verslag gedaan van de onderzoeksbevindingen. Bij een tweetal onderzoeksactiviteiten is dankbaar gebruik gemaakt van deskundigheid in het brandweerveld. Als eerste betreft het de analyse van tunnelongevallen in relatie tot hulpverleningsmogelijkheden. Speciale dank gaat uit naar dhr. Dabin die als operationeel leidinggevende bij de kanaaltunnel brand heeft opgetreden en dhr. Giller die dezelfde functie heeft vervuld bij de Leinebusch tunnelbrand.

Als tweede betreft het simulatiesessies die gehouden zijn met operationeel leidinggevende binnen brandweer Nederland om van hen te vernemen hoe zij in bepaalde ongevalsituaties in tunnels zouden handelen. De deelnemers (zie bijlage C) worden hiervoor bedankt.

Tevens is een blijk van dank op zijn plaats voor de reflectie op het onderzoek door de begeleidingscommissie. Deze begeleidingscommissie heeft bestaan uit de volgende personen:

dhr. D. van den Brand	Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG Goederenvervoer afd. Lading en Risicobeleid
dhr. C.R. Boeree	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties Afdeling Veiligheidsbeleid
dhr. J. Hoeksma	Ministerie van Verkeer en Waterstaat Bouwdienst rijkswaterstaat Afdeling Tunnelbouw
mw. M.M. Kruiskamp	Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG Goederenvervoer afd. Lading en Risicobeleid
dhr. H.P.J.M. van Liebergen	Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG Goederenvervoer Projectdirectie Betuweroute
dhr. J. Stuijffmeel	Railned Spoorwegveiligheid

SAMENVATTING

Bij de planning en het ontwerp van weg- en railinfrastructuur in Nederland wordt steeds vaker voorzien in tunnels. In diverse actuele infrastructurele projecten in Nederland zijn tunnels gepland zoals de HogeSnelheidsLijn Zuid (HSL Zuid) en de Betuweroute. Tal van andere tunnelprojecten staan op stapel (zie bijlage B).

Bij veiligheid van tunnels worden intensieve discussies gevoerd tussen met name de ontwerpers en hulpverleners. Tussen de ontwerpers en de 'hulpverleners' wordt veel gesproken over technische voorzieningen, zoals ventilatie, rook- en hittedetectie, veilige afstanden tussen vluchtdeuren en afstanden tussen aanvaldeuren. Echter, een discussie op een dergelijk detail niveau gaat voorbij aan een meer fundamentele vraag, namelijk wat de hulpverleningsmogelijkheden zijn in tunnels. Enerzijds is niet eenduidig wat het effect van deze voorzieningen op de veiligheid is en anderzijds lijkt er impliciet van uitgegaan te worden dat bij een willekeurig incident in een tunnel in principe opgetreden kan worden. De mogelijkheden voor externe diensten, vooral de brandweer, om op te treden in een bedreigde tunnelbuis tijdens een incident zijn in de studie onderzocht waarbij de volgende conclusies worden getrokken:

Recente ongevallen in tunnels geven weinig hoop voor effectief offensief optreden van de brandweer (hfd. 3).

Een viertal gevaarsmechanismen is primair van belang waar het gaat om hulpverleningsmogelijkheden in tunnels, te weten de ontwikkeling van temperatuur, zicht, toxiciteit en betonafspat in de tijd (hfd. 2).

Operationeel leidinggevende bij de brandweer blijken weinig te zien in offensief optreden bij ongevallen in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer (hfd. 4)

De confrontatie van empirische gegevens over de ontwikkeling van temperatuur, zicht, toxiciteit en betonafspat in de tijd met die van een brandweerinzet in de tijd (33 minuten) leert dat met name een zicht minder dan 5 meter binnen enkele minuten na de start van de brand hulpverleningsmogelijkheden zeer sterk beperken/bijna onmogelijk maken (hfd. 5).

Tot slot zijn richtlijnen geformuleerd voor hulpverleningsmogelijkheden bij diverse benoemde ongevallenscenario's in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer.

1 INLEIDING

Bij de planning en het ontwerp van weg- en railinfrastructuur in Nederland wordt steeds vaker voorzien in tunnels. In diverse actuele infrastructurele projecten in Nederland zijn tunnels gepland zoals de HogeSnelheidsLijn Zuid (HSL Zuid) en de Betuweroute. Met het gereed komen van de Westerscheldetunnel als eerste boortunnel ter wereld door zachte bodem zal wellicht een precedent ontstaan voor meer nieuwe boortunnels in Nederland. Het ondergronds aanleggen van infrastructuur heeft onder andere als voordeel, dat de (natuurlijke) omgeving boven de grond fysiek onaangetast blijft of voor andere functies beschikbaar blijft, en dat bepaalde externe effecten (zoals overlast en externe veiligheid) van de infrastructuur beperkt blijven (BZK en COB, 1997).

Echter, met deze voordelen samenhangen die met ondergronds bouwen in het algemeen, en met tunnels in het bijzonder, gaan ook nadelen gepaard. Een van prominente nadelen betreft de veiligheid van diegene die zich in de ondergrondse infrastructuur (en dus ook tunnels) begeven. De kennis over de veiligheid in tunnels heeft geen gelijke tred gehouden met de bouw(plannen) ervan. Tussen de 'bouwers' en de 'hulpverleners' wordt veel gesproken over technische voorzieningen, zoals ventilatie, rook- en hittedetectie, veilige afstanden tussen vluchtdeuren en afstanden tussen aanvaldeuren. Enerzijds is niet eenduidig wat het effect van deze voorzieningen (in samenhang) op de veiligheid is en anderzijds lijkt er impliciet van uitgegaan te worden dat bij een willekeurig incident in een tunnel in principe opgetreden kan worden. De mogelijkheden voor externe diensten, vooral de brandweer, om op te treden in een bedreigde tunnelbuis tijdens een incident zijn niet eerder onderzocht. Dit onderzoek beoogt (gedeeltelijk) te voorzien in de opvulling van deze leemte.

Tunnelveiligheid toegespitst op de hulpverleningsmogelijkheden voor de brandweer kan niet beschouwd worden voor tunnels in het algemeen. Het is van belang om relevante verschillen tussen vervoersmodaliteiten (weg of rail; personen of goederen) en tunnelay-out in acht te nemen. Deze verschillen komen tot uiting in de potentiële incidentscenario's en (dientengevolge) in de hulpverleningsscenario's.

Het voorliggende onderzoek is toegespitst op de fundamentele vraag wat de hulpverleningsmogelijkheden zijn voor de brandweer bij calamiteiten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer, gegeven een state-of-the-art tunnelay-out.

Operationele details komen derhalve in dit onderzoek aan bod, voor zover blijkt dat een brandweeroptreden mogelijk is. De praktisch operationele aspecten (personele en materiële capaciteit en procedures) van een brandweeroptreden in een dergelijke tunnel zijn een afgeleide van de theoretische hulpverleningsmogelijkheden. Het onderzoek is nader afgebakend, in de zin dat uitsluitend de repressieve inzet wordt beschouwd bij ongevalsscenario's in de gebruiksfase (en dus niet in de bouwfase).

Ter beantwoording van de onderzoeksvraag zijn drie onderzoeksactiviteiten uitgevoerd: casusanalyse, simulatiesessies en de modellering van het verloop van een brandscenario in een tunnel en opeenvolgende brandweerprocessen rondom de uitruk.

De casusanalyse is gericht op de identificatie van de mechanismen die het optreden van de brandweer tijdens werkelijke tunnelincidenten hebben beïnvloed.

De simulatiesessies beogen de te verwachten (brandweer)praktijk in Nederland bij incidenten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer in kaart te brengen. Daarvoor zijn binnenlandse tunnelexperts bij de brandweer geraadpleegd.

De modellering geeft inzicht in de fysieke situatie in de bedreigde tunnelbuis op het moment dat de brandweer in de onbedreigde tunnelbuis ter hoogte van het incident aankomt. Daarbij is gebruik

gemaakt van data uit Europese proefnemingen en empirisch gefundeerde inzichten in het tijdsverloop van brandweerinzetten.

De onderzoeksopzet wordt nader uiteengezet in hoofdstuk 2. De bevindingen uit een viertal casussen (Kanaaltunnelincident, Leinebuschtunnelincident, Mont Blanctunnelincident en Tauerntunnelincident) worden gepresenteerd in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 behandelt de opzet en resultaten van de simulatiesessies. In hoofdstuk 5 wordt het verloop van een brandscenario geconfronteerd met het te verwachten verloop van primaire brandweerprocessen. In hoofdstuk 6, tenslotte, wordt de vraag beantwoord wat bij welke (typen) calamiteiten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer de hulpverleningsmogelijkheden voor de brandweer zijn.

2 ONDERZOEKSOPZET

Om een gestructureerd beeld te verkrijgen van hulpverleningsmogelijkheden in spoortunnels is een probleemstelling geformuleerd welke leidend is voor het gehele onderzoek (2.1). Uit de probleemstelling zijn een drietal onderzoeksvragen afgeleid, welke de basis vormen de onderzoeks aanpak (2.2).

2.1 Probleemstelling

Tunnels als onderdeel van transportinfrastructuren vormen een belangrijk onderwerp in actuele discussies over de inpassing van transportinfrastructuren. Enkele tientallen jaren geleden in Nederland werden tunnels met name overwogen om geografische barrières te slechten (bijv. waterwegen, te denken valt aan Velsertunnel onder het Noordzeekanaal). Thans worden tunnels tevens voorgesteld om bij te dragen aan de leefbaarheid van de bebouwde omgeving (bijv. station Rijswijk) en het milieu (bijv. Groene Hart Tunnel). Deze ontwikkeling heeft er mede toe geleid dat tunnels zowel in aantal als in lengte toenemen.

Veiligheid is een van de aspecten die een prominente rol spelen in de ontwikkeling van tunnels. Het gaat dan niet alleen om de bekende onderwerpen als interne veiligheid (gebruikers) en externe veiligheid (omwonenden), maar recentelijk ook om hulpverleningsmogelijkheden bij eventuele calamiteiten in tunnels. Gebleken is dat kennis van interne veiligheid in relatie tot tunnels, en in meerdere mate kennis van hulpverleningsmogelijkheden in tunnels, schaars en voor zover aanwezig (zie bijv. BZK, 1997), omstreden is. Invloeden van rook en temperatuur, en de mogelijkheden voor hulpverlener te werken onder dergelijke condities zijn nog steeds onderhevig aan sterke discussies. De aandacht voor hulpverleningsaspecten in de ontwerpfase van tunnels is relatief nieuw en heeft reeds voor aanzienlijke discussies tussen tunnelontwerper en hulpverlener gezorgd (zie bijv. de discussies bij de Westerschelde oeververbinding of de Groene Hart Tunnel). De brandweer bijvoorbeeld eist dat bepaalde maatregelen ter bevordering van de veiligheid in het tunnelontwerp zijn aangebracht. De veiligheidsmaatregelen waaraan gedacht kan worden zijn onder meer ventilatie, rookmelding, verlichting, afstanden tussen vluchtdeuren, afstanden tussen aanvaldeuren, looppaden, etc. Het is echter de tunnelbeheerder die hiervoor het geld moet verstrekken. Daarbij komt dat het veelal niet bekend is wat de effectiviteit van maatregelen ter bevordering van de veiligheid is (BZK en COB, 1997).

Om hulpverleningsdiensten en tunnelontwerpers enig houvast te geven heeft het Ministerie van Binnenlandse Zaken in 1997 is een beveiligingsconcept of 'programma van eisen' ontwikkeld voor spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer (BZK, 1997). Dat het hier enkel spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederen vervoer betreft komt voort uit de actualiteit van de zes tunnels als onderdeel van de Betuweroute. In het beveiligingsconcept wordt het kader geschetst voor het ontwerpen van spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederen vervoer. Het kader komt voort uit een integrale benadering van veiligheid, waarbij onder andere is gekeken naar preventie (het voorkomen van incidenten), de preparatie (de voorbereiding op incidenten) en repressie (het bestrijden van incidenten). Echter, ook het beveiligingsconcept is niet altijd even eenduidig in haar kader. Zo wordt in het beveiligingsconcept er van uitgegaan dat (p.67): "de hulpverlenende diensten optreden op het moment dat er geen levensbedreigende situatie meer in de bedreigde tunnelbuis heerst". Dit uitgangspunt betekent dat de vraag 'of er sprake is van een levensbedreigende situatie' beantwoord moet zijn alvorens hulpverleningsdiensten overgaan tot optreden in de bedreigde tunnelbuis.

Het is met de name de brandweer die als eerstverantwoordelijke hulpverleningsdienst bij tunnelincident de leiding heeft bij de repressie. Onduidelijk is wanneer er sprake is van een levensbedreigende situatie en dus is onduidelijk wanneer de brandweer (nog) optreedt bij calamiteiten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer.

Het is juist deze fundamentele kwestie die eenduidig beantwoord dient te zijn alvorens direct de focus te leggen op technische maatregelen zoals ventilatie, verlichting, tussendeuren, etc. Het voorliggende

onderzoek beoogt deze onduidelijkheid weg te nemen. Het voorgaande vertaalt zich in de volgende probleemstelling:

De probleemstelling is dan ook als volgt geformuleerd:

Onduidelijk is in welke situaties de brandweer kan optreden bij calamiteiten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederen vervoer, en wat de hulpverleningsmogelijkheden zijn.

De vraagstelling die hieruit volgt luidt ten eerste: Bij welke(typen) calamiteiten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer valt van de brandweer een inzet te verwachten? En ten tweede: Op welke wijze verloopt deze inzet?

Deze algemene vraag kan worden onderverdeeld in een drietal onderzoeksvragen:

1. Welke lessen voor het optreden van de brandweer kunnen worden getrokken uit recente tunnelincidenten?
2. Hoe denken repressieve leidinggevendenden van de brandweer op te treden bij tunnelincidenten?
3. Welke mechanismen gerelateerd aan tunnelincidenten beïnvloeden hulpverleningsmogelijkheden in tunnels, en in welke mate?

Ondanks de samenhangen tussen preventie, preparatie en repressie is dit onderzoek met name gericht op repressie. De reden hiervoor is dat de repressie een belangrijke schakel vormt van de veiligheidsketen en daarmee een relevante bouwsteen vormt als onderdeel van integrale veiligheid.

Gebleken is dat calamiteiten in tunnels zich zowel in de bouw als gebruiksfase zich voor kunnen doen. Dit onderzoek beperkt zich tot ongevalsscenario's die plaatsvinden in de gebruiksfase van tunnels, omdat juist deze ongevallen samenhangen met de primaire functie van tunnels, te weten het faciliteren van transport.

2.2 Onderzoeksaanpak

Om inzicht te krijgen in hulpverleningsmogelijkheden bij calamiteiten in spoortunnels worden drie methoden van onderzoek gehanteerd, overeenkomstig de hierboven geformuleerde onderzoeksvragen:

1. casusanalyse
2. simulatiesessies
3. modellering.

2.2.1 Casusanalyse

Onderzoeksvraag 1 luidde:

Welke lessen voor het optreden van de brandweer kunnen worden getrokken uit recente tunnelincidenten?

Als methode van onderzoek wordt casusanalyse uitgevoerd. Het doel van de casusanalyse is het in beeld brengen van mechanismen die het optreden van hulpverleners hebben beïnvloed bij calamiteiten zoals die hebben plaatsgevonden in tunnels. Dergelijke mechanismen behoeven niet specifiek te zijn voor calamiteiten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer, maar kunnen ook naar voren komen bij calamiteiten in bijvoorbeeld wegtunnels of spoortunnels waardoor ook personenvervoer is toegestaan. Vandaar dat geselecteerde casussen ook andersoortige (dan goederenspoor) tunnels betreffen. De nadruk van de analyse van in werkelijkheid gebeurde calamiteiten ligt op het trekken van lessen op basis van empirisch materiaal,

Ongevalsrapportages en hulpverleningsdocumenten worden (daar waar noodzakelijk) aangevuld met interviews die zijn gehouden met functionarissen die operationeel leiding hebben gegeven aan de bestrijding van de beschreven calamiteiten. Deze functionarissen zijn uitgenodigd op het Nibra, waar met hen op diverse momenten intensief is gesproken over hulpverleningsmogelijkheden bij het

tunnelincident waar zij de leiding hadden. Daarnaast is in meer algemene zin met deze functionarissen van gedachte gewisseld over hulpverlening in tunnels. Deze interviews en gesprekken geven aanvullende informatie over bijvoorbeeld overwegingen welke ten grondslag liggen aan gemaakte keuzen, maar welke niet in rapportages zijn verwoord. De documentanalyse aangevuld met gesprekken met operationeel leidinggevendenden geven een beeld van ervaringen zoals die in de werkelijkheid zijn opgedaan bij de bestrijding van calamiteiten in tunnels. De lessen die uit de empirie worden getrokken vormen een belangrijk deel van de input voor de simulatiesessies gehouden als onderdeel van tweede onderzoeksactiviteit.

2.2.2 Simulatiesessies

Onderzoeksvraag 2 luidde:

Hoe denken repressieve leidinggevendenden van de brandweer op te treden bij tunnelincidenten?

Hiertoe worden simulatiesessies gehouden. Het doel van de simulatiesessies is de daadwerkelijke beslissing te simuleren van operationeel leidinggevendenden binnen de brandweer (officier van dienst) bij bepaalde ongevalsscenario's in een spoortunnel uitsluitend bestemd voor goederenvervoer. De bijdrage van deze simulatiesessies is dat de werkelijkheid zo goed als mogelijk wordt benaderd. Meer dan theoretische modelleringen over bijvoorbeeld loopsnelheden in gespecificeerde tunnelomstandigheden, leveren de simulatiesessies informatie op over een fundamenteeler aspect van hulpverlening, namelijk of tot een offensieve inzet wordt besloten.

De lessen die zijn getrokken uit de literatuurstudie worden gebruikt in de opzet van de simulatiesessies. Het doel van de simulatiesessies is een beeld te geven bij de hulpverleningsmogelijkheden van typische calamiteiten zoals deze zich voor kunnen doen in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer. Binnen het merendeel van de Nederlandse brandweerkorpsen die tunnels in hun verzorgingsgebied hebben of binnenkort krijgen worden simulatiesessies gehouden met diegene die tunnels als speciaal aandachtsgebied hebben. Hen wordt in simulatiesessies typische ongevalsscenario's in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer voorgelegd waarvan aan hen onder tijdsdruk als officier van dienst wordt gevraagd op welke wijze zij in deze situatie op zullen treden. De tunnelexpert binnen de brandweer krijgt voor een gegeven layout van een spoortunnel een ongevalsscenario voorgelegd waarna hem/haar wordt gevraagd hoe hij/zij als officier van dienst gegeven het scenario gaat optreden.

De simulatiesessies beogen een beeld te geven van situaties waarin wel en waarin niet wordt opgetreden door de brandweer. In die gevallen waarin wel wordt opgetreden, wordt beoogd een beeld te geven wat de hulpverleningsmogelijkheden zijn. Dit beeld betreft operationele aspecten van hulpverlening zoals in te zetten menskracht en materieel.

2.2.3 Modelling

Onderzoeksvraag 3 luidde:

Welke mechanismen gerelateerd aan tunnelincidenten beïnvloeden hulpverleningsmogelijkheden in tunnels, en in welke mate?

Modelling van een aantal fysieke gevaarsmechanismen kan inzicht geven in aspecten die hulpverlening in tunnels beïnvloeden. Ter aanvulling van het beeld dat uit de casusanalyse en de simulatiesessies naar voren komt, wordt een incidentscenario uitgewerkt en geconfronteerd met een realistische fasering van de brandweerinzet. Het incidentscenario beschrijft het verloop van de fysieke mechanismen 'temperatuur', 'zicht', 'CO-concentratie' en 'betonafspat', gebaseerd op brandproeven met diverse voertuigen in een tunnel in Noorwegen. De fasering van de brandweerinzet wordt uitgewerkt op basis van diverse statistische gegevens (of, indien die niet beschikbaar zijn, expert judgement). De fysieke situatie in de bedreigde tunnelbuis op het moment van aankomst in de onbedreigde tunnelbuis ter hoogte van het incident, zal medebepalend zijn voor de inzetmogelijkheden.

3 CASUÏSTIEK

Om een kwalitatief beeld te verkrijgen van mechanismen die de hulpverlening beïnvloeden wordt in dit hoofdstuk een aantal tunnelincidenten geanalyseerd.

3.1 Inleiding

De afgelopen jaren zijn bij incidenten in tunnels in Europa tientallen slachtoffers gevallen, waaronder ook personeel van hulpverleningsdiensten (zie bijvoorbeeld het Mont Blanc tunnelincident). Inzicht in de praktijk mechanismen die de hulpverlenings(on)mogelijkheden hebben beïnvloed zijn bruikbaar om inzicht te geven in de vraag of er al dan niet sprake is van een voor de brandweer levensbedreigende situatie of resulteert in enig positief effect. Om inzicht in dergelijke mechanismen te verkrijgen worden een aantal casussen geanalyseerd vanuit het perspectief van de hulpverlening. De casussen betreffen ongevallen in tunnels waarbij hulpverlening een prominente rol heeft gespeeld. Leidende vraag in dit hoofdstuk en de casussen is: Welke mechanismen hebben zich voorgedaan bij incidenten in tunnels relevant voor het optreden van de brandweer?

Onder een mechanisme wordt in dit onderzoek verstaan: een ontwikkeling die kan bijdragen aan het ontstaan van een levensbedreigende situatie in de tunnel voor de brandweer. Om de resultaten op een structurele wijze te verkrijgen zal in paragraaf 2 een analyse kader voor de casussen worden ontwikkeld. Tevens worden daarin de tunnelincidenten geselecteerd aan de hand van vier selectiecriteria. In paragraaf 3 worden de casussen beschreven en geanalyseerd. In paragraaf 4 worden de voornaamste conclusies getrokken.

3.2 Analyse kader en casus selectie

In deze paragraaf zullen het analysekader en de casussen worden geselecteerd.

3.2.1 Analyse kader

Omdat casussen altijd van elkaar verschillen beveelt Yin (1989) aan om een kader te ontwikkelen, welke ervoor zorg draagt dat de analyse van de verschillende casussen op een vergelijkbare en structurele manier plaatsvindt. Dit is ook van belang waar het een tunnelincident betreft; geen enkel tunnelincident namelijk zal hetzelfde zijn. Zonder een vooraf beschreven analysekader zou dit kunnen betekenen dat resultaten enkel voor de unieke casus geldig zijn. Om deze beperkte geldigheid te voorkomen is een hieronder een analysekader ontwikkeld om mechanismen te identificeren die de hulpverlening hebben beïnvloed.

Ten eerste is het van belang een situatieschets te hebben van de tunnel (ligging en kenmerken) en het type incident. Karakteristieken van de tunnel en het incident kunnen namelijk op specifieke wijze de hulpverlening hebben beïnvloed.

Ten tweede is de reconstructie van de gebeurtenissen ten behoeve van de bestrijding van het incident van belang. Met name is gelet op de aard van het gevaar, tijdsverloop, alarmering, redding, procedurele aspecten, operationele inzet, en schade. In tabelvorm wordt een reconstructie van de hulpverlening gegeven opdat duidelijk wordt welke acties door hulpverleners zijn ondernomen en welke mechanismen hen hiertoe noodzaakten.

