

TNO-rapport
TM-01-C003

titel
**Vluchtwegen en vluchtwegaanduidingen
Westerscheldetunnel**

TNO Technische Menskunde

WSTBD-01.03067

Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

Telefoon 0346 35 62 11
Fax 0346 35 39 77

auteurs
L.C. Boer
F.J.J.M. Steyvers

datum
26 januari 2001

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO, dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2001 TNO

opdrachtgever : Drs. F.J.J.M. Steyvers
Experimentele en Arbeidspsychologie
Rijksuniversiteit Groningen
Grote Kruisstraat 2/1
9712 TS GRONINGEN

aantal pagina's : 29

Leeswijzer en aanvullende opmerkingen bij "Vluchtwegen en vluchtwegaanduidingen Westerscheldetunnel"

*F. Steyvers – Rijksuniversiteit Groningen
L. Boer – TNO-TM Soesterberg*

Maart 2001

Deze leeswijzer verschijnt naar aanleiding van nagekomen commentaar op het rapport *Vluchtwegen en vluchtwegaanduidingen Westerscheldetunnel* (Boer & Steyvers, 2001). Het concept van dit rapport, aangeboden aan de opdrachtgever begin december 2000, werd op 4 januari 2001 besproken. Tijdens deze bespreking kondigde de opdrachtgever aan dat meer commentaren te verwachten waren. Enkele dagen later ontvingen we een exemplaar van het conceptrapport met bijgeschreven commentaar. Per 23 januari ontvingen we nog eens schriftelijke commentaren. Na verwerking van alle commentaren verscheen het rapport in februari 2001.

Tijdens een voortgangsbespreking op 8 maart kwam opnieuw commentaar, zowel schriftelijk als mondeling. Naar aanleiding van dit commentaar werd afgesproken een schriftelijke toelichting te geven in de vorm van de huidige leeswijzer. Deze toelichting wordt per passage verzorgd. Ter herinnering: in het rapport worden functionele aanbevelingen gegeven.

Uitgangspunt voor het rapport als geheel is dat een situatie van nood ontstaan is die evacuatie noodzakelijk maakt. Een voorbeeld is een forse brand.

Blz. 6, selectieve evacuatie. Tijdens uitvoering van de opdracht en door de vragen die aan de opdrachtgever zijn gesteld is het belang van selectieve evacuatie gaandeweg duidelijk geworden.

Nog niet duidelijk is of selectieve evacuatie wel of niet tot het programma van eisen behoort en zo ja, niet duidelijk is op welke plaats in de tunnel de grens moet komen te liggen tussen de twee soorten evacuatie die dan kunnen worden onderscheiden: a) evacuatie per eigen voertuig via de rijbaan en b) evacuatie te voet via de dwarsverbindingen. Ook zijn er in het momenteel voorliggende tunnelontwerp en bijbehorende veiligheidsplan te weinig mogelijkheden om de bijpassende informatie selectief aan te bieden. Desgewenst zullen wij graag meedenken over dit vraagstuk.

Blz. 