Met kennis van deze twee elementen wordt een analyse uitgevoerd van de hulpverlening. De analyse van de casus zal gericht zijn op mechanismen die van invloed zijn op het ontstaan van een al dan niet levensbedreigende situatie en die dus van invloed zijn op het optreden van hulpverleners. Daarbij worden ten behoeve van de analyse drie categorieën van mechanismen onderscheiden:

- verwijzend naar de fysieke omstandigheden waaronder een inzet plaatsvindt
- verwijzend naar de informatievoorziening en communicatie rondom één inzet
- verwijzend naar het functioneren van organisatie, procedures en het gedrag van operationele functionarissen rondom een inzet.

Nu het analysekader is geschetst, is van belang een aantal relevante casussen te selecteren.

3.2.2 Casusselectie

Voor de identificatie van realistische mechanismen die de hulpverleningsmogelijkheden bij tunnelincidenten beïnvloeden is het van belang praktijkcasussen te analyseren van incidenten in tunnels. Echter, praktijklessen kunnen zeer wel ook geleerd worden uit incidenten in tunnels bestemd voor wegverkeer en personenvervoer. Andersoortige praktijklessen dan die in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer kunnen namelijk ook inzichten in mechanismen geven die de hulpverlening hebben beïnvloed. Uit een inventarisatie van het COB (1997) is gebleken dat het van incidenten in spoortunnels bij twee incidenten (het Summittunnelincident op 20 december 1984 en het Kanaaltunnelincident op 18 november 1996) een goederentrein betrof in de gebruiksfase van de tunnel. Dit betekent dat casus materiaal betreffende spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer zeer schaars is. Vandaar dat de selectie van tunnelincidenten wordt gemaakt uit incidenten welke plaats hebben gevonden in weg- en spoortunnels zowel geschikt voor personen als goederenvervoer. Bij de selectie van casussen zijn de volgende selectiecriteria gehanteerd.

Rol hulpverlening: Externe (niet aan de vervoerder of tunnelexploitant gelieerde) hulpverleningsdiensten zijn ingeschakeld voor de bestrijding van het incident. Met name casussen waarin de hulpverleningsdiensten een prominente inzet hebben gepleegd kunnen inzicht verschaffen in de grenzen en (dus) de mogelijkheden van hulpverleningsdiensten.

Bronnen: De feiten omtrent de hulpverlening moeten voldoende gedocumenteerd zijn in rapportages en/of artikelen. Daarnaast zijn betrokkenen bij het incident bronnen van informatie.

Actualiteit: Met actualiteit wordt beoogd dat de casus in voldoende mate aansluit bij de huidige stand van de technische en organisatorische mogelijkheden van hulpverleningsdiensten. Actueel is geoperationaliseerd in termen dat het incident zich heeft voorgedaan in de afgelopen vijf jaar (1995-2000). Op grond van de vier criteria zijn de volgende casussen geselecteerd:

Casus	Rol hulpverlening	Bronnen	Actualiteit	W.-Europa
Kanaaltunnel	Inzetduur: 29 uur; 233 Franse hulpverleners, 209 Britse brandweerkrachten, 24 ambulancekrachten en 50 politiemensen	<i>Inquiry into the fire on heavy goods vehicle shuttle 7539 on 18 November 1996</i> , Department of the Environment, Transport and the Regions GB; <i>Fire Europe</i> , nr. 5, 1997; Divisional Officer Kent Fire Brigade	18 nov. 1996	Groot-Brittannië Frankrijk
Leinebuschtunnel ¹	Inzetduur: 19 uur; 235 brandweerkrachten, 9 medewerkers van gezondheidsdiensten, politie en Bundesgrenzschutz.	<i>112 Magazin der Feuerwehr</i> , nr. 5, 1999; Kreisbrandmeister Göttingen	2 mrt. 1999	Duitsland
Mont Blanc tunnel	Inzetduur: 55 uur; capaciteit onbekend	Rapportage 'bestuursopdracht tot technisch onderzoek', het Franse ministerie van Binnenlandse Zaken en het ministerie van Verkeer, Waterstaat en Woningbouw, 13 april 1999	24 mrt. 1999	Frankrijk/ Italië
Tauerntunnel	Inzetduur: 19 uur; 400 brandweerkrachten, 190 medisch personeel	<i>112 Magazin der Feuerwehr</i> , nr. 9, 1999; <i>Feuerwehr</i> , nr. 8, 2000	29 mei 1999	Oostenrijk

Tabel 1: Casus selectie.

¹ Het Leinebusch incident maakt geen onderdeel uit van de COB(1997) inventarisatie.

3.3 Casusbeschrijving en -analyse

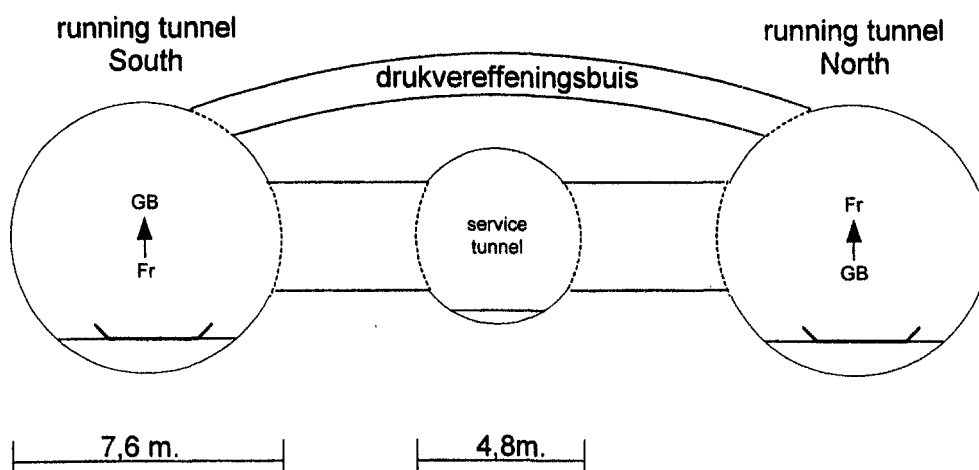
In deze paragraaf worden de vier geselecteerde casussen (zie tabel 1) geanalyseerd.

3.3.1 Kanaaltunnelincident

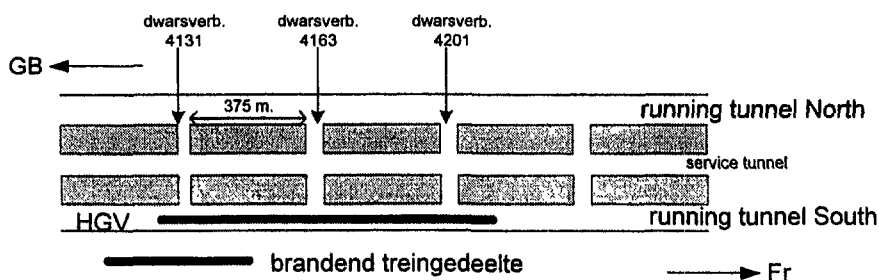
Achtereenvolgens wordt een situatieschets, beschrijving van het incident en een analyse van het incident gegeven.

Situatieschets

De Kanaaltunnel is een geboorde tunnel onder het Brits Kanaal tussen Frankrijk en Groot-Brittannië. Met ongeveer 50 km is de Kanaaltunnel de langste tunnel van Europa. De tunnel heeft drie buizen: twee 'running tunnels' (north en south) met treinverkeer in één richting, en een 'service tunnel' tussen beide running tunnels in. De service tunnel is verbonden met de running tunnels door middel van dwarsverbindingen op 375 m afstand van elkaar. De beide running tunnels zijn met elkaar verbonden middels drukvereffeningsbuizen. Deze zijn noodzakelijk omdat treinen in de kanaal tunnel vrijwel de gehele doorsnede van tunnelbuis vullen. Bij hoge snelheden zou door hoge druk schade kunnen ontstaan. Drukvereffeningsbuizen gaan deze schade tegen. Pas bij snelheden lager dan 20 km/u kunnen de drukvereffeningsbuizen worden gesloten. Het verkeer in running tunnel south gaat in de richting van Groot-Brittannië (GB). Het verkeer in running tunnel north gaat van Groot-Brittannië naar Frankrijk.



Figuur 1a: Kanaaltunnel (dwarsdoorsnede).



Figuur 1b: Kanaaltunnel (bovenaanzicht).

Beschrijving van incident

De beschrijving van het incident heeft met name plaatsgevonden op basis van een onderzoek van Desfray en Beech (1997) getiteld *Inquiry into the fire on heavy goods vehicle shuttle 7539 on 18 November 1996*, uitgevoerd door Department of the Environment, Transport and the Regions GB, zoals gepubliceerd in *Fire Europe*, nr. 5, 1997. Daarnaast is de Divisional Officer van de Kent Fire Brigade geïnterviewd.

Het Kanaaltunnelincident betrof een brandende vrachtwagen op een heavy goods vehicle (HGV), die running tunnel south inreed. Het HGV bestond uit twee delen: een deel van vijftien enkeledeks wagons en een deel veertien dubbeldeks wagons. Tevens bevonden zich zowel aan de voorkant en de

achterkant van het HGV een locomotief. De brand begon onder een vrachtwagen op de helft van het tweede treindeel.

Tijd	Ongevalseenario
18/11/96 21.19-21.32	Laden HGV oprijden vrachtwagens
21.48	HGV rijdt running tunnel south in
21.48	Beveiligingsbeambten detecteren brand buiten tunnel en informeren Franse Terminal Control Centre (FTCC)
21.49	FTCC informeert Rail Control Centre (RCC)
21.49-21.52	Vijf maal automatisch <i>unconfirmed</i> brandalarm bij beide Fire Equipment Management Centres (FEMC)
21.51	Machinist HGV geïnformeerd over brandalarm door RCC
21.51	Automatische branddetectie aan boord HGV
21.51-21.57	Maatregelen RCC: alle treinen afremmen tot 100 km/u; sluiten drukvereffeningsbuizen tussen running tunnels; aanzetten hoofdverlichtingssysteem in service tunnel en running tunnel south; Machinist wil met 20 km/u tunnel uitrijden, echter ontsporingslamp brandt vanwege het doorbranden van bedrading. Het branden van de ontsporingslamp in HGV (rode lamp) dwingt trein tot stilstand.
21.56	Franse First Line of Response (F FLOR, brandbestrijdingsteam) rijdt service tunnel in na minuten vertraging door toegangspassysteem
21.57	Indicatoren van system failures waargenomen door Chef de Train
21.58	Gecontroleerde stop HGV; uitvallen spanning op bovenleiding
22.01	Machinist HGV geeft door aan RCC, dat het onmogelijk is de cabine te verlaten vanwege dichte rook. Rijdende treinen (20km/u) trekken rook van achter de ramptrain binnen 1 minuut over de gehele ramptrain. Branddeuren tussen beide tunnelbuizen zijn niet geheel gesloten, waardoor rook zich van de ene naar de andere tunnelbuis kon verspreiden.
22.01	Chef de Train opent deuren van passagierscabine, waardoor verroking van de cabine plaatsvindt en evacueren onmogelijk blijft
22.02	Administratieve communicatiesysteem tussen Frankrijk en GB valt uit; passagierstrein achter HGV kan niet de tunnel uitrijden vanwege spanningloze bovenleiding
22.03	Britse First Line Of Response (B FLOR) rijdt service tunnel in
22.13	Aanvullende ventilatiesysteem wordt aangezet door RCC; rook wordt niet verdreven doordat treinen in de tunnel de luchtstroom blokkeren. Ventilatoren zijn vervolgens weer in de vaanstand gezet.
22.15	RCC geeft passagierstrein in running tunnel north opdracht te stoppen en te dienen als evacuatie trein
22.18-22.24	RCC stuurt F FLOR naar twee foutieve dwarsverbindingen
22.20-22.22	Correctie door RCC van instelling aanvullende ventilatiesysteem; rook komt in beweging in de richting van Frankrijk
22.21	Herstel van de spanning op de bovenleiding vanuit RCC; passagierstrein achter HGV rijdt in omgekeerde richting tunnel uit
22.21	RCC opent dwarsverbindingdeuren 4131 bij voorste locomotief HGV en passagierscabine; 'Bubble effect': door overdruk in de servicetunnel ontstaat een luchtstroom in running tunnel south die de rook verdrijft; Chef de Train evacueert de passagiers
22.25	RCC stuurt F FLOR naar juiste dwarsverbinding 4131 bij voorste locomotief HGV; F FLOR treft geëvacueerde passagiers aan in service tunnel en redt machinist uit de locomotief
22.25-22.42	Eerste hulpverlening door F FLOR en B FLOR
22.34	Dwarsverbinding 4131 wordt gesloten
22.42-22.52	Passagiers HGV gaan aan boord van evacuatie trein in running tunnel north
22.53	Eerste verkenning naar brand door B FLOR via dwarsverbinding 4131; F FLOR verzorgt achtergebleven passagiers HGV; bijstand van Britse zijde wordt aangevraagd; toenadering lukt tot op 100 m na volgende dwarsverbinding 4163; communicatie is vanaf dat punt onmogelijk; de spuitstraal bereikt de brandhaard niet; inschatting is dat de brand geconcentreerd is rondom dwarsverbinding 4201 en vijf wagons beslaat
23.02	Eerste alarmering Kent Fire Brigade (Britse Second Line Of Response, B SLOR)
23.24	Evacuatie trein arriveert bij Franse terminal
23.29-23.45	Franse commandant ter plaatse stuurt verkenningsteams in running tunnel south via dwarsverbindingen 4163 en 4201; inschatting van de omvang van de brand in de richting van Frankrijk blijkt moeilijk; circa vijf wagons; toenadering via 4201 is onmogelijk door hevigheid van de brand;
23.52	B SLOR arriveert ter hoogte van dwarsverbinding 4131; tweezijdige blussing vangt aan via 4163 (Frans commando) en 4201 (Brits commando); vanwege explosies en hevige schade wordt civiel ingenieur ter plaatse verzocht; 1 m werkruimte is moeilijk begaanbaar; pad aan 1 zijde van het HGV ontoegankelijk
00.00	Vaste blusleiding scheurt door betonafspat; aantal stralen teruggebracht van 5 naar 2; ingenieur wordt opgeroepen om omleiding te creëren
05.00	Centrum van de brand onder controle
20/11/96 03.00	Nablussingwerkzaamheden

Tabel 2: Reconstructie Kanaaltunnelincident.

Temperatuur	Slachtoffers	Schade
800 - 1300 gr Celsius	Geen; blootstelling aan rook gedurende 20 minuten van 34 personen	50 m tunnelwand te herbouwen; diverse tunnelsystemen over 1500 tot 4000 m verwoest; 10 wagons onherstelbaar beschadigd

Tabel 3: Kentallen Kanaaltunnelincident.

Analyse

Mede op basis van Hoffman (1997) zijn een aantal mechanismen geïnventariseerd welke relevant zijn voor de hulpverleningsmogelijkheden vanaf het moment dat het brandende HGV stilstond in de tunnel. De volgende ontwikkelingen deden zich voor:

De rookverspreiding met de rijrichting over het voertuig heen was dusdanig sterk, dat elk zicht van de inzittenden op het binnenste van de tunnel verhinderd werd. Vanuit de trein waren de positiemarkeringen door de dichte rook niet waarneembaar. Vanaf de trein kon geen informatie gegeven worden omtrent de exacte positie, waardoor de zelfredding (de deur werd op afstand geopend, zodat de passagiers de kans kregen het voertuig te verlaten) werd vertraagd.

De beveiliging van de service tunnel bleek een bottleneck in de uitrukprocedure; het Franse team liep minuten vertraging op, doordat een toegangspas weigerde. Hetzelfde team werd als gevolg van onheldere communicatie tot twee keer toe naar de verkeerde dwarsverbinding gestuurd. Dit heeft de uitruktijd tot aan de locatie van het incident verlengd tot een half uur.

De geplande opstelling van Britse en Franse eenheden aan respectievelijke de Britse en Franse zijde van het incident werd in de praktijk niet nageleefd. Britse brandweerkrachten werkten via de dwarsverbinding aan Franse zijde, Franse brandweerkrachten werkten aan Britse zijde. Dit heeft volgens de betrokken Britse officier gevaar opgeleverd, omdat de brand bij de dwarsverbinding waar de Britse eenheden werkten voorlangs woedde. Door de wisseling van positie in de service tunnel kwamen Britse eenheden benedenwinds te werken.

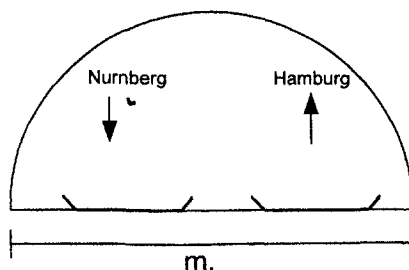
Uit gesprekken met de verantwoordelijke officier bij het Kanaaltunnelincident bleek dat de inzetijd voor blussing in de bedreigde tunnelbuis maximaal 10 minuten bedroeg, waarna brandweerlieden vanwege de fysieke belasting en de hitte de gelegenheid gegeven moest worden om te rusten en drinken. Individuele brandweerlieden werkten in een roulatiesysteem. Het werken met ademluchtbescherming blijkt, tezamen met de hitte en het beperkte zicht, een zware belasting op te leveren. Met voldoende rust waren meerdere inzetten per persoon mogelijk. Daarnaast werd door de verantwoordelijke aangegeven dat in dergelijke situaties een loopafstand van 100 meter tot het maximum behoort.

3.3.2 Leinebuschtunnelincident

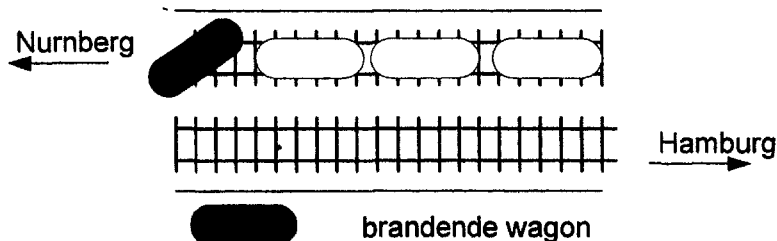
Achtereenvolgens wordt een situatieschets, beschrijving van het incident en een analyse van het incident gegeven.

Situatieschets

De Leinebuschtunnel is een door een berg geboorde spoortunnel op het hogesnelheidstracé Hannover – Würzburg in Landkreis Göttingen (Duitsland). De 1740 m lange tunnel ligt 10 km ten zuidwesten van de stad Göttingen. De tunnel bestaat uit één buis met sporen in twee richtingen.



Figuur 2a: Leinebuschtunnel (dwarsdoorsnede).



Figuur 2b: Leinebuschtunnel (bovenaanzicht).

De beschrijving van het incident heeft met name plaatsgevonden op basis van de publicatie gevoed vanuit de Deutsche Bundeswehr in *112 Magazin der Feuerwehr*, nr. 5, 1999. Tevens is de Kreisbrandmeister Göttingen geïnterviewd.

Het incident betrof de ontsporing, door een defecte wiellager, van de 14e van 24 wagons van een goederentrein. De wagon ontspoorde 6 km buiten de tunnel, waarna de trein vanuit noordelijke richting in de tunnel tot stilstand kwam. De machinist koppelde de voorste 13 wagons af en reed deze in zuidelijke richting de tunnel uit.

Tijd	Ongevalsscenario
2/3/99 01.20	Alarmcentrale Landkreis Göttingen ontvangt van Deutsche Bahn (DB) het bericht dat een brandende goederentrein stilstaat in baanvak 109,4; geen melding van een tunnel
01.20-01.50	Diverse vrijwillige brandweerkorpsen rukken uit tot aan beide tunnelportalen; het baanvak blijkt zich in de tunnel te bevinden; aan het noordportaal krijgt men het vermoeden van een ontsporing, wegens beschadigingen aan het spoor, van rook is geen spoor waarneembaar; rook komt uit het zuidelijke tunnelportaal; twee brandweerkrachten voeren een verkenning uit vanuit zuidelijke richting; op 650 m treffen zij 11 wagons aan, waarvan de voorste is ontspoord en in brand staat
01.50	De Officier van Dienst (OvD) en de Commandant van brandweer Göttingen worden gealarmeerd
01.50	De OvD geeft bevel de reddingstrein uit Kassel (ten zuiden) te laten uitrukken
01.50	Brandweer Kassel verzoekt de reddingstrein uit Hildesheim (ten noorden) te laten uitrukken
01.50-02.50	Deutsche Bahn (DB) en grenspolitie aarden de bovenleiding na uitschakeling van de spanning door DB; OvD richt opstelplaats in
02.14	De reddingstrein is bemand met benodigd brandweerpersoneel
02.34	De machinist van de reddingstrein arriveert; de reddingstrein rukt uit
02.55	DB meldt de exacte lading van de brandende en aangrenzende wagons: pallets kopieerpapier en cellulose; de achterste 2 wagons bevatten airbags
03.04	Reddingstrein arriveert bij zuidelijke tunnelportaal
03.39	Reddingstrein rijdt tunnel in en begint bluswerkzaamheden
03.40-04.00	De OvD kan aanvankelijk ter plaatse bluswerkzaamheden zonder gebruik van ademlucht coördineren; vervolgens is na de start van de bluswerkzaamheden sprake van acute verroking van de gehele tunneldiameter
04.00-04.42	Reddingstrein uit het noorden blijft uit; aanvullende watervoorziening wordt aangelegd vanaf open water 2,6 km vanaf zuidelijk tunnelportaal
04.42-12.00	De brandende wagon wordt afgekoppeld; een poging de wagon met de locomotief van de reddingstrein uit te rijden mislukt; de wagon wordt opengeknipt; de lading wordt op het spoor afgeblust; aflussing vindt plaats in volledig doorrookte tunnel
05.25	Watervoorziening reddingstrein is verbruikt; opbouw watervoorziening van tunnelportaal naar reddingstrein duurt 30 minuten
12.23	Blussingwerkzaamheden afgerond, aanvang berging
14.30	Reddingstrein verlaat plaats incident
3/3/99 20.23	Laatste eenheid rukt in

Tabel 4: Reconstructie Leinebuschtunnelincident

Het belang van registratie van operationele kentallen werd niet tijdig onderkend door betrokkenen. Daarom zijn kentallen voor het Leinebuschtunnelincident onvoldoende betrouwbaar te destilleren uit beschikbare bronnen en worden deze hier niet als zodanig beschreven.

Analyse

De mechanismen relevant voor de hulpverleningsmogelijkheden in deze casus worden bekeken vanaf het moment dat het brandende treindeel was achtergelaten in de tunnel.

De feitelijke uitruk van de brandweer verliep niet volgens procedure. De reddingstrein was pas na een uur ter plekke, waardoor –in het geval het een passagierstrein was geweest- van redding in het 'gouden uur' geen sprake kon zijn.

Het incident geeft inzicht in de rookverspreiding in de tunnel. Men was uitgegaan van de aanname, dat de natuurlijke ventilatie voldoende zou zijn voor het rookvrij houden van tenminste het onderste deel van de tunneldoorsnede. Deze aanname was gestoeld op het feit dat de tunnel relatief kort is en de diameter relatief groot (twee sporen naast elkaar). De ervaring was, dat de rook niet gestratificeerd bleef, dat de natuurlijke ventilatie de rook onvoldoende uitdreef, en dat werkzame brandbestrijding onder deze omstandigheden zeer moeilijk bleek. De verroking van de tunnel verliep bovendien acuut vanaf het moment dat werd begonnen met bluswerkzaamheden. Er bestond nauwelijks een overgangsfase tussen een redelijk klimaat en omstandigheden waaronder ademlucht noodzakelijk was.

Tijdens de inzet kreeg de OvD te maken met de samenlopende omstandigheden: de reddingstrein uit Hildesheim kwam niet opdagen en de voorraad bluswater in de reddingstrein uit Kassel raakte uitgeput. De oplossing om met schuimmiddel te blussen kon niet uitgevoerd worden, omdat een mixpomp vanwege achterstallig onderhoud niet gebruikt kon worden. Het enige alternatief was vervolgens om een 2,6 km lange watervoorziening aan te leggen vanaf open water.

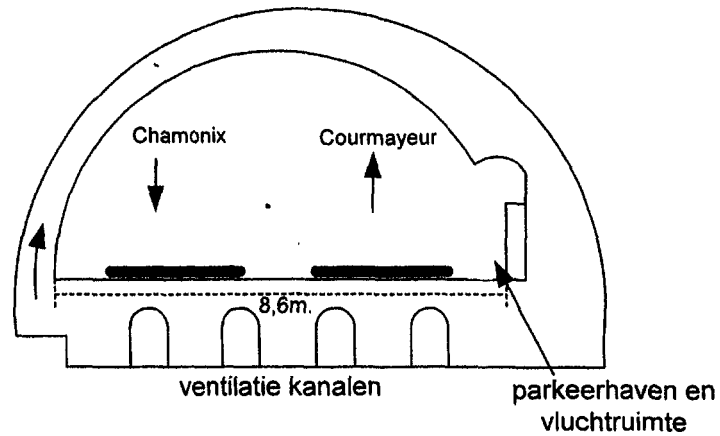
Uit gesprekken met de verantwoordelijke bij het Leinebuschtunnelincident bleek, dat de taakbelasting voor het personeel sterk toenam bij snel verslechterende omstandigheden. De eerste benadering van de wagon gebeurde zonder gebruikmaking van ademlucht. Daarna raakte de tunnelbuis snel doorrookt, zodat gebruik van ademlucht noodzakelijk werd. Ondanks de voldoende werkruimte naast de incidenttrein en de beperkte hitte, heeft het vervoer in een afgesloten nauwe trein, het versjouwen van zwaar materieel uit de trein, en het werken met ademlucht geleid tot grote psychische en fysieke belasting van de manschappen. De brand betrof een smeulende papierbrand in een afgesloten wagon. Reeds onder deze eenvoudige omstandigheden kwam men in de buurt van de grensbelasting. Daarnaast werd door de verantwoordelijke aangegeven dat eventuele horizontale verplaatsing buiten de mogelijkheden viel. Overigens was het horizontaal verplaatsen niet nodig, omdat de reddingstrein kon oprijden tot aan het incident.

3.3.3 Mont Blanctunnelincident

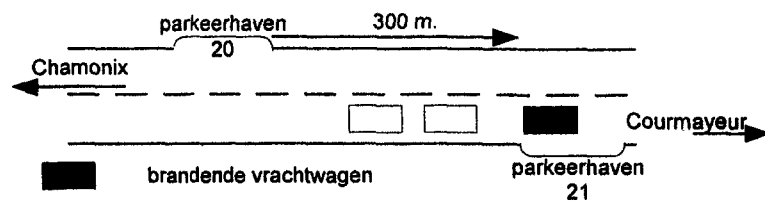
Achtereenvolgens wordt een situatieschets, beschrijving van het incident en een analyse van het incident gegeven.

Situatieschets

De Mont Blanctunnel is een geboorde tunnel door het Alpengebergte tussen Frankrijk en Noordwest-Italië. De tunnel is gelegen tussen Chamonix (Fr) en Courmayeur (It) en heeft een lengte van 11,6 km, waarvan 7,640 km op Frans grondgebied. De Mont Blanctunnel is een verkeerstunnel met één buis en autoverkeer in twee richtingen. Elke 300 m in de tunnel bevindt zich een parkeerhaven, afwisselend links en rechts, met daartegenover een keergang. Elke tweede parkeerhaven heeft een vluchtruimte.



Figuur 3a: Mont Blanc tunnel (dwarsdoorsnede).



Figuur 3b: Mont Blanc tunnel (bovenaanzicht).

De beschrijving van het incident heeft met name plaatsgevonden op basis van de rapportage *Bestuursopdracht tot technisch onderzoek*, door het Franse ministerie van Binnenlandse Zaken en het ministerie van Verkeer, Waterstaat en Woningbouw.

Het incident in de Mont Blanc tunnel betrof een vrachtwagenbrand die door brandoverslag uitmondde in een brand van tientallen voertuigen.

Tijd	Ongevalseenario
24/3/99 10.46	Chauffeur rijdt vrachtwagen met lekkende dieseltank (1000 l) de tunnel in vanuit Frankrijk
10.53	Operator stelt verhoogde rookconcentratie in tunnel vast, op basis van meldingspaneel
10.53	Chauffeur zet, gealarmeerd door tegenliggers, de vrachtwagen stil bij parkeerhaven 21; chauffeur verlaat cabine; cabine vat vlam; chauffeur vlucht in richting Italië; voertuigen uit Italië keren; aan beide zijden blijven voertuigen de tunnel inrijden
10.53	Monitoren geven aan, dat gehele diameter van de tunnel verrookt is; rookzone beslaat 1500 m in Franse richting vanaf brandende vrachtwagen
10.54	Telefonische alarmering van operator vanuit tunnel
10.55	Franse tolpoort wordt gesloten
10.56	Italiaanse tolpoort wordt gesloten
10.56	Franse operator schakelt luchttoevoer en -afvoer op tot maximum vermogen
10.57	Drie voertuigen van bedrijfsongevallendienst gaan tunnel in aan Franse zijde; 6 personeelsleden vluchten in ruimte 17, op 1200 m van de brand, 1 persoon verlaat de tunnel en waarschuwt de brandweer voor de rookverdichting
10.58	Uitname blusapparaat in de tunnel gedetecteerd door operator
10.58	Centrale meldkamer hulpverleningsdiensten aan Franse zijde gealarmeerd door operator
11.00	Agenten tunnelbedrijf rijden van Italiaanse zijde richting incident; één agent nadert brand tot op 6 m.; agenten geven aanwijzingen aan voertuigbestuurders en verlaten tunnel
10.56-11.15	Italiaanse operator schakelt luchttoevoer op, inschakeling luchtafvoer faalt
11.05	Alarmering Italiaanse brandweer
11.10	Eerste Franse brandweervoertuig arriveert bij tunnel en rijdt de tunnel in; 5 brandweerkrachten vluchten in ruimte 12, op 2700 m van de brand
11.13	Branddetectie stelt verhoogde temperatuur vast
11.15	Italiaanse brandweer buiten tunnel ter plaatse
11.30	Handmatige inschakeling luchtafvoer aan Italiaanse zijde faalt
11.32	Tweede Franse brandweervoertuig rijdt tunnel in; 2 brandweerkrachten vluchten in ruimte 5, op 4800 m van de brand; 3 brandweerkrachten verkennen te voet
11.45	Italiaans brandweervoertuig strandt; brandweerkrachten vluchten in ruimte 24, op 900 m bovenwinds
12.55	Reddingsteam t.b.v. Italiaanse brandweerkrachten betreedt tunnel via ventilatiebuis; redding faalt, omdat buis niet uitkomt op vluchtruimte
13.04	In werking stelling Frans noodplan 1
13.35	In werking stelling Frans noodplan 2
15.00	Italiaanse brandweerkrachten bij ruimte 24 evacueren zichzelf via ventilatiebuis
16.00	Redding brandweerkrachten uit ruimtes 5 en 12 via ventilatiebuis
24/3/99 18.35	Redding personeel bedrijfsongevallendienst uit ruimte 17 via ventilatiebuis

Tabel 5: Reconstructie Mont Blanc tunnelincident.

Temperatuur	Slachtoffers	Schade
>1000 gr Celsius	39 doden	900 m tunnelwand, asfalt en systemen volledig verwoest, 36 voertuigen, tunnel tot op heden gesloten

Tabel 6: Kentallen Mont Blanc tunnelincident.

Analyse

Het voorlopig rapport van het Franse ministerie van Binnenlandse Zaken en het ministerie van Verkeer, Waterstaat en Woningbouw van 13 april 1999 concludeert, dat voldoende materiële en menselijke middelen tijdig aanwezig waren maar dat deze brand een zinvol optreden onmogelijk maakte door de absolute afwezigheid van zicht, de zeer hoge temperatuur en het moeilijk functioneren van verbrandingsmotoren door een gebrek aan zuurstof. Met de huidige stand der techniek bestaan er volgens het genoemde evaluatierapport geen middelen (voertuig, bescherming) om onder deze omstandigheden een inzet te plegen. Deze omstandigheden zijn ontstaan door de zeer snelle branduitbreiding. De snelheid waarmee het incident zich uitbreidde wordt geïllustreerd door het feit, dat de eerste brandweereenheid zich binnen 20 minuten na stilstand van de brandende vrachtwagen genoodzaakt zag een vluchtruimte te benutten, op 2700 m afstand van het incident. Blussing was pas mogelijk nadat de brandstof grotendeels verbrand was.

Aangenomen wordt, dat de snelle branduitbreiding veroorzaakt is doordat de brand zich reeds heeft kunnen ontwikkelen vóór stilstand van de vrachtwagen. De brandlast van deze vrachtwagen was groot

(de lading bestond uit meel en margarine). Bij stilstand was de brand heet genoeg voor overslag naar andere voertuigen. In het Franse evaluatierapport wordt gesteld, dat de ongecoördineerde ventilatie-acties van Franse en Italiaanse zijde de brand hebben aangewakkerd. Er was te weinig afzuigvermogen.

Het gescheiden beheer van de tunnel (twee exploitatiemaatschappijen: Franse en Italiaanse) resulteerde in een levensbedreigende situatie (ongecoördineerde ventilatie). Daarnaast hebben de slechte verhoudingen tussen de Franse exploitatiemaatschappij en de lokale overheid (inclusief brandweer) indirect geleid tot levensbedreigende situaties. Nadat medewerkers van de bedrijfsongevallendienst hadden gewaarschuwd voor het klimaat in de tunnel hebben brandweereenheden de tunnel nog betreden en zijn vervolgens vast komen te zitten. De operator was pas na enkele uren in staat om aan te geven hoeveel voertuigen en personen zich in de tunnel bevonden. Aan redding van burgers is men niet toegekomen. De gebrekkige communicatie gold ook voor de brandweren aan beide zijden van de tunnel. Franse en Italiaanse hulpverleners waren na afloop van het ongeval aan beide aan weerszijde van het ongeval aan het werk. Hierbij bleek dat materialen incompatibel waren en dus niet uitgewisseld konden worden. Sinds de opening van de tunnel was slechts geoefend in 1975 en 1989.

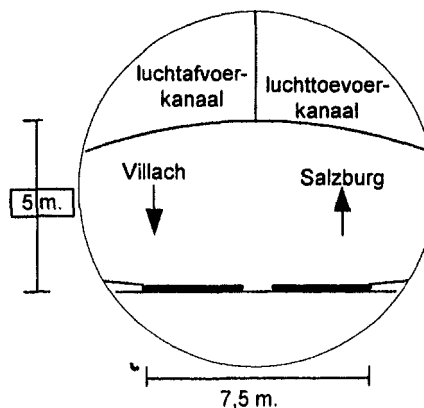
Door de sterke rookontwikkeling waren de vluchtplaatsen moeilijk te vinden. De rookontwikkeling maakte het moeilijk vluchtdeuren te onderscheiden van deuren van technische ruimtes. De rookontwikkeling heeft niet alleen de zelfredding maar ook de inzet van de brandweer gehinderd. De eerste brandweereenheden hebben zich laten verrassen door de rookverdichting, waardoor één brandweerman is omgekomen. De brandweerinzet in de eerste uren heeft zich volledig geconcentreerd op redding van collega's. De benedenwindse benadering (van Franse zijde) bleek levensbedreigend voor de eerste brandweereenheden. Een tijdige bovenwindse benadering (van Italiaanse zijde), die achterwege is gebleven, had de personen in de file benedenwinds waarschijnlijk niet geholpen, omdat de brand te heet was om te passeren.

3.3.4 Tauerntunnelincident

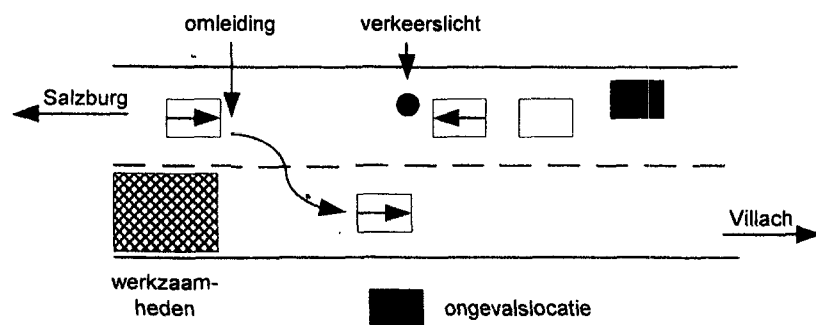
Achtereenvolgens wordt een situatieschets, beschrijving van het incident en een analyse van het incident gegeven.

Situatieschets

De Tauerntunnel is een geboorde tunnel door de Oostenrijkse Alpen. De tunnel is onderdeel van de snelwegroute Salzburg (noorden) – Villach (zuiden) en heeft een lengte van 6041 m. Het zuidelijke tunnelportaal ligt op 1340 m hoogte, het noordelijke tunnelportaal ligt 100 m lager. De Tauerntunnel heeft één buis met autoverkeer in twee richtingen. Er zijn geen bedoelde vluchtruimtes. Wel hebben slachtoffers geschuild in een aanwezige intercompost.



Figuur 4a: Tauerntunnel (dwarsdoorsnede).



Figuur 4b: Tauerntunnel (bovenaanzicht).

De beschrijving van het incident heeft met name plaatsgevonden op basis van de publicaties van Bauer (1999) en Rampfel (1999) in *112 Magazin der Feuerwehr*, nr. 9, 1999 en van Klatt en Maass (2000) in *Feuerwehr*, nr. 8, 2000. Genoemde artikelen zijn geschreven door betrokkenen bij de brandweer.

Tijd	Ongevalscenario
29/5/99 04.48	Een vrachtwagen vanuit zuidelijke richting rijdt achterop een rij voertuigen die bij de omleiding voor het stoplicht staat (een vrachtwagen en vier personenauto's); 8 slachtoffers
04.48	Onmiddellijk na de botsing ontstaat een brand als gevolg van benzinelekkage; de stilstaande vrachtwagen bevat verfstoffen en spuitbussen, die beginnen te exploderen
04.50	De tunneloperator krijgt automatisch brandalarm door; het brandalarm activeert automatisch de luchtafvoer op maximaal vermogen; de tunneloperator alarmeert de brandweer-meldkamers; ondanks automatische stoplichten rijdt nog verkeer de tunnel in
04.53	De tunneloperator krijgt signaal dat een brandblusser uit de houder wordt genomen
04.54	De tunneloperator krijgt noodroep vanuit telefooncel, waar mensen zich ter bescherming in hebben opgesloten
04.57	Alarmering brandweer Flachau (noorden) en Zederhaus (zuiden)
05.15	Vanuit zuiden rijdt een standaard brandweervoertuig de tunnel in; rook en explosies dwingen tot terugtrekken; de rookzone reikt vanaf de ongevalslocatie tot 2 km in zuidelijke richting
05.30	Ventilatie-richting wordt omgekeerd in noordelijke richting
05.30-06.00	Brandweer Flachau door rook gedwongen tot terugtrekking uit noordelijke tunnelportaal
06.00	Redding van 3 personen uit telefooncel op 4,6 km van zuidelijke tunnelingang, op 1 km van ongevalslocatie Op 5,4 km van zuidelijke ingang, nabij de ongevalslocatie worden 19 voertuigen geblust door gebruik te maken van vaste bluswaterleiding
08.30	Voortgang vanuit zuidelijke richting verhinderd door puin en instortingsgevaar
09.15	Ventilatie wordt met mobiele ventilatoren omgekeerd in zuidelijke richting, ondersteund door draaiende wind
09.15	Operatie wordt uitgesteld voor inspectie door bouwkundig ingenieur
21.00	Blussing vangt aan na stutting van plafond; centrum van de brand wordt bestreden met bluskanonnen op 50 m afstand vanwege instortingsgevaar
21.00	Sein brand meester
30/5/99	Totaal toegangsverbod na instortingsincident, opgeheven na volledige afkoeling en aanvullende stutting

Tabel 7: Reconstructie Tauerntunnelincident.

Het Tauerntunnelincident betrof een verkeersongeval gevolgd door een brand. Ten tijde van het incident werden onderhoudswerkzaamheden uitgevoerd in de tunnel. Het verkeer vanuit Salzburg werd via verkeerslichten over de linker weghelft geleid over een afstand van 500 m vanaf de noordingang.

Temperatuur	Slachtoffers	Schade
Max. 1200 gr. Celsius	12 doden	tunneldak ingestort; 40 voertuigen uitgebrand

Tabel 8: Kentallen Tauerntunnelincident.

Analyse

Tientallen personen hebben zich uit de Tauerntunnel kunnen redden. Dit gegeven is met name te danken aan het feit dat vijf weken eerder het Mont Blanc tunnelincident plaats heeft gevonden. Hierdoor is bij automobilisten het besef gegroeid te moeten vluchten bij tunnelincidenten. Van redding door de brandweer was in deze casus nauwelijks sprake. De personen die gered zijn uit de intercompost zijn min of meer bij toeval gered.

Door rookverdichting werd de eerste eenheid vanuit het zuidelijke tunnelportaal gedwongen zich terug te trekken. De aanvullende ventilatie in noordelijke richting was effectief in het uitdrijven van de rook. Nadat de brandweer vanuit het zuiden de ventilatierichting mee had, werd de opruk in de tunnel echter gehinderd door exploderende spuitbussen (de resten ervan zijn tot op 100 m en in ventilatiekanalen aangetroffen) en de hitte, van de brand, die tientallen voertuigen besloeg.

De afstemming tussen de brandweer en de tunneloperator liet te wensen over. De brandweer was blijkbaar niet op de hoogte gesteld van de (effecten van de) gewijzigde ventilatietactiek. De aanvullende ventilatie werd effectief op het moment dat de brandweer aan noordelijke zijde de tunnel betrad. De eenheden rukten op terwijl dichte hete rook zich naar het tunnelportaal bewoog, waardoor zij gedwongen werden tot terugtrekking.

De aard van de tunnelconstructie heeft in deze casus direct levensbedreigende situaties opgeleverd voor de brandweer. Bij de benadering vanuit zuidelijke richting werd brandweerpersoneel getroffen door afspattend beton vanaf tunnelwanden en plafond. Terugtrekking bleek ook achteraf noodzaak, gezien het feit dat delen van het plafond tijdens de brand zijn neergestort. Voor een inschatting van de gevaren was de brandweer afhankelijk van externe bouwkundige expertise. Dat men bij de bouwkundige verkenning en bij de blussing op 50 m afstand grote risico's heeft gelopen blijkt uit het feit, dat zich de dag na de brand een instortingsincident heeft voorgedaan.

De effectiviteit van de ventilatietactiek met mobiele ventilatoren aan het noordelijke tunnelportaal zou toegeschreven kunnen worden aan de relatief korte afstand van het incident waarop deze geplaatst konden worden. Het is niet duidelijk of de tactiek gewerkt zou hebben indien de brand zich ver van de tunnelingang had bevonden. Vast staat, dat de windrichting, die draaide van zuid naar noord, een toevalsfactor is geweest van grote invloed op de mogelijkheid de inzet te verplaatsen van zuid naar noord. Benedenwinds optreden bleek ook bij dit incident levensbedreigende situaties op te leveren.

3.3.5 Samenvatting

Samenvattend leveren de casussen het volgende beeld op van de hulpverlening bij incidenten in tunnels.

Een offensief brandweeroptreden heeft uitsluitend plaatsgevonden in de Kanaaltunnel, zij het op basis van omzichtige verkenningssacties. Onder een offensief brandweeroptreden wordt verstaan de gerichte en binnen korte tijd verrichte inzet in de bedreigde tunnelbuis, om op continue wijze de gevolgen van het incident te onderdrukken. Deze inzet heeft niet bijgedragen aan redding; in feite hebben de passagiers zich door de vertraagde opkomst van de brandweer zelf in veiligheid moeten brengen. De verdrijving van de rook door overdruk in de service-tunnel ('bubble-effect'), heeft daarbij een rol gespeeld, net zoals het gegeven dat het passagiersgedeelte van HVG (bij toeval) nabij een vluchtdeur tot stilstand is gekomen.

De inzet in de Leinebusch kan als offensief worden bestempeld. De brand in de Leinebuschtunnel kon relatief eenvoudig bestreden worden door de gunstige omstandigheid van de aard van de brand (afgesloten smeulbrand) en de tunnel (kort, grote diameter).

In de Mont Blanc tunnel en de Tauerntunnel is offensief optreden niet mogelijk geweest en is blussing pas aangevangen na het hoogtepunt van het incident (niet spoedeisend). De redding van personen uit de intercom post naar aanleiding van het Tauerntunnelincident wordt niet als offensief bestempeld (bij toeval, niet binnen korte tijd, en geen inzet gericht op continuïteit).

Kanaaltunnelincident:

- fysieke omstandigheden; door hevige rookverdichting geen actieve zelfredding
- informatievoorziening; door afwezigheid zicht beperkte informatie vanaf trein
- procedures strijdig; door toegangsbeveiliging vertraagde uitruk

- procedure; door star naleven van 'uitrij'-procedure vertraagde uitruk;
- procedures niet passend; vanwege de positie van de brand voor de dwarsverbinding trad de brandweer de bedreigde tunnelbuis binnen via de verkeerde tussendeur en werkte de brandweer vervolgens benedenwinds (en dus in de rook);
- fysieke omstandigheden; door hitte moeizame toenadering en beperkte werktijd.

Leinebuschtunnel-incident:

- uitrukprocedure niet gevolgd; lange uitruktijd reddingstrein;
- fysieke omstandigheden; snelle rookverdichting bij afgesloten smeulbrand en grote diameter tunnel;
- fysieke omstandigheden; grensbelasting genaderd bij zware fysieke taken onder ademlucht, ondanks voldoende werkruimte en beperkte hitte;
- achterstallig materieelonderhoud; schuimblussing onmogelijk door falende pomp.

Mont Blanctunnelincident:

- fysieke omstandigheden; door extreme hitte is blussing pas mogelijk als brandstof opraakt;
- fysieke omstandigheden; door rookverdichting zijn vluchtruimtes niet identificeerbaar;
- procedures niet afgestemd; door de ongecoördineerde ventilatie-acties zou de brand zijn aangewakkerd;
- gebrekkige communicatie; brandweereenheden vast ná bedrijfsongevallendienst; brandweermaterieel niet uitwisselbaar.

Tauerntunnelincident:

- fysieke omstandigheden; explosies en hitte dwingen tot terugtrekken, ondanks effectieve ventilatie
- operationele communicatie; ventilatiemaatregel niet gecommuniceerd zodat brandweer gedwongen is tot terugtrekking
- fysieke omstandigheden; betonafspat en afnemende integriteit plafond zorgen voor acuut instortingsgevaar.

3.4 Lessen

Ondanks de verschillende tunnels (weg/rail, een/twee buizen) en ongevalsscenario's blijkt een aantal terugkerende mechanismen geleid te hebben tot potentieel levensbedreigende situaties voor de brandweer. Deze mechanismen worden besproken in de drie categorieën fysieke omstandigheden, informatie en communicatie, organisatie en procedure. Aan de hand van de gevonden mechanismen kan een analyse worden uitgevoerd van de hulpverleningsmogelijkheden in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer.

Fysieke omstandigheden

Rookverdichting. In alle vier de casussen is gebleken, dat de verroking van een tunnel sneller en over grotere afstand plaatsvond dan de gebruikers en brandweer verwachtten. Ondanks het feit dat stratificatie gedurende langere tijd kan aanhouden, treedt verroking acuut op bij bluswerkzaamheden en onder invloed van ventilatie-activiteiten. De stratificatie van rook is in een tunnel binnen seconden tot minuten opgeheven, waardoor de gehele tunneldiameter gevuld wordt met rook. Bij brand is er nauwelijks een overgangsfase tussen een leefbaar en onleefbaar klimaat. De verspreiding van rookgassen verhindert zelfredding vanwege verstikking en zichtreductie en veroorzaakt in combinatie met de hitte sterke flash-overs. Deze effecten van rookgassen doen zich bovendien gelden over grote afstand. Het bovenstaande geldt niet alleen bij grote branden maar ook bij kleine branden zoals in de Leinebuschtunnel, die een relatief grote diameter heeft. Wanneer de rook zich over een grote afstand heeft verspreid is het nauwelijks nog mogelijk om zich extern een beeld te vormen van het incident.

Temperatuuroename. De temperaturen bij een brand in een tunnel lopen bij benadering (afhankelijk van voertuigtype en evt. lading) binnen 10 a 15 minuten op tot 1000 graden Celsius en hoger. Voor

het overleven van personen die in de tunnel aanwezig zijn ten tijde van de brand is dit feit niet relevant, omdat personen die vanwege de rook niet kunnen vluchten eerder door de rook dan door de hitte of het vuur om het leven zullen komen. De hitte heeft vooral tot gevolg, dat de tunnelwand en de aanwezige systemen ernstig worden beschadigd, zodat voor de hulpverlening relevante systemen kunnen disfunctioneren of uitvallen. In de Kanaaltunnel werd de vaste blusleiding door het vuur aangetast. Ook vaste communicatieverbindingen vielen uit.

Toxiciteit. Hoewel in geen van de casussen sprake is geweest van (uitsluitend) een lekkagescenario, is de dreiging voor hulpverleners evident. Stelt men zich in de Leinebuschtunnel een grote toxische lekkage voor, dan dient bedacht te worden dat een feitelijke wegsleeppoging van de wagon faalde vanwege beschadigingen aan het spoor en wagon. Ventilatie (ook natuurlijke) door een korte tunnel brengt dan ernstige omgevingseffecten teweeg.

Dreiging van instortingsgevaar. De casussen, de kleine brand in de Leinebuschtunnel uitgesloten, hebben aangetoond dat het beton dat afspatte van de tunnelwand en het puin dat vrijkwam van voertuigen en ladingen een ernstige belemmering vormden voor de benaderbaarheid van het incident. Puinhoogtes tot 50 cm rondom het centrum van de brand zijn aangetroffen. In omstandigheden van slecht zicht en hitte is een smal en met puin bezaaid pad praktisch onbegaanbaar. Afgezien van het puin op de bodem levert voortgaande betonafspatting een aanvullend gevaar op voor brandweerpersoneel. Het instortingsgevaar zoals zich dat manifesteerde in de Tauerntunnel was direct levensbedreigend. Een BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), of nog erger, een gaswolkexplosie zou een zwaarder schadebeeld en extreme risico's voor de brandweer hebben opgeleverd.

Informatie en communicatie

Tekort schietende (kwaliteit van) informatie. Hulpverleningsdiensten gaan er vanuit, dat informatie over de locatie van het incident in de tunnel, over de aanwezige personen en voertuigen en over de exacte vracht bekend is en snel beschikbaar is. Uit de casuïstiek blijkt, dat deze verwachting niet altijd uitkomt. In de Kanaaltunnel bleef lange tijd onduidelijkheid bestaan over de exacte positie van de trein. Vanaf de trein zelf kwam deze informatie niet door. Bij het Mont Blanctunnelincident bleef gedurende uren onzekerheid bestaan over het precieze aantal voertuigen en personen dat de tunnel was ingereeden en ontvlucht. Het grote aantal slachtoffers was een verrassing achteraf. Tijdens de brand in de Leinebuschtunnel werd pas na meer dan anderhalf uur bij de brandweer bekend, dat één wagon pyrotechnische voorwerpen bevatte.

Gebrekkige communicatie. Wanneer informatie wel bekend en beschikbaar is, kan gebrekkige communicatie leiden tot een belemmering van de hulpverleningsmogelijkheden. Voorbeelden zijn het uitblijven van de tweede opgeroepen reddingstrein bij de Leinebuschtunnel, het niet operationeel communiceren van de ventilatietactiek naar de brandweer bij de Tauerntunnel en de niet gecommuniceerde incompatibiliteit van werkwijzen van brandweren in de Mont Blanctunnel. De communicatiestoornissen bij de Kanaaltunnel deden zich op het operationele niveau (repressie) minder voor dan op het beheersniveau (preventie en preparatie). Procedurele afstemming is niet alleen relevant wanneer meerdere landen betrokken zijn. De afstemmingsproblematiek is vergelijkbaar met die tussen hulpverleningsdiensten van diverse gemeentelijke afkomst (Leinebuschtunnel) en aan weerszijde van de tunnel.

Organisatie en procedures

Procedurele tekortkomingen. Hiermee worden zowel bedoeld het niet naleven van adequate procedures als het naleven van inadequate procedures. Procedures zijn inadequaat wanneer ze strijdig zijn, zoals bij de Kanaaltunnel (uitruk- en toegangsbeveiliging). Ook kunnen procedures te star zijn. Waar bij het Kanaaltunnelincident (terecht) van de 'uitrijdprocedure' werd afgeweken, bleef alarmering (volgens procedure) van de Kent Fire Brigade lange tijd achterwege. De brand heeft in de tussentijd kunnen escaleren. Andersom kan het niet naleven van juiste procedures levensbedreigende situaties opleveren, zoals de ongecoördineerde ventilatie-acties bij de Mont Blanctunnel illustreren.

Onderhoud. Het specifieke materieel dat door de brandweer benut wordt bij bestrijding van het incident, al dan niet vast aanwezig in de tunnel, werkt niet altijd optimaal, als gevolg van onvoldoende onderhoud (ten gevolge van niet-dagelijks gebruik). In de Leinebuschtunnel heeft dit geen levensbedreigende gevolgen gehad. In ernstiger scenario's waarbij sprake is van grote tijdsdruk kunnen weigerende systemen (deuren, leidingen) wel degelijk grote risico's opleveren.

Bovenstaande opsomming is niet als uitputtend bedoeld. Bovendien hangen de genoemde mechanismen met elkaar samen. De opsomming is bedoeld als rijk beeld van mechanismen die het brandweeroptreden bij tunnelincidenten kunnen beïnvloeden, gebaseerd op empirisch materiaal. In hoofdstuk 4 wordt aangegeven hoe deze mechanismen zijn gebruikt in de simulatiesessies.

3.5 Conclusie

Uit de genoemde casussen blijkt dat de inzetmogelijkheden van brandweerlieden met name beperkt worden door temperatuurtoename en zichtbeperking.

Ondanks het gegeven dat dit onderzoek zich verder toespitst op de geïdentificeerde fysieke mechanismen (direct), mogen een aantal indirecte mechanismen die de veiligheid beïnvloeden niet onbenoemd blijven in de conclusies. Zaken als tekortschietende informatievoorziening, miscommunicatie, onvoldoende organisatie, tegenstrijdige procedures, en gebrekkig onderhoud zijn zorgpunten bij de ontwikkeling van tunnels in relatie tot veiligheid.

De conclusie op basis van de casuïstiek luidt, dat een offensief optreden van de brandweer in een bedreigde tunnelbuis uiterst riskant is, terwijl de bijdrage ervan aan redding en blussing zeker niet is gegarandeerd.

Tot slot wordt opgemerkt, dat bovengenoemde mechanismen specifieke implicaties kunnen hebben voor tunnels van specifieke lay-out of ligging. Bij korte tunnels dient bijvoorbeeld bedacht te worden, dat een toxische lekkage ernstige omgevingseffecten teweeg kan brengen. Het bestrijden van dit externe gevaar kan dan noodzakelijk worden.

Een ander voorbeeld betreft het mechanisme van betonafspat en dreigend instortingsgevaar. Bij tunnels in zachte bodem komt de integriteit van de constructie eerder onder druk te staan dan bij tunnels in een harde omgeving. Dit, gecombineerd met het mechanisme, dat informatievoorziening en procedures nooit perfect functioneren en de daaruit resulterende tijdsvertraging, draagt niet bij aan de haalbaarheid van een offensief brandweeroptreden in omvangrijke ongevalsscenario's.

4 SIMULATIESESSIES

4.1 Inleiding

Uit de casussen blijkt een aantal mechanismen zich voor te kunnen doen bij tunnelincidenten die hulpverleningsmogelijkheden hebben beïnvloed. De geïdentificeerde mechanismen hangen samen met rookverdichting, temperatuuroename, toxiciteit, instortingsgevaar, en organisatorische tekortkomingen waaronder achterstallig onderhoud. Nog niet eenduidig is bij welke incidenten (ongevalscenario's) tunnelexperts van de brandweer verwachten dat er 'geen levensbedreigende situatie' heerst in de bedreigde buis van een spoortunnel uitsluitend bestemd voor goederenvervoer. Het doel van dit hoofdstuk is duidelijkheid te creëren in wat brandweer experts beschouwen als een 'levensbedreigende situatie in de bedreigde tunnelbuis'. Om deze duidelijkheid te creëren worden simulatiesessies gehouden waarin tunnelexperts vanuit de brandweer onder tijdsdruk gevraagd wordt of en hoe zij denken op te treden bij tunnelincidenten in een gegeven situatie. Hiertoe is een standaard opzet van de simulatiesessie ontwikkeld (paragraaf 2) waarin de geïdentificeerde mechanismen terugkomen. De resultaten van de simulatiesessies worden samengevat in paragraaf 3, waarna de belangrijkste conclusies worden getrokken in paragraaf 4.

4.2 Opzet simulatiesessies

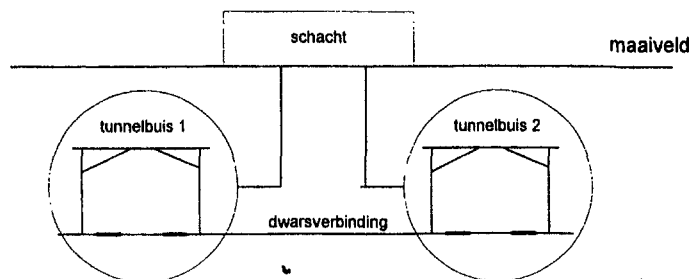
Onder een simulatiesessie wordt hier verstaan het presenteren van een ongevalssituatie in een spoortunnel uitsluitend bestemd voor goederenvervoer waar officieren van dienst onder tijdsdruk wordt gevraagd of en op welke wijze zij denken op te treden in een dergelijke situatie. Ten behoeve van de vergelijkbaarheid van dergelijke simulatiesessies dient een eenduidige situatie te worden geschetst zowel wat betreft het type tunnel als het type incident.

4.2.1 Tunnelontwerp

De karakterisering van de tunnel is overeenkomstig de lay-out van tunnels als onderdeel van de Betuwelijn en is bedoeld als referentie voor de simulatiesessies. Op dergelijke wijze zullen alle simulatiesessies zijn gebaseerd op de zelfde tunnel lay-out. Op deze wijze wordt voorkomen dat verschillen in respons voornamelijk samenhangen met mogelijk een ter plekke verschillend gespecificeerde tunnel lay-out.

Ten behoeve van de tunnel lay-out wordt hieronder aangesloten bij het referentie ontwerp zoals ook is gehanteerd in TUDelft (1999). In deze studie is een uitgebreide veiligheidsstudie gemaakt naar tunnels deel uitmakend van de Betuweroute. De generieke aspecten van een spoortunnel voor het vervoer van goederen en de aanwezige installaties waar in dit rapport van uit wordt gegaan zijn: twee buizen met dwarsverbindingen en een spoor per buis.

Een schacht is optioneel, dat wil zeggen, schachten zijn mogelijk daar waar sprake is van tunnels onder land. Vanzelfsprekend is er geen sprake van schachten in tunnels die onder water doorgaan. Een dwarsdoorsnede van de referentie spoortunnel in de simulatiesessies ziet er als volgt uit.



Figuur 5: Referentietunnel.

De volgende veiligheidsvoorzieningen worden verondersteld aanwezig te zijn in tunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer (TUDelft, 1999):

- Toegankelijkheid: Er bevindt zich een perron in de tunnel welke door hulpverleners kan worden gebruikt als aanvalsroute. Treinpersoneel kan dit perron gebruiken om te vluchten. Er zijn tussendeuren op een maximum afstand van 600 meter. De weerstand tegen brand, doorslag en overslag van de deuren bedraagt 60 minuten. Deze deuren kunnen op afstand worden bestuurd.
- Brandbescherming: Er is een blussysteem dat tot doel heeft (i) het blussen of het in bedwang houden van een brandlast van 300 MWatt, en (ii) het beschermen van de tunnel (10,2 liter/minuut*m²). Het blussysteem is verdeeld in secties van 30 meter en zal bij juist functioneren de sectie activeren waar de vuurbron zich bevindt alsmede de twee aangrenzende secties aan weerszijde van de voorbron (totaal 5 secties). Het blussysteem kan continu gedurende 4 uren 3000 liter water per minuut aanvoeren. Het blussysteem kan ook op afstand worden bediend.
- Ventilatiesysteem: Net als het blussysteem is het ventilatiesysteem erop gedimensioneerd een rookontwikkeling tegen te gaan van branden met een brandlast van 300 MWatt. De ventilatierichting is omkeerbaar. Bedacht dient te worden dat ventilatie ook de brand kan aanwakkeren en stratificatie kan opheffen.
- Hulpverleningsapparatuur: Er zijn camera's en/of monitoring apparatuur (bijvoorbeeld radar) aanwezig in de tunnel. Tevens zijn communicatiemiddelen aanwezig om te gebruiken tijdens de hulpverlening.

4.2.2 Type incidenten

Ook de incidenten in spoortunnels moeten eenduidig zijn omschreven om vergelijkingen over simulatiesessies per incident verantwoord uit te kunnen voeren. Door een vast omschreven incident voor te leggen aan de bevelvoerenden kunnen verschillen in beoordeling per incident tussen officieren van dienst niet samenhangen met verschillende interpretaties het desbetreffende type incident. Analyse van de cases in hoofdstuk 3 leverde een aantal mechanismen op die het optreden van de brandweer bij de hulpverlening hebben beïnvloed: Ten behoeve van de opzet van de simulatiesessies wordt hier een onderscheid gemaakt tussen direct levensbedreigende mechanismen en indirect levensbedreigende. Direct levensbedreigende mechanismen zijn die mechanismen die zonder vervolg ontwikkelingen kunnen zorgen voor een levensbedreigende situatie (bijvoorbeeld een uitermate hoge temperatuur). Bij indirect levensbedreigende mechanismen zullen op zichzelf niet leiden tot een levensbedreigende situatie, maar vervolg ontwikkelingen op basis hiervan mogelijk wel (bijv. het niet weten dat een toxische stof vrijkomt, waardoor de officier van dienst de tunnel binnentreedt). De onderstaande tabel onderscheidt direct en indirect levensbedreigende mechanismen.

Direct	Indirect
Rookverdichting	Tekort schietende informatie
Temperatuur stijging	Gebrekkige communicatie
Dreiging van instortingsgevaar	Niet nageleefde procedures
Toxiciteit	Inadequate procedures
	Achterstallig onderhoud

Tabel 9: Mechanismen die het brandweeroptreden beïnvloeden.

Voor de simulatiesessies zijn met name de direct levensbedreigende mechanismen relevant. Het zijn namelijk deze mechanismen die zich in een bedreigde tunnelbuis kunnen ontwikkelen en van invloed zijn op hulpverleningsmogelijkheden. De indirect levensbedreigende mechanismen zijn niet specifiek voor tunnelincidenten, terwijl de direct levensbedreigende mechanismen sterk samenhangen met diverse typen van incidenten in tunnels.

Om een set van scenario's te verkrijgen die aan bevelvoerenden binnen de brandweer in simulatiesessies kan worden voorgelegd, is gestreefd naar een zo eenduidig mogelijke omschrijving van het relevante fysische mechanisme. Dit betekent dat:

- de set van scenario's niet compleet is
- een scenario niet de rijkheid van de werkelijkheid weerspiegelt
- de scenario's alleen dienen ter ondersteuning van de simulatiesessies.

In BZK (1997) worden een aantal ongevalsscenario's in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer te weten: ontsporing, botsing, brand, vrijkomen toxische stof, hinder en explosie. Een beschouwing in hetzelfde rapport (BZK, 1997) van deze scenario's in relatie tot de tunnels zoals deze zijn voorgenomen voor de Betuweroute, en dus ook het referentie ontwerp voor de simulatiesessies, leert dat niet al deze scenario's relevant zijn. Het scenario 'ontsporing' wordt bijna onmogelijk geacht in BZK (1997) door de combinatie van de afwezigheid van wissels in tunnels en de aanwezigheid van ontsporingseleiding in tunnels. Het scenario 'botsing' is, volgens hetzelfde rapport, bijna uit te sluiten door de combinatie van de beperking van een spoor in een buis welke slechts voor een richting wordt gebruikt en de toepassing van de 2e generatie ATB op de Betuweroute. Het scenario 'hinder en overlast' heeft geen noemenswaardig effect op de publieke veiligheid waardoor hulpverlening niet een formele taak van de brandweer is, maar een bedrijfsaangelegenheid van de vervoerder. Echter, uit gesprekken met vervoerders wordt hier anders tegenaan gekeken. De vervoerders achten 'hinder en overlast' wel een verantwoordelijkheid van de publieke operationele diensten. De scenario's 'brand', 'vrijkomen toxische stof' en 'explosie' worden in het rapport van BZK (1997) relevant geacht. In de simulatiesessies zijn omwille van de eenduidigheid omtrent het fysisch mechanisme in relatie tot hulpverleningsmogelijkheden geen gecombineerde scenario's (bijv. brand in combinatie met toxische stoffen) voorgelegd aan de tunnelexperts.

Deze drie typen van scenario's worden hier nader gespecificeerd. De uit de case studies naar voren gekomen mechanismen geven namelijk aan gradaties binnen deze typen scenario's van invloed zijn op het optreden van hulpverlening. Ten behoeve van de specificatie worden de direct levensbedreigende mechanismen gebruikt. Een zestal incidenten wordt onderscheiden in toenemende mate van ernst, omdat hiermee voor de hulpverlening andere consequenties samenhangen. De zes ongevalsscenario's worden hieronder korte omschreven op basis van BZK 1997 en de inbreng van de direct levensbedreigende mechanismen. (zie BZK p.25 en verder) Het gaat er in deze beschrijving niet om een zo compleet mogelijke beschrijving van het scenario te geven. De beschrijving dient het fysische mechanisme ten gevolge van een ongeval te simuleren. Dit mechanisme wordt hieronder omschreven zoals een melding van de alarmcentrale aan de dienstdoende officier van dienst zou kunnen luiden.

1) Kleine brand

Bij een kleine brand is geen sprake van grote temperatuurstijging, nauwelijks rook ontwikkeling en afwezigheid van instortingsgevaar.

2) Grote brand

Bij een grote brand is sprake van grote temperatuurstijging, intense rook ontwikkeling en het bestaan van instortingsgevaar.

3) Kleine lekkage toxische stoffen

Het druppelend vrijkomen van toxische stoffen in kleine hoeveelheden. Er is geen sprake van grote temperatuurstijging, nauwelijks rook ontwikkeling en afwezigheid van instortingsgevaar. Afhankelijk van de aard van de stof zijn toxische eigenschappen minder of meer levensbedreigend.

4) Grote lekkage toxische stoffen

Het continu uitstromen van toxische stoffen in grote hoeveelheden. Er is geen sprake van grote temperatuurstijging, nauwelijks rook ontwikkeling en afwezigheid van instortingsgevaar. Bij een grote lekkage zal sprake zijn van meer verdamping en verspreiding dan bij een geringe lekkage, zodat dit een bedreigende situatie oplevert.

5) Explosie

Een detonatie/deflagratie heeft zich voorgedaan in de tunnel. Er is sprake van instortingsgevaar.

6) Dreiging Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE)

Bij een dreiging van een BLEVE is sprake van grote temperatuurstijging, rookontwikkeling en instortingsgevaar.

Bij de scenario's kleine brand en grote brand wordt in aanvulling op de situatie waarin geen toxische stoffen betrokken zijn aan de respondenten de vraag gesteld op welke wijze de inzetbeslissing verandert wanneer een toxische stof bij de brand betrokken is.

Met de specificatie van het tunnelontwerp en de beschrijving van de zes incident typen is de basis gelegd voor een eenduidige uitvoering van de simulatiesessies. Om direct en eenduidig op vragen van respondenten te kunnen reageren om zodoende het element van tijdsdruk te simuleren en vergelijkbaarheid te realiseren is een voorgespecificeerd simulatiestramien gebruikt. In dit stramien worden preciseringen gegeven van mogelijk te verwachten vragen van respondent zoals:

- Waar staat de trein? (midden tussen vluchtdeuren)
- Hoeveel wagons staan in brand? (1 wagon)
- Welke toxische stof betreft het? (brandbaar gas, brandbare vloeistof, toxisch gas en toxische vloeistof)
- Hoe lang duurt de brand reeds? (15 minuten)
- Hoe is de treinsamenstelling? (overeenkomstig NS regels)

In bijlage A is het simulatiestramien voor het scenario kleine lekkage toxische stof, geen brand weergegeven. Dergelijke stramienen per scenario zijn tevens gebruikt voor het noteren van de antwoorden.

4.3 Resultaten simulatiesessies

Voor het hierboven gepresenteerde referentie ontwerp van een spoortunnel worden de zes incidenten successievelijke voorgelegd aan tunnelexpert binnen de brandweer. Per scenario wordt hen gevraagd als officier van dienst snel te beslissen over de vragen of men de bedreigde buis binnen treedt (en zo ja met welk doel), en hoe men denkt op te treden (met welke middelen en menskracht).

In bijlage B zijn weg- en spoortunnels opgesomd zoals aanwezig of voorgenomen in Nederland. De tunnels zijn gerelateerd aan de verzorgingsgebieden van de brandweer. Met tunneldeskundigen van 12 verzorgingsgebieden zijn simulatiesessies gehouden. Daarnaast is met twee functionarissen afkomstig uit de NS-organisatie dezelfde simulatiesessies gehouden. De twee NS'ers zijn afkomstig vanuit het onderdeel 'spoorwegveiligheid en calamiteiten'. De lijst van namen van respondenten is in bijlage C vermeld.

De onderstaande tabel geeft de conclusies weer. In deze tabel zijn horizontaal de zes scenario's weergegeven. De resultaten zijn gespecificeerd naar welke actie de officier van dienst denkt te ondernemen, met welk doel, en met welke middelen. Tevens is een rij toegevoegd met opmerkingen die relevant worden geacht door respondenten, maar niet vallen onder actie, doel of middelen. In bijlage D is een uitgebreide tabel opgenomen waarin de acties, doelen en middelen per scenario per respondent zijn weergegeven.

	Kleine lekkage toxische stoffen (< 10 liter)	Grote Lekkage toxische stoffen (> 10 liter)	Kleine brand	Grote brand	Explosie	Dreiging bleve
Actie:	Verkennen naar dreiging of kleine lekkage	Eerst wordt omzichtig verkend	Info verzamelen omtrent, rook, zicht, temperatuur en ventileren	Geen inzet	Geen inzet Hooguit een vertraagde verkenning bij gebleken veilig optreden	Geen inzet Ontruimen en evacueren
Doel:	Afweging of lekkage nog een taak van de brandweer is	om er zeker van te zijn dat veilig opgetreden kan worden. Bestaat die zekerheid niet, geen binnen treden in tunnel.	Zekerheid omtrent aan te treffen situatie en stabiliseren van rookverdichting en temperatuurstijging		De beoordeling van de integriteit van de tunnel	Voorkomen van slachtoffers in omgeving
Inzet middelen:	1 TS, 1 hv, OvD, ademlucht, Verder inzet hangt samen met de aard van de toxische stof	2 TS, 1 hv, OvD, ademlucht, Verder inzet hangt samen met de aard van de toxische stof	Ca. 1 a 2 TS, OvD Verder inzet hangt samen met de aard van het materiaal			
Opmerkingen:	Beschouw dreiging als kleine lekkage tot dat tegendeel is bewezen.	Meningen zijn niet eenduidig.	Opvallend is dat sprinkler geacht wordt brand onder controle te houden, maar dat inzet hieraan kan bijdragen en dus wordt binnengetreden in tunnel.	Het risico wordt te groot geacht ten opzichte van het verwachte aantal te redden personen 'behoud van tunnel' vormt geen argument om binnen te treden.		

Tabel 10: Resultaten simulatiesessies.

Noties die naar voren zijn gekomen uit de simulatiesessies:

- **Officiëren hebben een grote informatie behoefte:** Alvorens de bedreigde tunnelbuis te betreden dient veel informatie beschikbaar te zijn ter plekke van de tunnelmond. Het gaat hier met name om informatie die door de NS moet worden aangeleverd. De informatie dient antwoord te geven op vragen van officieren van dienst als: welke stoffen zijn aanwezig in de tunnel, en in welke hoeveelheden?, wat is de treinsamenstelling?, is de bovenleiding reeds spanningsloos en geaard?, wat is de exacte locatie van de incidenttrein en de incident wagon? Wat geven tunnel detectie gegevens aan met betrekking tot temperatuur, locatie, en werking van sprinklers en ventilatiesystemen?
- **Zelfredzaamheid machinist:** Spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederen vervoer gaan uit van het principe dat de machinist zich zelf dient te redden. Vandaar ook dat, anders dan normaliter in tunnels het geval is, tegen de rijrichting in wordt geventileerd (BZK, 1997, pag. 58). Dit geeft de machinist de mogelijkheid in de rijrichting van de trein te vluchten zonder door de invloed van ventilatie in de gevaarlijke rook te worden gezet.
- **Eigen veiligheid primair:** Ondanks het verwachtingspatroon van het publiek dat de brandweer de bedreigde tunnelbuis in gaat om te redden, zal de bus niet eerder betreden worden dan dat men er zeker van is dat de eigen veiligheid is gegarandeerd. Als brandweerman ten prooi vallen aan het incident betekent namelijk dat er een deel redcapaciteit wegvalt, maar dat tegelijkertijd een beslag wordt gelegd op het overgebleven deel van de redcapaciteit.
- **De resultaten van 2) en 3) zijn input voor de afweging "wat is het nut van een inzet?".** Juist omdat maar 1 a 2 personen in de tunnel aanwezig zijn, waarvoor de het principe van zelfredzaamheid is vastgesteld, maakt dat de officieren van dienst niet snel geneigd zijn de bedreigde tunnelbuis te betreden en hiermee mogelijk de levens van brandweermensen op het spel zet.
- **Verkennen:** Daar waar een inzet niet wordt overwogen maar een verkenning wel houdt men zich aan de stelregel: 'Verkennen is blootstellen' en dus is voorzichtigheid geboden.

Het belangrijkste resultaat uit de simulatiesessies is, dat slechts bij de scenario's 'kleine lekkage toxische stoffen' en 'kleine brand' een inzet in de bedreigde tunnelbuis wordt overwogen. De overige scenario's zijn aanleiding voor de respondenten om uitermate voorzichtig te opereren, waarbij een inzet in de tunnelbuis, zeker niet als eerste actie wordt overwogen. Sterker, zelfs bij de scenario's 'kleine lekkage toxische stoffen' en 'kleine brand' kan een defensief brandweer optreden worden verwacht (niet spoedeisende redding en blussing in bedreigde tunnelbuis).

Ondanks de uiterste zorgvuldigheid welke is betracht bij het opzetten en houden van de simulatiesessies zijn een tweetal kanttekeningen hier op zijn plaats.

Ten eerste zijn resultaten gebaseerd op uitspraken van respondenten. De uitspraken willen nog niet zeggen dat respondenten zich gedragen zoals in de sessie is aangegeven. Echter, in de sessies is getracht de werkelijkheid zo goed mogelijk te simuleren door het element van tijdsdruk in te brengen. Verder lijken de casussen zoals geanalyseerd in hoofdstuk 3 lijken voldoende ondersteuning te geven voor een defensief optreden van de brandweer bij het merendeel van potentiële tunnelincidenten.

Ten tweede zijn simulatiesessies door twee sessieleiders afgenomen, wat zou kunnen leiden tot verschillen. Echter, sessies afgenomen door een en dezelfde sessieleider zullen ook van elkaar verschillen vanwege het feit dat het menselijk gedrag hierin een factor van belang is. Intensieve gezamenlijke voorbereiding en afstemming tussen sessieleiders en de ontwikkeling van een vastomlijnd stramien voor de simulatiesessie zal de belangrijkste resultaten op minimale wijze hebben gekleurd.

4.4 Conclusies

De kennisleemte vastgesteld aan het begin van dit hoofdstuk luidde dat het niet eenduidig is bij welke incidenten (ongevalsscenario's) tunnelexperts van de brandweer verwachten dat er 'geen levensbedreigende situatie' heerst in de bedreigde bus van een spoortunnel uitsluitend bestemd voor goederenvervoer.

Dit hoofdstuk heeft een deel van deze kennisleemte weggenomen. De simulatiesessies leren dat slechts bij de scenario's 'kleine lekkage toxische stoffen' en 'kleine brand' een inzet wordt overwogen omdat in deze

scenario's de situatie in de bedreigde tunnelbuis als 'niet levensbedreigend' voor en door de hulpverleners wordt beschouwd.

De scenario's grote brand en dreiging BLEVE komen niet in aanmerking voor een inzet noch een verkenning. De scenario's 'grote lekkage toxische stof' en 'dreiging explosie' zouden, mits voldoende informatie beschikbaar is, kunnen leiden tot een uiterst omzichtige verkenning. Echter, hier dient niet standaard vanuit te worden gegaan.

Ter aanvulling op dit inzicht op basis van expert opinions wordt in hoofdstuk 5 met behulp van modellering nagegaan, welke fysieke situatie in de bedreigde tunnelbuis te verwachten valt op het moment van aankomst van de brandweer ter hoogte van het incident. De fysieke situatie op dat moment bepaalt de inzetmogelijkheden. Het ongevalsscenario is gebaseerd op brandproeven.

5 MODELLERING BRANDWEERINZET

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt gezien welke van de eerder beschreven fysieke mechanismen hiertoe en vanaf welk moment de kritische factor vormen. Van belang hierbij is, dat kennis over de ontwikkeling van het scenario in de tijd en kennis van de primaire hulpverleningsprocessen in de tijd aan elkaar worden gerelateerd. Door beide met elkaar te confronteren wordt per mechanisme duidelijk tot wanneer nog wel, en vanaf welk moment niet meer tot een inzet in de bedreigde tunnelbuis over kan worden gegaan. Ten behoeve van de confrontatie worden empirische data gebruikt.

In paragraaf 2 wordt de ontwikkeling van de fysieke mechanismen in de tijd gepresenteerd, in paragraaf 3 gevolgd door het tijddiagram van een brandweeroitruk bij een treinincident. In paragraaf 4 worden de tijddiagrammen van mechanismen en brandweeroitruk met elkaar geconfronteerd, waaruit per mechanisme duidelijk wordt welke situatie de brandweer aantreft bij aankomst ter plekke van het incident (samengevat in paragraaf 5). Op de resultaten wordt in paragraaf 6 gereflecteerd van diverse perspectieven (empirische data, te verrichten arbeid en ademlucht). In paragraaf 7 worden conclusies getrokken.

5.2 Mechanismen en invloedsvariabelen

Uit hoofdstuk 3 zijn een viertal fysieke mechanismen benoemd die een inzet van hulpverleners in de bedreigde tunnelbuis parten kunnen spelen. De ontwikkeling in de tijd van deze mechanismen wordt beïnvloed door de aard van het incident en de karakteristieken van de tunnel. Per mechanisme zijn hieronder de primaire variabelen benoemd van de aard van het incident die de ontwikkeling in de tijd zullen beïnvloeden:

- Rookverdichting: variabelen die hierop significant van invloed zijn betreffen aard van het brandende materiaal (bijv. hout kunststoffen, staal), de mate van verbranding (volledige, deels),
- Temperatuuroename: variabele die hierop significant van invloed is betreft de brandlast (MegaJoule of MegaWatt),
- Toxiciteit: variabele die hierop significant van invloed is betreft de aard van het brandende materiaal of de vrijgekomen lading,
- Instortingsgevaar: variabelen die hierop significant van invloed zijn betreffen de brandlast (MegaJoule of MegaWatt), wanddikte, dichtheid van beton en bekleding.

Daarnaast zijn constructieve en installatie technische karakteristieken van de tunnel zelf van invloed op de ontwikkeling van de genoemde fysieke mechanismen, te denken valt onder meer aan lengte, diameter, en vorm respectievelijk ventilatie, sprinklers en detectie.

Over de ontwikkelingen in de tijd van rook- en temperatuurontwikkeling in tunnels zijn tal van artikelen geschreven (zoals Eckford et al. 1996; McKinney, 1999). Kenmerk van deze bronnen is dat deze hoofdzakelijk gebaseerd zijn op simulaties, gebruikmakend van Computational Fluid Dynamics (CFD). Punt van aandacht hierbij is echter dat om simulaties uit te kunnen voeren aannames gedaan moeten worden op basis van expert judgement. Hiermee hangt logischerwijs samen dat ook de resultaten op tal van aannames zijn gebaseerd, welke niet of moeizaam te koppelen zijn aan de schaars voorhanden zijnde empirische data.

Dit probleem is ingezien door de Europese Unie. Zij heeft daarom het project EUREKA EU 499 FIRETUN opgestart (EU, 1991). Dit Europese project waarin 8 landen participeerden had tot doel de mogelijkheden te onderzoeken voor de optimale protectie van personen en het behoud van de constructie in het geval van het scenario brand in tunnel, en de mogelijkheden van de brandweer te onderzoeken met betrekking tot het redden van personen en het bestrijden van de brand in tunnels. Hiertoe zijn experimenten uitgevoerd in diverse tunnels. De experimenten uitgevoerd in de Reppafjord Tunnel te Noorwegen worden hieronder gebruikt om de ontwikkeling in de tijd van de beschreven fysieke mechanismen inzichtelijk te maken.

Tunnelkarakteristieken

De Reppafjord Tunnel te Noorwegen is gelegen ca. 200 km ten noorden van poolcirkel, op 200 meter boven zeeniveau. Het betreft een niet meer in gebruik zijnde mijnschacht in een berg, met een niet afgewerkte binnenwand, dat wil zeggen met een ruw oppervlak. De lengte van tunnel bedraagt 2,3 kilometer, en de helling van de tunnel bedraagt minder dan 1%. De doorsnede van de tunnel is te karakteriseren als een 'hoefijzer'-vorm waarbij de breedte varieert van 5,5 tot 7,0 meter en de hoogte varieert van 4,8 tot 5,5 meter.

Brandscenario's

In de Reppafjord Tunnel zijn metingen verricht aan diverse brandscenario's. Drie voertuigtypen zijn hiertoe aangestoken:

- Bus: 48000 MJ
- Metro (aluminium): 41000 MJ
- Personentrein (staal): 77000 MJ.

De resultaten van de brandscenario's 'bus', 'metro' en 'trein' worden hieronder gepresenteerd omdat deze relevant zijn voor hulpverleningsmogelijkheden in tunnels vanwege het optreden van bovenbenoemde fysieke mechanismen

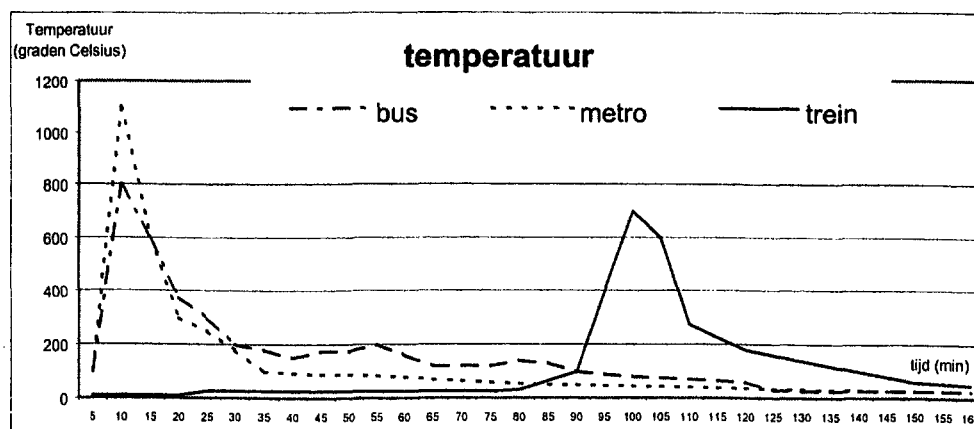
De 3 voertuigtypen zijn op 295 meter van tunnelmond aangestoken. Op 1,5-2,0 meter hoogte zijn bij een windsnelheid van 0,5 meter per seconde metingen verricht naar:

- Temperatuur (in graden Celsius)
- Zicht (in meters)
- CO (in parts per million),

De resultaten van de experimenten zijn hieronder weergegeven. De resultaten zijn afkomstig uit Blume (1994) en Blume (1996).

5.2.1 Temperatuur

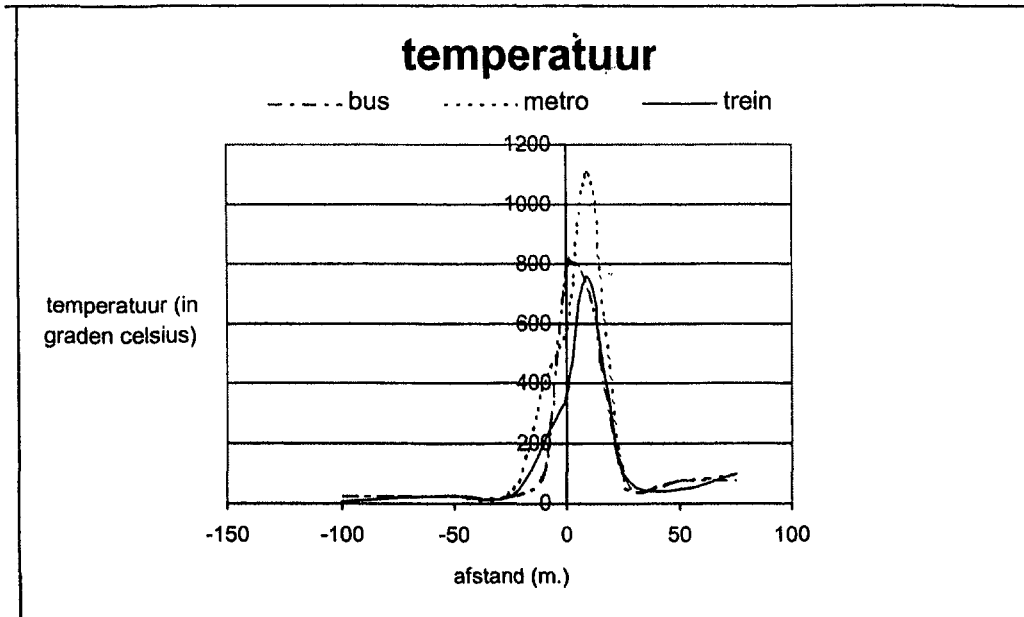
De ontwikkeling van de temperatuur in de tijd is gemeten op twee hoogtes; 2 en 4 meter. In de onderstaande figuur is het temperatuurverloop weergegeven zoals gemeten op 2 meter hoogte, op ca 20 meter van de brandende voertuigen. Uit figuur 6 wordt duidelijk dat de bus- en metrobrand beide hun maximum temperatuur rond de 15 minuten bereiken: 800 respectievelijk 1150 graden Celsius. De treinbrand bereikt een maximumtemperatuur na circa 100 minuten: 700 graden Celsius.



Figuur 6: Temperatuur op 2 meter hoogte en +/- 20 meter benedenwinds.

Tevens is het temperatuurverloop op 2 meter hoogte op verschillende afstanden tot de brandende voertuigen gemeten (figuur 7). Bedenk bij deze figuur dat er sprake is van een windsnelheid van 0,5 meter per seconde in de richting van de tunnelmond op circa 2 kilometer. Uit figuur 7 blijkt dat de brand in de bus op 0 meter haar maximum temperatuur bereikt (800 graden Celsius), terwijl maximum temperatuur van de metro- en treinbrand op circa 15 meter optreedt. Deze afstand lijkt te zijn ingegeven door de

windsnelheid. Uit de figuur blijkt eveneens dat de temperatuur snel daalt met een toenemende afstand vanaf 15 meter. Op circa 20 meter is de temperatuur voor de 3 voertuigtypen reeds gedaald tot circa 100 graden Celsius.



Figuur 7: Gemeten maximumtemperaturen naar afstand tot voertuig.

5.2.2 Rookverdichting

Ten behoeve van de rookverdichting kan de intensiteit I van een lichtstraal gemeten in de met rook gevulde tunnel. Met de meting van de intensiteit kan via een aantal eenvoudige formules de zichtafstand worden bepaald. De intensiteit van de lichtstraal zonder rook is I_0 . Het quotiënt van I en I_0 geeft de lichttransitie (LT):

$$I/I_0 = LT \quad (1)$$

De lichtuitdoving k wordt bepaald door de formule:

$$k = I/L \ln (1/LT) \quad (2)$$

Waarin L de afstand is tussen de lichtbron en de lichtontvanger.

De relatie tussen de optische dichtheid (OD) en de lichtuitdovingscoëfficiënt (k) wordt weergegeven door:

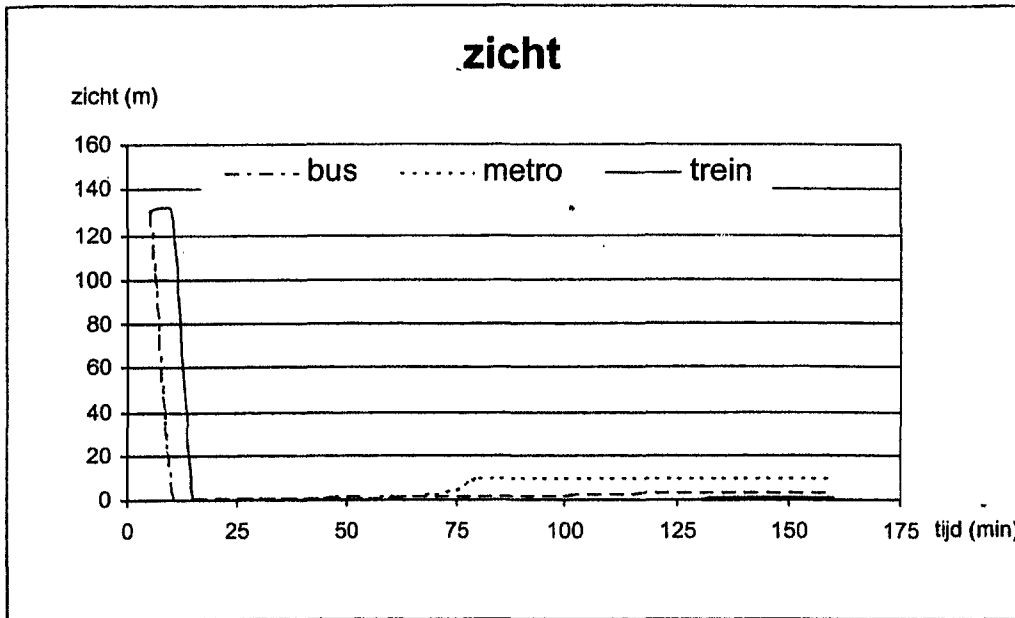
$$k = OD \ln (10) \quad (3)$$

De zichtafstand S wordt berekend middels de formule (Jin, 1978)

$$C = S OD \ln (10) \quad (4)$$

Waarin voor C bij een verlichting van 40 Lux een waarde van 3 wordt gehanteerd.

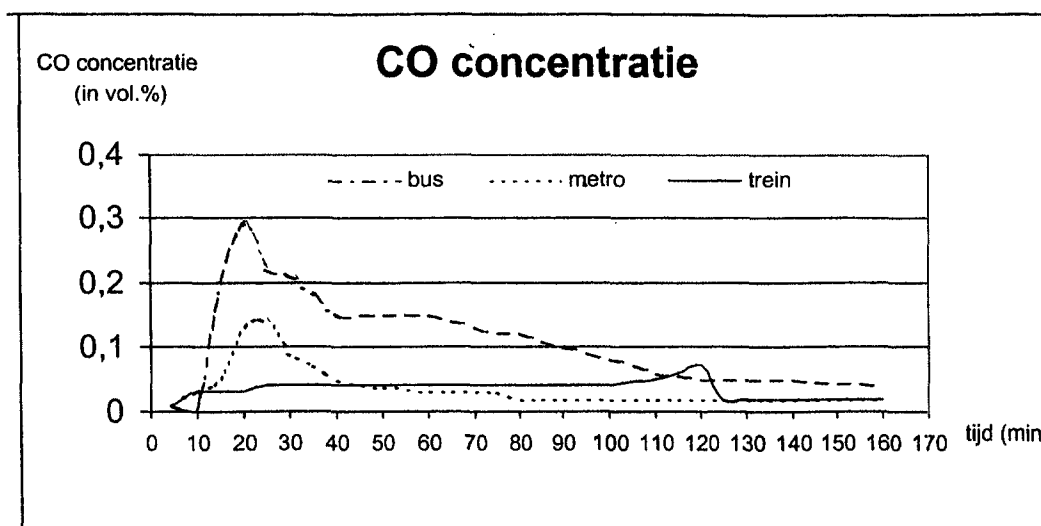
Ten behoeve van de rookverdichting is de intensiteit I van een lichtstraal gemeten op een hoogte van ca 2 meter in de met rook gevulde tunnel, op ca 100 meter van het brandende voertuig. De ontwikkeling van de zichtafstanden voor de drie in brand gestoken voertuigtypen zijn weergegeven in figuur 8 (Blume, 1994). In deze figuur vallen bus- en metrocurve de eerste 75 minuten samen. Uit deze figuur blijkt dat de bus- en metrobrand reeds na 10 minuten een zichtafstand oplevert van minder dan 10 meter, de treinbrand bereikt een zichtafstand van minder dan 10 meter na ca. 15 minuten. Tevens blijkt dat het zicht na verloop van langere tijd nauwelijks beter wordt.



Figuur 8: Berekende zichtafstand op basis van gemeten lichtintensiteit.

5.2.3 Toxiciteit

In het EUREKA 499 FIRETUN project zijn geen specifieke tests uitgevoerd voor concentraties en verspreiding van diverse toxische stoffen. De specifieke ontwikkeling van de concentratie van toxische stoffen hangt in grote mate af van de betreffende stof. Hier wordt niet verder ingegaan op specifieke toxische stoffen. In plaats daarvan wordt gebruik gemaakt van metingen naar koolmonoxide concentraties ten gevolge van voertuigbranden onderdeel uitmakend van het EUREKA 499 FIRETUN project. Wel wordt opgemerkt dat er meer is aan gevaarlijke stoffen dan koolmonoxide bijvoorbeeld aan het vrijkomen van verbrandingsprodukten welke zelf in nog kortere termijn kunnen leiden tot schade aan de menselijke gezondheid. Koolmonoxide is een toxisch product met een lage MAC-waarde dat bij bijna alle verbrandingsprocessen vrijkomt, en wat bijna reukloos is. De bus- en metrobrand resulteren binnen 20 minuten in een maximum CO concentratie (0,29 respectievelijk 0,14 Volume%). De treinbrand vertoont een langzaam stijgend verloop, waarbij het maximum wordt bereikt na circa 120 minuten (0,07 Vol.%). Een volume procent komt overeen met 10.000 deeltjes CO per miljoen deeltjes lucht (ppm). Uit de figuur volgt dat CO concentraties vanaf de maxima relatief langzaam afnemen in de tijd voor de bus- en metrobrand, en sterk daalt voor de treinbrand.



Figuur 9: Koolstofmonoxide concentratie in de tijd.

5.2.4 Betonafspat

Het EUREKA 499 project heeft geen metingen verricht samenhangend met instortingsgevaar. Echter bekend is uit bijvoorbeeld de casuïstiek van de Kanaaltunnel en brandtesten uitgevoerd in opdracht van de Project Directie Betuweroute dat hoge temperaturen leiden tot betonafspat.

Beton kan af spatten als het water in het beton boven de 100 graden Celsius komt. Boven deze temperatuur gaat het water verdampen, zet het uit (expansie) en wordt, zeker als er nauwelijks poriën in het beton zitten (zoals bij hoge dichtheidsbeton), het beton weggedrukt. De snelheid waarmee dit optreedt is afhankelijk van de dichtheid van het beton en de warmtecapaciteit van de warmtebron. Er geldt dat hoe hoger de dichtheid en de sterkte van het beton is, des te gevoeliger de constructie is voor afsputten. De ruimte rondom het losse water in hoge dichtheidsbeton is namelijk relatief klein waardoor de verdamping van water eerder leidt tot spanningsverhogingen in het beton en afsputten. De bekleding van de tunnelwand is van invloed op het afsputten van beton. Uit proeven van Rijkswaterstaat is gebleken dat daar waar bekleding is aangebracht op de tunnelwand het begin van het afsputproces zal worden vertraagd. Daar waar geen bekleding is aangebracht op de tunnelwand zal het afsputproces vroegtijdig worden ingezet.

Het afsputten wordt in ontwerptermen kritisch als het afsputfront circa de helft van de wanddikte heeft verwijderd. Voor tunnels wordt de wanddikte (D) in centimeters voor tunnels gedimensioneerd op basis van de diameter van de tunnel (d) (in meters), middels de ontwerpvoistregel:

$$D = 1/25d$$

Uit metingen in opdracht van de project directie Betuweroute is gebleken dat bij een temperatuur die hoger is dan 600 graden Celsius, per minuut 1 centimeter betonafspat plaatsvindt. De kanaaltunnelbrand laat zelfde grootorde in betonafspat bij deze temperatuur zien. Ook beneden de 600 graden Celsius treedt bij hoge dichtheidsbeton afsput van beton plaats. De snelheid echter waarmee dit gebeurt is niet bekend en wordt hieronder niet nader beschouwd.

In theorie kan de resterende wanddikte als functie van de tijd (D_t) worden berekend volgens onderstaande formule (t in minuten):

$$D_t = 1/25D - (1t)$$

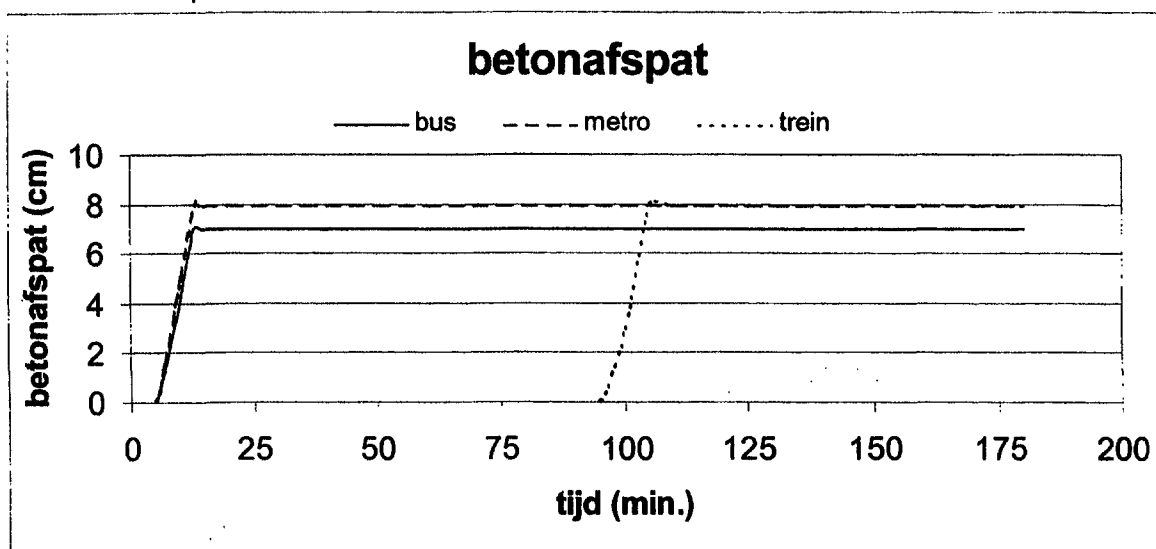
Een tunnel met een diameter van 10 meter, waarbij een brand gedurende 15 minuten een temperatuur hoger dan 600 graden Celsius afgeeft, resulteert in een wanddikte van 25 centimeter. Deze 25 centimeter is groter dan $1/2d$ (20 centimeter) waardoor er in ontwerptermen nog geen sprake is van een kritieke

aantasting van de tunnel. Bedenk bij deze voorbeeldberekening dat betonafspat ten gevolge van temperaturen lager dan 600 graden Celsius niet is beschouwd.

Uit figuur 6 blijkt dat voor de drie voertuigtypen de temperatuur zich in de hieronder gespecificeerde periode boven de 600 graden Celsius bevindt:

- Bus: in de periode van 6 tot 13 minuten
- Metro: in de periode van 5 tot 13 minuten
- Trein: in de periode van 97 tot 105 minuten.

Zetten we de betonafspat boven 600 graden Celsius uit in de tijd voor de drie brandende voertuig typen, dan ontstaat de volgende figuur. Betonafspat treedt bij de bus- en metrobrand vroegtijdig op. Bij de busbrand spat 7 centimeter af ten gevolge van temperaturen hoger dan 600 graden Celsius, voor de metrobrand is dit 8 centimeter. Bij de treinbrand treedt betonafspat op na circa 95 minuten, waarbij circa 8 centimeter afspat.



Figuur 10: Betonafspat.

Nu bekend is welke omvang gevaarsmechanismen in de tijd kunnen aannemen is het van belang in beeld te krijgen op welk moment de brandweer gereed is voor een eventuele inzet in de bedreigde tunnel.

5.3 Tijddiagram brandweeroptreden

Wanneer het tijdpad van de brandweer is gekwantificeerd kan met behulp van de geschetste tijddiagrammen voor rookontwikkeling, temperatuurontwikkeling, koolmonoxide ontwikkeling en de betonafspat aangegeven welke situatie de brandweer aantreft in de bedreigde tunnelbuis. Het is deze situatie die de brandweer aantreft en op basis waarvan zij overweegt al dan niet over te gaan tot een inzet in de bedreigde tunnelbuis.

Alvorens de brandweer eventueel met de bestrijding van de ongevalsgevolgen van start gaat wordt, vanaf het moment van stilstand van de trein, een aantal fasen doorlopen die tijd kosten (McAleer en Naqvi, 1994, Repede and Bernardo, 1994, Projectgroep integraal veiligheidsplan, 1997, Rosmuller, 2001):

- Melding van het incident
- Alarmering van de brandweer
- Uitruk van de brandweer
- Rijden door de brandweer
- Verkenningstijd
- Lopen door de brandweer
- Controleren spanning

Tijdens deze fasen voorafgaand aan een brandweerinzet bij spoorwegincidenten vindt parallel een aantal andere processen plaats (Werkgroep Scenario's HSL, 1997), namelijk processen die door de Nederlandse Spoorwegen worden uitgevoerd: stilleggen treinverkeer, zelfontuiming (buiten trein; buiten tunnel), spanningloos maken (ruim afschakelen) en aarden van de bovenleiding en het openen van de vluchtdeuren. Deze, voor de brandweer, ondersteunende processen, verlopen parallel aan een aantal primaire processen van de brandweer. Het hulpverleningsproces valt uiteen in drie componenten:

primaire brandweerprocessen: fasen tussen ontstaan het ontstaan van het incident en de aankomst bij de juiste dwarsverbinding (ter hoogte van het incident).

parallele processen: deze voorzien in de randvoorwaarden voor de primaire brandweerprocessen en verlopen in de tijd parallel daaraan.

brandweerinzet: in te gaan vanaf het betreden van de bedreigde tunnelbuis, te beginnen met verkenning.

Om het minimale tijdpad te bepalen voor de brandweer, alvorens een inzet in de bedreigde tunnelbuis kan worden overwogen, wordt een afbakening gemaakt: de parallele NS-processen worden niet nader behandeld vanwege de onbekende invloed ervan op het kritieke tijdpad van de brandweer.

Primaire brandweerprocessen

De relevante fasen die tijd in beslag nemen alvorens er een eventuele inzet van de brandweer in de bedreigde tunnelbuis wordt overwogen zijn in tabel II benoemd:

	Fase	Omschrijving
1	Meldingstijd	Ontdekken incident NS – melden aan de Regionale alarm Centrale (RAC)
2	Alarmeringstijd	Melden aan RAC – alarmering brandweerpersoneel
3	Uitruktijd	Alarmering – uitrijden eerste voertuig
4	Rijtijd	Uitrijden eerste voertuig – aankomst bij tunnelmond
5	Verkenningstijd	Aankomst tunnelmond tot inzet beslissing
6	Looptijd	Inzetbeslissing– aankomst bij dwarsverbinding
7	Controle	Controleren of bovenleiding spanningsloos is gemaakt

Tabel II: Fasering brandweerinzet tot aan dwarsverbinding.

Strikt genomen is de meldingstijd geen onderdeel van een primair brandweerproces. Deze is niettemin opgenomen, omdat reeds tijdens de meldingsfase de fysieke mechanismen zich ontwikkelen die uiteindelijk bepalend zijn voor de start van de brandweeractiviteiten. Per fase worden relevante opmerkingen ten aanzien van de benodigde tijd gemaakt.

Het is bijna uitgesloten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer dat de machinist een incident (zoals brand of lekkage toxische stoffen) waarneemt. Zie bijvoorbeeld het Leinebuschtunnelincident, waarin de machinist ruim vijf kilometer doorreed, terwijl een aantal wagons reeds buiten de rails liep. Of zoals bij het Kanaaltunnelincident waarin de machinist kilometers met een in brand staande wagon heeft doorgereden en door de verkeersleiding van de brand op de hoogte gesteld moest worden. De verkeersleiding kreeg daarbij een melding van het detectiesysteem. Gegeven een incident hangt de precieze ontdekkingstijd af van het type detectiesysteem.

De ontdekkingstijd wordt hieronder niet nader gekwantificeerd vanwege de minimale ontwikkeling van bovengenoemde fysieke mechanismen, te weten rookverdichting, temperatuurontwikkeling, toxiciteit en betonafspat. Deze mechanismen beginnen zich pas noemenswaardig te ontwikkelen wanneer de trein tot stilstand is gekomen. Met de stilstand van de trein breekt de meldingsfase van het incident aan. Hieronder wordt het minimale tijdpad geschetst voor de brandweerprocessen (de meest gunstige situatie), om te bezien wat de ontwikkeling van de fysieke mechanismen is op het meest gunstige moment. In werkelijkheid kunnen de benoemde fasen meer tijd kosten.

Fase I: Meldingstijd

De melding aan de RAC verloopt via de meldkamer van de NS verkeersleiding. Over gerealiseerde meldingstijden zijn geen empirische data beschikbaar. De Werkgroep Scenario's HSL heeft de benodigde tijd gesteld op 5 – 15 minuten, gebaseerd op expert judgement.

Fase 2: Alarmeringstijd

De Regionale Alarm Centrales (RAC's) van de regionale brandweren in Nederland zijn zeer verschillend naar operationele organisatie en technische voorzieningen. Een korte inventarisatie bij drie RAC's leert, dat de gerealiseerde alarmeringstijden sterk afhangen van het type melding (automatisch of mondeling), van de vaardigheden van melder en meldkamermedewerker, de mate van protocollering en de technische voorzieningen. Cijfers over gerealiseerde alarmeringstijden zijn bij drie RAC's geïnventariseerd. De volgende cijfers geven een indicatie.

RAC1 geeft aan, dat bij een mondelinge melding tussen 30 en 40 seconden benodigd is voor het bevragen van de melder, exclusief alarmering van personeel. Alarmering, bij state-of-the-art techniek, duurt dan nog circa 15 seconden, zodat de alarmeringstijd minimaal 45 seconden bedraagt. RAC2 geeft aan, dat met 45 seconden de meeste meldingen verwerkt zijn (inclusief alarmering), ook die waarbij het bevragen van de melder moeizaam verloopt. RAC3 stelt, dat voor niet spoedeisende meldingen meer tijd wordt uitgetrokken dan voor spoedeisende meldingen. Van de 737 spoedeisende meldingen in 2000, werd 85% in 1 minuut verwerkt (inclusief alarmering). Van deze 1 minuut wordt in dit onderzoek verder uitgegaan.

Fase 3: Uitruktijd

Uit de Brandweerstatistiek 1998 van het CBS (1999) valt op te maken, dat voor gemeenten vanaf 50000 inwoners de modale (meest voorkomende) uitruktijd 2 tot 3 minuten bedraagt (bij circa 50% van de meldingen). Voor kleinere gemeenten is de uitruktijd in 50% van de meldingen 4 tot 6 minuten. Er wordt uitgegaan van een uitruktijd van 3 tot 4 minuten. De uitruktijd kan per tunnellocatie gespecificeerd worden, want de uitruktijd is afhankelijk van het type bezetting van de kazerne (beroepspersoneel of niet gekazerneerde vrijwilligers).

Fase 4: Rijtijd

Kneyber en Rosmuller (2000) hebben de rijtijd gemodelleerd met medewerking van brandweer Delft. Op basis van literatuurstudie en interviews met professionele chauffeurs hebben ze de variabelen benoemd die de rijsnelheid beïnvloeden: wegtype (snelweg/provinciale weg/straat/woonerf), weertype (goed/slecht), aard van de melding, voertuigtype en tijdstip op de dag (dag/nacht/spits). Een vragenlijst is ontwikkeld waarin gevraagd wordt naar de snelheid van een tankautospuiter bij een urgente melding voor een 16-tal omschreven situaties. Deze vragenlijst is door zes chauffeurs ingevuld, waaruit reeds een homogeen beeld van de snelheid van een tankautospuiter voor de gegeven situaties is verkregen. Vervolgens hebben zij de resultaten van de vragenlijst getoetst aan 10 recente uitrukken van het brandweer korps van Delft. De gemodelleerde rijtijden kwamen sterk overeen met de daadwerkelijk gerealiseerde rijtijden. Tabel 12 geeft de resultaten van zes de chauffeurs. In de eerste 3 kolommen staan de variabelen die de situatie waarin gereden wordt beschreven. In de volgende kolommen staan de snelheden in kilometers per uur vermeld. In de cellen staat aangegeven hoeveel chauffeurs voor een bepaalde snelheid in de beschreven situatie hebben aangegeven. De laatste kolom geeft het gemiddelde van de zes chauffeurs.

Wegtype	Tijd	Weer	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Gem.	
Snelweg	D	G								1	4	1	90	
		S							6				70	
	N	G								1	4	1	90	
		S						1	5				68	
	S	G				1		2	1	2				65
		S				2	1	3						52
Wegtype	Tijd	Weer	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Gem.	
Grote weg buiten bebouwde kom	D	G						1	3	2			72	
		S					2	2	2				60	
	N	G					1		3	2			70	
		S				1	1	3	1				57	
	S	G				2		3	1				55	
		S			1	1	3	1					47	
Wegtype	Tijd	Weer	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Gem.	
Kleine weg, binnen bebouwde kom	D	G					1	3	2				62	
		S				2	3	1					48	
	N	G					1	3	2				62	
		S				1	4	1					50	
	S	G				2	3	1					48	
		S			1	4	1						40	
Wegtype	Tijd	Weer	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Gem.	
Woonerf	D	G		1	3	2							32	
		S		3	2	1							27	
	N	G			4	2							33	
		S		3	2	1							27	
	S	G		2	2	2							30	
		S		3	3								25	
			0	10	20	30	40	50	60				Gem.	
Afname door ladderwagen			2	2	1		1						13	
Afname door slecht weer						3	1	2					38	
Afname door spits				1	2	2	1						25	
Verandering door nacht			-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40			
					1	2	2		1				-5	

Tabel 12: Rijsnelheid tankautospuut.

Gegeven de tunnellocatie en de aanvalsroute (km) kan met de hierboven gepresenteerde rijsnelheden (km/u) berekend worden wat de rijtijd bedraagt (in minuten). Ligt een kazerne bijvoorbeeld op 10 kilometer van een tunnel, waarbij vijf kilometer over de provinciale en vijf kilometer binnen de bebouwde kom bij goed weer overdag gereden wordt, dan bedraagt de rijtijd bij benadering 10 minuten.

Fase 5: Verkenningstijd

Aangekomen bij de tunnelmond zal op basis van de aangetroffen situatie, informatie van de alarmcentrale en informatie van de infrastructuurbeheerder/vervoerder een besluit moten worden genomen over een eventuele inzet. Te komen tot een dergelijke beslissing, zo blijkt uit de dagelijkse brandweerpraktijk, neemt snel vijf minuten in beslag.

Fase 6: Looptijd

Rosmuller (2001) heeft de looptijd van brandweermensen gemodelleerd en empirisch gemeten. Op basis van interviews met repressieve deskundigen zijn een aantal variabelen benoemd die de loopsnelheid beïnvloeden:

- Ondergrond (verhard, weiland)
- Loopafstand en frequentie
- Meteorologische omstandigheden
- Materieel (hydraulische materiaal, etc.)
- Persoonlijke karakteristieken (gewicht, lengte, leeftijd, etc.).

Zowel per vragenlijst als middels praktijkmetingen zijn loopsnelheden gemeten. De vragenlijst betrof omschreven situaties aan de hand van bovengenoemde variabelen. Respondenten afkomstig uit met name het brandweerveld werd gevraagd aan te kruisen hoeveel seconden zij dachten dat het hen zou kosten een bepaald circuits af te leggen.

De veldmeting vond plaats op de kazerne van brandweer Delft en in de omgeving van Delft. Circuits zoals in de vragenlijst gespecificeerd zijn in het veld uitgezet. Vijf brandweermannen van de repressieve dienst van brandweer Delft hebben aan de tests meegedaan. Dit betekent dat zij de circuits hebben afgelegd waarbij de benodigde tijdsduur werd gemeten. De resultaten van beide onderzoeken zijn weergegeven in tabel 13:

Circuit	lengte (m)	Veld experiment (n = 5)		Vragenlijst (n = 54)	
		Gemiddeld (s)	Standaard deviatie	gemiddelde (s)	Standaard deviatie
Weiland	50	17	2	37	15
Struikgewas	5	X	X	25	14
Ladder prepareren	4	85	23	95	50
Sloot oversteken per ladder	4	9	4	37	15
Asfalt	50	14	1	26	11
Sloot	4	X	X	24	15
Dijklichaam op	10	8	1	28	12
Dijklichaam af	10	7	1	20	14
Ladder af	10	12	1	24	11
Trap af	5	7	1	20	12
Spoor	50	X	X	37	15
Ladder op	5	11	1	25	13
Trap op	5	10	1	21	14

Tabel 13: Resultaten van veldmetingen en vragenlijst looptijd.

Als een vuistregel kunnen de volgende loopsnelheden en tijdsduren worden aangehouden voor de volgende specificaties:

- Loopsnelheid: ca 3 m/s;
- Loopsnelheid spoor: ca 1,5 m/s
- Dijklichaam op: ca 1 m/s;
- Ladder preparatie: ca 1,5 minuut;
- Ladder op, trap op: ca 0,5 m/s;
- Ladder af, trap af: ca 1 m/s.

Deze snelheden (uitgezonderd ladder preparatie) kunnen over langere perioden worden gehandhaafd vanwege de insteek van hulpverleners niet buitenadem op het plaats van incident aan te komen. Buitenadem aankomen betekent namelijk dat eerst gerust moet worden om op een goede wijze reddende

handelingen te kunnen verrichten. Eerder zal een snelheid worden aangehouden die wel resulteert in een verhoogde ademhaling maar niet in het buiten adem geraken.

Bedenk bij deze vuistregels dat de looptijd afhangt van de specifieke omstandigheden. Wanneer ervan uit wordt gegaan dat hulpverleners naar het incident toelopen in de veilige tunnelbuis, in een rookvrije omgeving, en dus zonder ademlucht, maar met materiaal kan een benadering van de looptijd worden gegeven afhankelijk van de locatie van de juiste tussendeur. De looptijd voor bijvoorbeeld een treinincident in een tunnel van 2400 meter lengte (gemiddelde van de Betuwetunnels) met tussendeuren om bijvoorbeeld 200 meter, waarin de trein zich op 600 meter van de tunnelmond bevindt kan worden benaderd met genoemde vuistregels. Omdat hulpverleners een helling aflopen kan beredeneerd worden dat de loopsnelheid groter zal zijn dan de 1,5 meter per seconde, bijvoorbeeld 2 m/s. De looptijd bedraagt dan 5 minuten.

Fase 7: Controleren spanning op bovenleiding

De controle van de spanning op de bovenleiding kan zowel plaatsvinden aan de tunnelmond, (dus na de fase rijden) of nabij de ongevalsplek (na de fase lopen). Uit gesprekken met operationeel brandweer deskundigen komt naar voren dat dit ca 4 a 5 minuten kost. Empirische data zijn schaars vanwege het geringe aantal treinongevallen waarbij bovenleidingen spanningsloos gemaakt moeten worden.

De tijden benodigd voor elke fase betreffen veelal ranges. In tabel 14 worden, daar waar mogelijk, deze ranges per fase gepresenteerd, inclusief bronvermelding. In de kolom meest rechts wordt de cumulatieve tijdsduur gepresenteerd op basis van de minima in de ranges. Het cumulatieve totaal is dus het meest positieve tijdspad voor de brandweer om ter plekke te komen

	Fase	Benodigde tijd (in minuten)	Cumulatief minimum
1	Meldingstijd	5-15 (Werkgroep Scenario's HSL, 1997)	5
2	Alarmeringstijd	1 (inventarisatie bij 3 RAC's)	6
3	Uitruktijd	3-4 (CBS, 1999)	9
4	Rijtijd	X (Afhankelijk van afstand ¹)	19
5	Verkenningstijd	5 minuten	24
6	Looptijd	Y (Afhankelijk van afstand ²)	29
7	Controle	(4 a 5) interview	33

Tabel 14: Tijdsduur per fase.

1. Bij 60 km/u kan een afstand van 10 kilometer worden afgelegd in 10 minuten. Deze 10 minuten is gehanteerd in de bepaling van minimale cumulatieve benodigde tijdsduur.

2. Bij 3 m/s kan een afstand van 900 meter worden afgelegd in 5 minuten. Deze 5 minuten is gehanteerd in de bepaling van minimale cumulatieve benodigde tijdsduur.

Resumerend kan gesteld worden dat de tijd welke het de hulpverlening kost om uit te rukken (moment van weggrijpen uit kazerne), vanaf het moment van ontstaan van de stilstand van de trein, minimaal 9 minuten bedraagt. Wordt hierbij opgeteld een rijtijd (X) van 10 minuten, een looptijd (Y) van 5 minuten, en de controle van de spanning van de bovenleiding van 4 minuten, dan betekent dit dat na 33 minuten door de brandweer begonnen kan worden met de eerste verkenning richting de bedreigde tunnelbuis vanuit de dwarsverbinding

Hierbij wordt uitgegaan dat de parallelle processen binnen het kritieke tijdspad van de brandweer gerealiseerd zijn zoals:

- Het beschikbaar stellen van informatie over de positie van de trein in de tunnel door NS
- Het spanningloos maken en aarden van de bovenleiding door NS
- Het beschikbaar stellen van informatie over de samenstelling van de lading van de trein door NS
- Het openen van de deuren van de dwarsverbindingen door een operator op afstand (indien niet door brandweerpersoneel met een eenvoudige handeling lokaal bij de dwarsverbinding)

Het niet tijdig uitvoeren van deze processen zorgt voor vertraging bij de primaire brandweerprocessen. Ten aanzien van dit laatste bestaan echter twijfels over de tijdigheid van uitvoering (TU Delft, 1999), getuige bijvoorbeeld de recentelijk lekkage van toxische stoffen op rangeerterrein Kijfhoek waar na 2 uur nog niet duidelijk was welke stof uit de desbetreffende spoorketel weglekte.

5.4 Confrontatie in de tijd van mechanismen en brandweeroptreden

Uitgaande van de 33 minuten welke zijn verstreken sinds de stilstand van de trein, kan voor de vier gespecificeerde mechanismen worden weergegeven met welke fysieke omstandigheden brandweerpersoneel in de bedreigde tunnelbuis geconfronteerd wordt. Per fysiek mechanisme zoals beschreven in paragraaf 5.2 wordt hieronder deze situatie geschetst.

5.4.1 Temperatuurontwikkeling

Tabel 15 geeft de temperatuur weer voor elk van de drie brandende voertuigtypen op het moment dat de brandweer ter plekke van het incident is (na 33 minuten), en overweegt of een inzet in de bedreigde tunnelbuis tot de mogelijkheden behoort. Het gaat hier om niet geventileerde branden (1 a 2 m/s).

Voertuigtype	Temperatuur (na 33 min.)
Bus	Ca. 200 graden Celsius (dalend)
Metro	Ca. 180 graden Celsius (dalend)
Trein	Ca. 50 graden Celsius (langzaam stijgend)

Tabel 15: Temperatuur na 33 minuten.

De vraag is of bij genoemde temperaturen bij elk van de drie voertuigtypen een offensieve inzet mogelijk is. In het lesmateriaal van de opleiding Onderbrandmeester 'Instructeur persoonlijke beschermingsmiddelen' [Nibra, 1998] wordt voor een inzet in omsloten ruimten een maximale temperatuur van 70 graden Celsius aangehouden. De confrontatie van deze norm met de geregistreerde temperatuur van de 3 brandende voertuigtypen leert dat de temperatuur in de tunnel de normtemperatuur voor een eventuele inzet overstijgt (met uitzondering van de brandende trein).

Tevens wordt een eventuele inzet beperkt door de hoeveelheid te verrichten fysieke arbeid en beschikbare ademlucht. In de reflectie (paragraaf 5.5) wordt op beide aspecten bij een inzet nader ingegaan.

5.4.2 Zicht

Tabel 16 geeft de zichtafstand weer voor elk van de drie brandende voertuigtype op het moment dat de brandweer ter plekke van het incident is (na 33 minuten).

Voertuigtype	Zicht (na 33 min.)
Bus	Minder dan 5 meter (constant)
Metro	Minder dan 5 meter (constant)
Trein	Minder dan 5 meter (constant)

Tabel 16: Zicht na 33 minuten.

Blume (1994) stelt dat bij een zicht van minder dan 10 meter slachtoffers van een brand het oriëntatievermogen verliezen, en vluchten onmogelijk wordt. Met een zicht van minder dan 5 meter voor elk van de genoemde brandende voertuigtypen is het ook voor het brandweerpersoneel onmogelijk zich te oriënteren.

De rookontwikkeling na 33 minuten ten gevolge van de brand voor de 3 genoemde voertuigtypen levert een zicht geringer dan 5 meter op, en dus een onveilige inzetsituatie in de bedreigde tunnelbuis, waardoor inzetgevaren voor de brandweer zich manifesteren.

5.4.3 Toxiciteit

Alvorens de beperkingen ten gevolge van toxiciteit te benoemen, wordt hier nogmaals benadrukt dat deze niet per type toxische stof zijn gegenereerd, maar dat koolmonoxide concentraties hiertoe zijn gebruikt. Tabel 17 geeft de koolmonoxide-concentratie weer voor elk van de drie brandende voertuigtype op het moment dat de brandweer ter plekke van het incident is na 33 minuten).

Voertuigtype	CO concentratie (na 33 min.)
Bus	0,20 vol.% (dalend)
Metro	0,08 vol.% (dalend)
Trein	0,04 vol.% (constant)

Tabel 17: CO-concentratie na 33 minuten.

Blume (1994) stelt dat bij 1000 ppm (0,1 vol%) een onbeschermd persoon beperkt wordt in zijn handelen. Bij de bus en metro brand betekent dit dat, enkel ten gevolge van CO concentraties, reeds met ademlucht opgetreden moet worden. Bij de treinbrand kan, ten gevolge van CO concentraties, eventueel nog zonder ademlucht bescherming worden opgetreden. Het CO-gevaar wordt tenietgedaan door het dragen van ademluchtbescherming. Ten gevolge van de gemeten CO-concentraties kan besloten worden over te gaan op een inzet in de bedreigde tunnel.

5.4.4 Betonafspat

Vanwege de kortstondige hoge temperaturen en de relatieve dikke tunnelwanden vormt betonafspat in de gegeven testsituaties geen gevaar voor instorting. Betonafspat kan natuurlijk wel hulpverleners verwonden doordat stukjes op de hulpverleners neerdalen. Veder, bedenk dat het psychische aspect van het geluid van afspattend beton (klinkt als een mitrailleur) hulpverleners beïnvloedt.

5.5 Samenvatting

Tabel 18 vat de kritieke beperkingen samen van de vier fysieke mechanismen voor de 3 beschreven brandende voertuigtypen. In de cellen staat de indien mogelijk, de inzettijd van brandweer vermeld.

	Temperatuur	Zicht	CO-concentratie ¹	Betonafspat
Bus	Ca 5 minuten	Geen	Geen beperking	Geen beperking
Metro	Ca 5 minuten	Geen	Geen beperking	Geen beperking
Trein	Ca 9 minuten	geen	Geen beperking	Geen beperking

Tabel 18: Mogelijkheid tot inzet.

¹ Bij een inzet met toxische stoffen is het dragen van een gaspak vereist, waarbij temperatuur en belasting van de brandweerprouessional de beperkende factoren zijn

Uit deze tabel blijkt dat 'zicht' de kritische beperkende factor is voor een eventuele brandweerinzet bij een brand in een tunnel. Daarnaast vormt ook de temperatuur een factor die de inzet van brandweerproueseel beperkt. CO-concentratie vormen geen probleem, zolang ademluchtbescherming adequaat werkt. Wat betreft betonafspat zal meer het psychische aspect dan het fysische mechanisme van het afnemen van de wanddikte door betonafspat een barrière vormen tot een inzet over te gaan.

5.6 Reflectie op een eventuele brandweerinzet in tunnels

In deze paragraaf worden de inzetparameters in de bestaande richtlijn voor spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer (BZK, 1997) nader beschouwd aan de hand van bovenstaande bevindingen.

In BZK (1997) wordt ten aanzien van hulpverleningsmogelijkheden bij tunnelincidenten een aantal inzetparameters op theoretische basis beredeneerd, te weten:

- loopsnelheid: 0,2 tot 0,4 m/s in hitte en rook
- gebruiksduur van ademhalingsbescherming: 20 minuten met standaard toestel en 40 minuten met 6-literstestel
- inzettijd: impliciet wordt van een werktijd van 5 minuten uitgegaan, dit is de tijd benodigd geacht voor het verkennen, opstellen en richten van een waterkanon, dan wel voor het vinden van slachtoffer vanaf een dwarsverbinding
- loopafstanden: volgend uit loopsnelheid, gebruiksduur en inzettijd: min. 240 meter (120 meter heen en 120 meter terug) tot max. 840 meter is 420 meter heen en 420 meter terug).

De reflectie heeft betrekking op een aantal aspecten, te weten:

- test gegevens
- te verrichten arbeid
- ademlucht

5.6.1 Test gegevens

De vraag in hoeverre de test gegevens representatief zijn voor ongevallen in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederen vervoer is relevant. Allereerst verschilt ieder tunnel, waardoor altijd sprake van benaderingen zal zijn. Daarnaast is in de testsituaties slechts 1 voertuig in brand gestoken, terwijl in realiteit meerdere voertuigen in brand kunnen staan. Hierdoor kunnen temperaturen verder toenemen en over langere tijdsduren op deze hogere temperaturen in stand blijven. De treinbrand (een ICE-wagon), had een relatief geringe brandlast ten opzichte van een geladen goederenwagon met bijvoorbeeld houten pallets of koolwaterstoffen. Hierdoor kan de temperatuur in de bedreigde tunnelbuis significant hoger zijn dan in de gepresenteerde figuur, en kan ook de betonafspat sneller en langduriger plaatsvinden. Er zijn geen toxische scenario's gemeten, anders dan CO-concentraties. Ongevallen met toxische stoffen vereisen een gaspakken/chemicaliënpakken inzet, met hun eigen tijddiagrammen en temperatuurbepalingen. Wanneer er sprake is van een dispersie van toxische stoffen, dan betekent dit dat een overweging van een brandweerinzet plaatsvindt onder het gaspakken regiem. Dit betekent dat de hiervoor bestaande gaspakkenprocedure gevolgd wordt, waar het aantrekken van het gaspak onderdeel uitmaakt. Een snel verlopende gaspakken procedure neemt minimaal 30 minuten in beslag. Normaal gesproken wordt rekening gehouden met 45 minuten. Gedurende de tijd dat de gaspakkeninzet wordt voorbereid zullen de scenario's zich verder ontwikkelen.

Dit zou betekenen dat een gaspakkeninzet op zijn vroegst ca 60 minuten na stilstand van de trein kan plaatsvinden. Tabel 19 geeft de temperatuur weer voor elk van de drie brandende voertuigtypen op het moment dat de brandweer over kan gaan tot een gaspakken inzet (na 60 minuten).

Voertuigtype	Temperatuur (na 60 min.)
Bus	Ca. 180 graden Celsius (dalend)
Metro	Ca. 75 graden Celsius (dalend)
Trein	Ca. 50 graden Celsius (constant)

Tabel 19: Temperatuur na 60 minuten.

Voor een gaspakkeninzet geldt dat deze niet worden verricht bij een temperatuur hoger dan 70 graden Celsius. De temperaturen na 60 minuten voor de genoemde brandende voertuigtypen zijn hoger dan de 70 graden Celsius waaruit geconcludeerd kan worden dat een eventuele inzet met gaspak in de bedreigde tunnel de overweging negatief uit zal pakken.

5.6.2 Te verrichten arbeid

Door drie samenhangende factoren wordt de inzetijd van brandweerpersoneel beperkt: de te verrichten arbeid (W), de omgevingsomstandigheden (waaronder temperatuur (graden Celsius), en de (kleding)uitrusting. De belastbaarheid van een brandweerman, in termen van inzetijd, hangt af van de warmtebalans. Deze is als volgt weer te geven (Havenith, 1998):

Warmte-opslag = warmteproductie - warmteafgifte.

De warmteproductie wordt bepaald door de mate van inspanning. Voor die inspanning wordt energie opgewekt, die voor 80 tot 100% vrijkomt als warmte in het lichaam en slechts voor een klein gedeelte als 'externe arbeid' (zoals wrijvingsenergie). De warmteafgifte bestaat uit geleiding (contact met objecten), convectie (opwarmen van koele omgevingslucht aan huid en longen), straling en zweetverdamping.

De warmtebalans wordt vanuit de omgeving beïnvloed door de temperatuur, luchtvochtigheid, en luchtbeweging. Daarnaast heeft het lichaam zelf mechanismen om de warmteproductie dan wel -afgifte te reguleren. Zweetverdamping is daarbij het 'zwaarste' middel voor warmteafgifte. De gedragen kleding is cruciaal, omdat deze het warmte- en vochttransport tussen huid en omgeving beïnvloedt (Nibra, 1998). Kleding beschermt tegen hitte maar hoe meer huid door kleding wordt bedekt of hoe dikker de kleding,

des te hoger is de warmte- en dampweerstand en des te hoger is het risico van de warmtebelasting. Te grote warmtebelasting kan leiden tot hitte-uitputting (BZK, 1984). Dat is de situatie waarbij men onwel wordt doordat het lichaam door inspanning is vermoeid en de lichaamstemperatuur sterk is toegenomen. Bij een inzet in een brandscenario zal de inzetijd ingeperkt worden door het risico op hitte-uitputting. De inspanning (warmteproductie) is groot, terwijl de warmteafgifte beperkt wordt. Tabel 20 geeft een indicatie van het energieverbruik bij diverse activiteiten voor een persoon van 80 kg (Havenith, 1998). Daarnaast leidt het dragen van beschermende kleding of uitrustingsartikelen tot een zelfstandige toename in inspanning.

Activiteit	Energieverbruik in Watt
Metselen van betonblokken	450 W
lopen over los zand, 4 km/u	450 W
idem met 20 kg draaglast	530 W
Adembeschermingsmasker (type P1 en P2)	35 W
Adembeschermingsmasker (type P3)	70 W
persluchtapparaat	110 W
brandweerpak (semi-permeabel voor waterdamp) met helm, handschoenen, laarzen	135 W

Tabel 20: Energieverbruik per activiteit.

Het lopen over los zand bij 4 km/ u (1,1 m/s), met 20 kg draaglast betekent een inspanning van 530 W. Gebruikmaking van een persluchtapparaat en een semi-permeabel (standaard) uitrukpak kent een energieverbruik van 145 (of 180) Watt. Voor een op redding of blussing in een spoortunnel gerichte inzet is een inspanning van 700 Watt realistisch. Havenith (1998) legt de 'tolerantiegrens' bij 700 W gedurende een uur. Echter tegelijkertijd geldt:

De omgevingstemperatuur is hoger dan de huidtemperatuur waardoor sprake is van negatieve warmteafgifte (warmteopname). De stralingstemperatuur is hoger dan de huidtemperatuur waardoor sprake is van negatieve warmteafgifte (warmteopname). Wanneer bij gelijkblijvende relatieve luchtvochtigheid de temperatuur uitstijgt boven de huidtemperatuur neemt de zweetverdamping, en daarmee de warmteafgifte af. Door de inspanning treedt sterk vochtverlies van het lichaam op. De warmte-uitwisseling neemt toe bij toenemende luchtbeweging. In een extreem hete omgeving warmt het lichaam sneller op bij toenemende luchtbeweging (Havenith, 1998).

Het is moeilijk gebleken de exacte inzetijd te geven. Het ontbreekt aan actuele empirische data. Experts hanteren simulatiemodellen, waarbij de inzetijd afhankelijk is van de precieze kleding-eigenschappen en persoonlijke kenmerken van de drager-doelgroep. Op basis van Widetchek (1987) blijkt, dat bij zware arbeid (700 W) - rekening houdend met het risico op hitte-uitputting - de inzetijd in een semi-permeabel beschermingspak beperkt is tot 17 minuten bij 20 gr C tot 7 min bij 50 gr C omgevingstemperatuur. Bij een eventuele redding in een tunnel kan worden uitgegaan van op zijn minst middelzware arbeid. Zware hydraulische gereedschappen zoals combispreiders en waterkanonnen zullen worden gehanteerd om gevolgen te bestrijden.

In (BZK, 1984) worden 'tolerantietijden' gepresenteerd op basis van metingen (uitgevoerd door TNO) met proefpersonen in een hete omgeving. Drie brandweerpakken zijn getest. In het beste pak (permeabel, dus waterdampdoorlatend) hield de brandweerman de testsituatie van 111 graden Celsius 9,5 minuten uit. Bij 148 graden Celsius was dit nog 3 minuten.

5.6.3 Ademlucht

In het toxiciteit scenario (CO-concentratie) is ten gevolge van ademluchtbescherming een inzet mogelijk in de bedreigde tunnelbuis. Echter, de inzetijd van brandweerpersoneel met ademlucht hangt af van: hoeveelheid ademlucht (l) en de te verrichten arbeid (W). Het aantal liters water vermenigvuldigd met de druk in de fles geeft aan hoeveel liter ademlucht kan worden verbruikt. Flessen van 6 liter met 200 of 300 bar worden gebruikt. Eerst genoemde levert 1200 liter ademlucht. Bij de 300-bar-flessen is een Vanderwaals constante van toepassing van 0,9, resulterend in 1620 liter ademlucht. Het aantal inzetminuten wordt beperkt doordat tenminste 55 bar restdruk (ofwel 330 liter ademlucht) over moet

zijn. De inzetijd wordt in minuten berekend als afhankelijk van het ademluchtgebruik per minuut W (in liters) en de restdruk. Bij middelzware arbeid (350 W, zich horizontaal bewegen met een last van 30 kg) in temperatuur tot 35 gr C moet gerekend op 50 tot 60 liter per minuut ademluchtverbruik. Middels onderstaande formule:

$$\text{inzetijd} = (6(300-55))/W$$

volgt dat middelzware arbeid gedurende een klein half uur kan worden verricht.

Samenvattend

De op theoretische basis bereedeneerde kentallen in BZK (1997) lijken door bovengenoemde bevindingen uit de casuïstiek en metingen in tunnels achterhaald te worden. De praktijk namelijk leert dat inzetparameters niet zonder meer vertaald kunnen worden naar tunnelsituaties.

In omstandigheden van rook en hitte neemt de loopsnelheid sterk af. Deze inzetparameter wordt irrelevant op het moment dat het zicht nihil is en de temperatuur extreem. Getuige het Mont Blanctunnelincident en het Tauerntunnelincident, waar brandweerlieden gedwongen werden zich terug te trekken.

Het gebruik van ademluchtbescherming is een fysieke inspanning op zichzelf. Het verrichten van fysieke arbeid daar bovenop wordt zwaarder, terwijl de zuurstofbehoefte stijgt. Getuige het Kanaaltunnelincident, waarbij het brandweerpersoneel maximaal 10 minuten arbeid verrichtte met gebruik van ademluchtbescherming.

In omstandigheden van rook neemt de desoriëntatie van brandweerpersoneel sterk toe. Van loopafstand zal bij zichtbeperking überhaupt geen sprake zijn. Getuige het Leinebuschtunnelincident, waarbij slechts enkele tientallen meters lopend konden worden overbrugd. Daarbij was zelfs nog geen sprake van extreme temperaturen en instortingsgevaar.

De praktijk biedt derhalve geen steun aan een theoretische afleiding van loopafstand op basis van gemiddelde loopsnelheid en gebruiksduur van ademluchtbescherming.

5.7 Conclusies

Allereerst is de ontwikkeling van fysieke mechanismen, te weten temperatuur, zicht, CO-concentratie en betonafspat, ten gevolge van brand in tunnels in beeld gebracht. Gebleken is dat deze voor brandende treinstellen langzamer ontwikkelen dan voor brandende bus- en metrovoertuigen.

Vervolgens is voor de fasen in de uitruk van de brandweer, te weten melden, alarmeren, rijden, verkennen, lopen en spanningscontrole de minimaal benodigde tijd voor uitvoering gekwantificeerd. Het minimale tijdpad alvorens de brandweer nabij het incident in de bedreigde tunnelbuis aan komt bedraagt 33 minuten. Deze 33 minuten is geprojecteerd in de ontwikkelingsdiagrammen van de vier fysieke mechanismen, waardoor een beeld per mechanisme wordt verkregen op het moment dat de brandweer kan overgaan tot het betreden van de bedreigde tunnelbuis. Uit deze confrontatie is gebleken dat zichtbeperking de eventuele inzet van de brandweer onmogelijk maakt. Zou zicht geen beperking vormen dan zou de temperatuur een inzet van maximaal 5 minuten mogelijk maken. CO concentraties vormen geen beperking, benodigde ademlucht is dan wel weer van belang te beschouwen als ook de hoeveelheid te verrichten arbeid.

6 RICHTLIJN HULPVERLENING SPOORTUNNELS

(uitsluitend bestemd voor goederenvervoer)

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal een conceptrichtlijn voor het optreden van de brandweer bij ongevallen in tunnels uitsluitend bestemd voor goederentransport worden beschreven. Deze richtlijn is gebaseerd op een drietal soorten bevindingen zoals die in vorige hoofdstukken zijn uitgewerkt:

In de eerste plaats gaat het dan om min of meer harde mechanismen gebaseerd op analyse van recente casuïstiek (H3) en de gesprekken met internationale deskundigen.

In de tweede plaats gaat het om de beleving operationeel leidinggevende bij de brandweer over mogelijkheden tot een inzet. Het is van belang dat de richtlijn aansluit bij de het "dagelijks" handelen en beslissen van de leidinggevenden (officieren van dienst) van de brandweer. Internationaal onderzoek naar besluitvorming onder tijdsdruk heeft nadrukkelijk aangetoond dat inzetprocedures en richtlijnen moeten aansluiten bij de dagelijkse praktijk en ervaring omdat zij anders in noodsituaties waarin onder tijdsdruk moet worden geopereerd, worden genegeerd (Klein, 1993; Kerstholt, 1996; Wevers, 1999). Om deze praktijk te bepalen zijn er simulatiesessies gehouden met operationeel leidinggevenden van de brandweer uit plaatsen in Nederland waar tunnels bestaan of worden gerealiseerd (hoofdstuk 4).

In derde plaats gaat het om empirische gegevens over de ontwikkeling van gevaarsmechanismen in de tijd en de brandweerinzet uitgezet in de tijd. Op het moment dat de brandweer tot een eventuele inzet over kan gaan, zijn de gevaarsmechanismen als dermate ontwikkeld dat een veilige inzet nauwelijks mogelijk is.

De vraagstelling van dit onderzoek luidde bij welke calamiteiten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer een inzet van de brandweer valt te verwachten, en op welke wijze deze inzet zal verlopen. Samenvattend kan worden gesteld dat:

- op basis van de casuïstiek een offensief optreden van de brandweer in een bedreigde tunnelbuis uiterst riskant is, terwijl de bijdrage ervan aan redding en blussing zeker niet is gegarandeerd en
- op basis van de simulatiesessies blijkt, dat de brandweer slechts met de grootst mogelijke omzichtigheid (en zelfs tegenzin) zal optreden. In het geval dat redding van de machinist niet meer aan de orde is, is zelfs elke stimulans tot offensief brandweeroptreden verdwenen.
- op basis van modellering van gevaarsmechanismen in de tijd en een brandweerinzet in de tijd kan geen sprake zijn van een veilige inzet in de bedreigde tunnelbuis.

De voorgestelde richtlijn kan dan ook als volgt worden samengevat: "bij kleine incidenten is offensief optreden mogelijk. Van een noodzaak tot redding is dan evident geen sprake. Bij grote incidenten moet in principe worden uitgegaan van defensief brandweeroptreden".

Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd. In paragraaf 2 worden de voornaamste conclusies samengevat. In paragraaf 3 wordt de voorgestelde richtlijn per ongevalsscenario gegeven. In paragraaf 4 worden onderwerpen voor nader onderzoek aangegeven.

6.2 Conclusies

Het onderzoek levert het volgende beeld op ten aanzien van hulpverleningsmogelijkheden bij calamiteiten in spoortunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer:

Brand: Daadwerkelijk offensieve bestrijding van een grotere brand (waarbij de sprinkler blijkbaar gefaald heeft) door de brandweer is niet goed mogelijk. Hoogstens kan verdere uitbreiding bovenwinds voorkomen worden met behulp van monitoren (bluskanon). Het brandende deel en het benedenwindse deel zullen echter zelf moeten uitbranden. Bij een kleine brand is een inzet te overwegen. Op basis van omzichtige verkenning is een bluspoging uitvoerbaar. Basisprincipe is altijd dat de brandweer niet veilig kan optreden in tunneldelen zonder zicht en bij temperaturen hoger dan 70 graden Celsius.

Toxiciteit: Bij lekkage van een toxische stof kan de lekkage in principe bovenwinds veilig benaderd worden wanneer de ventilatie geactiveerd is. Bronbestrijding door de brandweer is echter slechts mogelijk bij een zeer beperkt aantal kleine lekkages. In deze situatie is het waarschijnlijk effectiever de trein eerst uit de tunnel te duwen, hoewel de praktische uitvoerbaarheid laag kan zijn. Bij grotere lekkages (waar de brandweer ook in het vrije veld nauwelijks de deskundigheid noch het materieel heeft om te kunnen optreden) kan ventilatie leiden tot een ongewenste blootstelling van de omgeving van de tunneluiteinden. In dergelijke situaties is vooralsnog geen effectieve strategie voorhanden.

Uit de simulatiesessies blijkt, dat een gecombineerd brand-toxische stoffen scenario als dusdanig bedreigend wordt gezien, dat een inzet niet wordt overwogen.

Dreiging op explosie: Bij dreiging op explosie in de tunnel (BLEVE of gaswolkexplosie) is geen veilig brandweeroptreden mogelijk.

6.3 Richtlijn voor brandweeroptreden

In deze paragraaf wordt per scenario een richtlijn voor hulpverlening gegeven. Eerst worden echter enkele algemene uitgangspunten gegeven.

Algemene uitgangspunten

Brandweeroptreden in de tunnel kan gezien de tijdsspanne tussen ongeval en mogelijke inzet enkel gericht zijn op een beperking van de schade, niet op redding. Volgens de algemene principes voor brandweeroptreden zal in zo'n geval alleen worden opgetreden als dit veilig mogelijk is. In het bijzonder zal daarom bijvoorbeeld niet worden opgetreden als er geen duidelijkheid is over de lading, in tunneldelen zonder zicht, als er mogelijk explosiegevaar is of als er een combinatie van brand en lekkage van gevaarlijke stoffen is.

Ondanks deze conclusie blijven scenario's mogelijk die wel vragen om een inzet van de brandweer. Juist voor die gevallen wordt brandweerkorpsen met een tunnel in het verzorgingsgebied in preparatief opzicht voorbereidingen te treffen. Aanvalsplannen voor de tunnels en oefeningen kunnen de brandweerprestaties kwalitatief doen toenemen.

Richtlijn per scenario

Wanneer er geen sprake is van brand of een dreiging van lekkage van toxische stoffen zijn buitengewone gevallen van stilstand van de trein in de tunnel een NS-aangelegenheid.

1a) Kleine brand, geen (dreiging op) vrijkomen toxische stoffen: geen spoedeisende actie brandweer gericht op redding. Blussing, al dan niet met behulp van een waterkanon, is wellicht in te zetten na omzichtige verkenning.

1b) Kleine brand, wel (dreiging op) vrijkomen toxische stoffen: geen actie brandweer, wacht tot brand gedoofd is.

2a) Grote brand, geen (dreiging op) vrijkomen toxische stoffen: geen actie brandweer mogelijk

2b) Grote brand, wel (dreiging op) vrijkomen toxische stoffen: geen actie brandweer mogelijk

3) (Dreiging op) kleine lekkage toxische stoffen: geen spoedeisende acties brandweer gericht op redding. Mogelijk in samenwerking met NS-ongevallendienst bronbestrijding kleine lekkage, overweeg gebruik ventilatie.

4) Grote lekkage toxische stoffen: geen spoedeisende acties brandweer, overweeg gebruik ventilatie en effectbestrijding bij tunnelportaal.

5) Explosie: geen actie brandweer mogelijk

6) Dreiging Boiling Liquid Expanded Vapor Explosion (BLEVE): geen actie brandweer mogelijk

De simulatiesessies leren dat offensief brandweeroptreden in tunnels door brandweer experts in Nederland in zeer beperkte mate overwogen wordt. Los daarvan geeft casuïstiek aan dat algemene inzetparameters voor brandweeroptreden niet zonder meer en op theoretische gronden kunnen worden vertaald naar tunnelsituaties. Casuïstiek en modellering geven een beeld dat een veilige brandweerinzet nauwelijks mogelijk is in bedreigde tunnels. Additionele casuïstiek en veldexperimenten in realistische situaties, zoals in het EUREKA FIRETUNE project kunnen geëigende methoden van onderzoek zijn voor het preciseren van inzetparameters voor de brandweer in tunnelsituaties.

LITERATUUR

- Bauer, B., 1999,
Brand im Tauerntunnel, EFB Verlagsgesellschaft, 112 Magazin der Feuerwehr, nr. 9.
- Blume, G., 1994,
Smoke and heat production in tunnel fires- Smoke and hot gas hazards, International Conference on Fires in Tunnels: *Fires in Tunnels*, Sweden.
- Blume, G., 1996,
Temperaturverteilung und Ausbreitung toxischer Gase bei Tunnelbränden: Auswirkungen auf die Flucht- und Rettungsmöglichkeiten, pp. 8-14 , VFDB Zeitschrift, nr. 1.
- CBS, 1999,
Brandweerstatiestiek 1998, Centraal Bureau voor de Statistiek, Heerlen.
- Desfray, P.M. en J. Beech, 1997,
Inquiry into the fire on heavy goods vehicle shuttle 7539 on 18 November 1996, i.o.v. Channel Tunnel Safety Authority, gepubliceerd op internet door het Department of the Environment, Transport and the Regions GB.
- Eckford, D. et al., 1996,
Simulation of the behaviour of smoke from a fire on a train in a tunnel using CFD and VR visualization, Tunnelincident management, First International Conference, Denmark.
- Havenith, G., 1998,
Werken onder warme omstandigheden, Arbo Themacahier 1, SDU, Den Haag.
- BZK, 1984,
Op brand gekleed, Ministerie van Binnenlandse Zaken, Directie Brandweer, Den Haag.
- Hoffman, S., 1997,
Eurotunnel promises more safety measures, Fire Europe, Argus Business Media, nr. 5.
- Jin, T., 1978,
Visibility through fire smoke, pp. 135-155, Journal of Fire and Flammability, nr. 9.
- Klatt, S. en J. Maass, 1999,
So lief der Einsatz im Tauerntunnel, Feuerwehr, nr. 8.
- Kneyber, J.C. en N. Rosmuller, 2000,
Rijtijdmodellering brandweervoertuigen, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Techniek Bestuur en Management, Delft.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken (Fr) en het Ministerie van Verkeer, Waterstaat en Woningbouw (Fr), 1999,
Bestuursopdracht tot technisch onderzoek inzake de brand van 24 maart 1999 in de verkeerstunnel door de Mont Blanc. Voorlopig rapport.
- BZK, 1997,
Beveiligingsconcept Spoorwegtunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer, Ministerie van Binnenlandse Zaken en koninkrijksrelaties, directie Brandweer en Rampenbestrijding, Den Haag.
- BZK en COB, 1997,
Ondergrondse bouwwerken en veiligheid, Literatuurrapport, Ministerie van Binnenlandse Zaken en het Centrum voor Ondergronds Bouwen, Den Haag.
- Nibra, 1998,
Onderbrandmeester Instructeur Persoonlijke bescherming, Nibra, Arnhem.
- Rampfel, S., 2000,

Güterzugbrand in ICETunnel, EFB Verlagsgesellschaft, 112 Magazin der Feuerwehr, nr. 5.

TU Delft, 1999,

Generic safety balance of the Tunnels in the Betuweroute freightline, Final report, TU Delft, Veiligheidskunde.

Kerstholt, J.H., 1996,

Dynamic decision making, Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, Ponsen & Looijen bv, Wageningen.

Klein, G.A., 1993,

A recognition-primed decision (RPD) model for rapid decision making, in: *Decision making in action: models and methods*, G.A. Klein et al., Norwood, NJ, Ablex.

McAleer, W.E. en I.A. Naqvi, 1994,

The reallocation of ambulance stations: A successful case study, *European Journal of Operational Research*, Vol. 75, pp. 582-588.

McKinney, D., 1999,

Transient analysis of a fire in a station with gravity smoke extraction system, Tunnel fires and escape from tunnels, International Conference, France.

Projectgroep Integraal Veiligheids Plan, 1997,

Sturen op veiligheid, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Personenvervoer, Projectgroep Hogesnelheidslijn-Zuid, Den Haag, Rapnr. HSLV-R-97067.

Repede, J.F. en J.J. Bernardo, 1994,

Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky, *European Journal of Operational Research*, Vol. 75, pp. 567-581.

Rosmuller, N., 2001,

Safety Analysis of Transport Corridors, Proefschrift, Technische Universiteit Delft, Faculteit der Techniek Bestuur en Management, Delft.

Wevers, S.J.M., 1999,

Raison d'etre, Nibra, Rapnr. 8.

Widetchek, O., 1987,

Physiologische Aspekte beim Einsatz von Chemicalschutzanzügen, pp. 354-357, *Brandschutz Deutsche Feuerwehrzeitung* 41.

Yin, 1989,

Case study research: design and methods, SAGE Publications, California.

BIJLAGE A: SIMULATIESTRAMIEN

Als voorbeeld is hieronder het simulatiestramien voor het scenario 'kleine brand' (situaties zonder toxische stoffen) weergegeven. Voor andere scenario's is een soortgelijk stramien gehanteerd.

Goederentrein komt tot stilstand in tunnel. Bekend vanuit tunnel detectie is dat er een kleine brand is ontstaan. Uit gegevens van de vervoerder is bekend dat er geen toxische stoffen in de goederentrein aanwezig zijn.

U komt als eerste ter plekke van de tunnel, en bent verantwoordelijk voor de repressie. Wat doet U, waarom en hoe?

Indien verkenning naar materiaal:

Stof	Wat?	Waarom?	Hoe?
Hout			
Kunststof			
Papier			
Auto's			

Indien verkend wordt naar aanwezige hoeveelheid stof:

Hoeveelheid Stof	Wat?	Waarom?	Hoe?
Hout (1 wagon)			
Kunststof (1 wagon)			
Papier (1 wagon)			
Auto's (1 wagon)			

Indien verkend wordt naar treinsamenstelling:

Treinsamenstelling	Wat?	Waarom?	Hoe?
Bekend en volgens regelgeving			
Onbekend			

Indien verkend word naar temperatuur:

Temperatuur	Wat?	Waarom?	Hoe?
< graden Celsius			
> graden Celsius			

Indien verkend word naar zicht:

Temperatuur	Wat?	Waarom?	Hoe?
< meter			
> meter			

Indien verkend wordt naar tijdsduur brand:

Temperatuur	Wat?	Waarom?	Hoe?
< minuten			
> minuten			

BIJLAGE B: TUNNELS IN NEDERLAND

Weg- en spoortunnels zoals aanwezig of voorgenomen in Nederland (tot 2005, exclusief metrotunnels)

Provincie	Tunnel	Weg- of spoortunnel	Status
Friesland	Pr. Margriettunnel	weg	bestaand
Gelderland	Pannerdensch Kanaaltunnel (Betuweroute)	spoor	in aanleg
Gelderland	Zevenaartunnel (Betuweroute)	spoor	in aanleg
Limburg	Roertunnel	weg	bestaand
Limburg	A73 Zuid	weg	voorgenomen
Noord-Holland	Coentunnel	weg	bestaand
Noord-Holland	Hemspoortunnel	spoor	bestaand
Noord-Holland	Ijtunnel	weg	bestaand
Noord-Holland	Schipholstunnel	weg	bestaand
Noord-Holland	Schipholspoortunnel	spoor	bestaand
Noord-Holland	Velsertunnel	weg	bestaand
Noord-Holland	Velserspoortunnel	spoor	bestaand
Noord-Holland	Wijkertunnel	weg	bestaand
Noord-Holland	Zeeburgertunnel	weg	bestaand
Overijssel	A35 Nijverdal	weg	voorgenomen
Utrecht	A2 Leidsche Rijn	weg	voorgenomen
Zuid-Holland	Beneluxtunnel	weg	bestaand
Zuid-Holland	Beneluxtunnel 2	weg	in aanleg
Zuid-Holland	Botlektunnel	weg	bestaand
Zuid-Holland	Botlekspoortunnel (Betuweroute)	spoor	in aanleg
Zuid-Holland	Calandtunnel	weg	in aanleg
Zuid-Holland	Drechtstunnel	weg	bestaand
Zuid-Holland	Giessenspoortunnel (Betuweroute)	spoor	in aanleg
Zuid-Holland	Groene Hart (HSL-Zuid)tunnel	spoor	in aanleg
Zuid-Holland	Heinenoordtunnel	weg	bestaand
Zuid-Holland	HSL-Zuidtunnel: Zestienhoven	spoor	in aanleg
Zuid-Holland	HSL-Zuidtunnel: Oude Maas	spoor	in aanleg
Zuid-Holland	HSL-Zuidtunnel: Dordtse Kil	spoor	in aanleg
Zuid-Holland	Kiltunnel	weg	bestaand
Zuid-Holland	Koningstunnel Den Haag	weg	bestaand
Zuid-Holland	Maastunnel	weg	bestaand
Zuid-Holland	Noordtunnel	weg	bestaand
Zuid-Holland	Sijtwendetunnel	weg	in aanleg
Zuid-Holland	Sophiaspoortunnel (Betuweroute)	spoor	in aanleg
Zuid-Holland	Tunnel Leiden CS	weg	bestaand
Zuid-Holland	Willemspoortunnel	spoor	bestaand
Zeeland	Vlaktetunnel	weg	bestaand
Zeeland	Westerscheldetunnel	weg	in aanleg

BIJLAGE C: RESPONDENTEN

Naam	Functie	Organisatie
Broekhuizen, H.	Openbare Veiligheid	Regionale Hulpverleningsdienst Rotterdam-Rijnmond
Dijk, A. van	officier	Brandweer Rijswijk
Feldman,	NS verkeersleiding	Regio Zuidwest, Rotterdam
Keken, R. van	NS verkeersleiding	Regio Noordwest, Amsterdam
Knopper, J.	officier	Brandweer Haarlemmermeer
Koelmans, J.	commandant	Brandweer Spijkenisse
Lenssen, M.	officier	Regionale Brandweer Zuid-Holland Zuid
Meyden, C. van der	officier	Brandweer Leiden
Nieuwenhuis, J.	commandant	Brandweer Alblasterdam
Nome, J.	commandant	Brandweer Beverwijk
Stüsgen, K.	ondercommandant	Brandweer Velsen
Verlinden, M.	officier	Brandweer Amsterdam
Vons, A.	commandant	Brandweer Leiderdorp
Watering, van de	operationele voorbereiding	Brandweer Rotterdam
Wit, P. de	officier	Brandweer Amsterdam

BIJLAGE D: RESULTATEN SIMULATIESESSIES PER RESPONDENT

	Dreiging toxische stoffen (< 10 liter)	Lekkage toxische stoffen (> 10 liter)	Kleine brand	Grote brand	Explosie	Dreiging bleve
Infobehoeftte:	Stof, samenstelling	positie incident	positie incident, werking sprinkler ventilatie,			
Actie:	inzet	ventilatie		Verkenning op afstand, Geen inzet	geen inzet	Verwijderen van een ieder, geen inzet eigen veiligheid
Doel:	Verkenning	bovenwinds naderen	verkenning en inzet om te blussen			
Inzet middelen:	2 TS, 1 mat. wagen ademlucht, chemie/gaspak	-	-			
Infobehoeftte:	Oorzaak	-	-	-	-	-
Actie:	Geen uitspraak	-	-	-	-	-
Doel:	-	-	-	-	-	-
Inzet middelen:	geen uitspraak	-	-	-	-	-
Infobehoeftte:	-	Verificatie werking install. Lekdichten	Meetgegevens	Tunnel integriteit	oorzaak, tunnel integriteit inzet	geen inzet
Actie:	ventilatie inzet		Ventileren, inzet	geen inzet		
Doel:	verkenning	Publieke veiligheid	om te blussen		redden van bekneeld slachtoffer	
Inzet middelen:	normale inzet (1 TS, ademlucht en beschermende kleding)	1 peloton			-	
Infobehoeftte:	stof, treinsamenstelling inzet	Resultaten meet apparatuur geen inzet	NS info	Geen inzet	integriteit tunnel	geen inzet
Actie:	verkennen		Vertrouw op sprinkler Eigen veiligheid		geen inzet	
Doel:	adembescherming, meetapparatuur		-			
Inzet middelen:						
Infobehoeftte:	oorzaak, stof, samenstelling, meetgegevens detectie app. inzet	redding noodz.		Ventileren en wachten	kans op vervolg explosies	geen inzet
Actie:	inzet	Ventileren	ventilatie	Geen inzet	geen inzet	
Doel:	verkennen	Redding	inzet ter redding en blussing			
Inzet middelen:	ademlucht, meetapp., 2 TS, OvD	-	2 maal 2 TS en OvD			
	Dreiging toxische	Lekkage toxische stoffen (>	Kleine brand	Grote brand	Explosie	Dreiging bleve

	stoffen (< 10 liter)	10 liter)				
Infobehoeft:	Aard, samenstelling	machinist aanwezig	Luchtverplaatsing	Materiaal	kans op vervolg explosies, integriteit tunnels	geen inzet
Actie:	-	ventileren	Ventilatie	Verkenning	geen inzet	
Doel:	-	redding	inzet ter blussing	Geen inzet,		
Inzet middelen:	-		2 maal 2 TS met OvD	verkenning 4 TS en 2 OvD		
Infobehoeft:	NS info	NS info	NS info en ontwikkeling brand	Geen inzet	Geen inzet	geen inzet
Actie:	inzet	Verificatie gegevens	-			
Doel:	verkennen	verkennen	-			
Inzet middelen:	-	-	-			
Infobehoeft:	welke stof	Zie scenario 1	Materiaal, hoeveelheid		# personen, vrij druk verspreiding, branden, integriteit tunnel	# personen, aard v.d. aanstraling, indien binnen 10 minuten goed beeld van ongeval en ter plekke
Actie:	ventileren,		ventileren	Wachten		
Doel:	afschuimen, sproeien, afdekken		blussen	berging	geen inzet	
Inzet middelen:	2 TS, 1 schuimbl.vrt, 2 hv vrt.		1 TS			2 TS
Infobehoeft:	# pers.	Zie scenario 1	Ontwikkeling		# personen, integriteit tunnel, vluchtwegen, aanvalsroutes	Geen inzet
Actie:	-		Ventilatie en verkenning	Geen inzet		
Doel:	-		Redding, blussing		geen inzet	
Inzet middelen:	-		1 TS			
Infobehoeft:	oorzaak, stof, hoeveelheid	Oorzaak	# personen	# pers., materiaal, pos. Incident, verbrandingsproducten	kans op nieuwe explosies brand	Aanstraling
Actie:	ventileren meten	ventileren, meten	verkennen	voorzichtige verkenning met evt. vertraagde inzet	geen inzet	geen inzet
Doel:	verkennen	verkennen	werken installaties	stabilisatie waterkanon		
Inzet middelen:	-	-	-			
Infobehoeft:	NS info	Stof	-		Kans op vervolg explosies, meten	volume wagon
Actie:	Analyse detectiegeg.	Ventileren, afdekken, neerslaan	verkennen	Redding en uitbreiding voorkomen	Verkenning	
Doel:	Verkennen	Stabilisatie	blussen	Tunnelbehoud		
Inzet middelen:	-	1 TS	1 TS	3 TS		3000 liter per minuut
	Dreiging toxische	Lekkage toxische stoffen (>	Kleine brand	Grote brand	Explosie	Dreiging bleve

	stoffen (< 10 liter)	10 liter)				
Infobehoeft:	Trein inc. mngt.	-	-	-	-	-
Actie:	-	-	-	-	-	-
Doel:	-	-	-	-	-	-
Inzet middelen:	-	-	-	-	-	-
Infobehoeft:	Stof, hoeveelheid, treinsamenstelling, aanvalsweg, bluswatervoorz., installaties	Stof	materiaal, hoeveelheid		integriteit tunnel	Aanstralingsduur
Actie:	Ventileren, waterkoelen	Verkennen	binnen treden		verkennen	geen inzet
Doel:	Verkennen	Stabiliseren	redding en stabilisatie	Uitbr. Voorkomen, toegangmog. Verz.	2 TS, 2 hv, droge blusleiding	
Inzet middelen:	2 TS, 2 hv	middel hulpverlening	1 TS	3 TS		
Infobehoeft:	NS info	Zie scenario 1	Verificatie installaties		Kans op vervolg explosies, integriteit tunnel	Thermische/mechanische bleve
Actie:	Ventileren meten		Binnentreden	Ventileren, sprinkler en schuim	Geen inzet	
Doel:	Verkennen		Stabilisatie	Verkennen		geen inzet
Inzet middelen:			2 TS	Geen inzet		
Infobehoeft:	NS info	NS info	NS info, rook, zicht, temperatuur	Geen inzet	Geen inzet	Geen inzet
Actie:	Verkennen naar dreiging of kleine lekkage	Eerst wordt omzichtig verkend	Ventileren		Hooguit een vertraagde verkenning bij gebleken veilig optreden met als doel de integriteit van de tunnel te beoordelen	Ontruimen en evacueren komen eerder, dan verkennen en blussen
Doel:	Bij dreiging is dit nog een taak van de brandweer?	Om er zeker van te zijn dat veilig opgetreden kan worden. Bestaat die zekerheid niet, geen binnen treden in tunnel.				
	1 TS, 1 hv, OvD, ademlucht	2 TS, 1 hv, OvD, ademlucht	Ca. 1 a 2 TS, OvD			
		Verder inzet hangt samen met de aard van de toetsche stof	Verder inzet hangt samen met de aard van het materiaal			
			Kleine brand	Grote brand	Explosie	Dreiging bleve



	stoffen (< 10 liter)	10 liter)				
opmerkingen	Beschouw dreiging als kleine lekkage tot dat tegendeel is bewezen.	Meningen zijn niet eenduidig.	Opvallend is dat sprinkler geacht wordt brand onder controle te houden, maar dat inzet hieraan kan bijdragen en dus wordt binnengetreden in tunnel	Het risico wordt te groot geacht ten opzichte van het verwachte aantal te redden personen 'behoud van tunnel' vormt geen argument om binnen te treden.		



NIBRA

Nederlands Instituut
voor Brandweer
en Rampenbestrijding

Kemperbergerweg 783
6816 RW Arnhem

XEROX DOCUMENT BINDER COVER
Royal White 6 mm for 23-55 sheets. Reorder-No. 3R93678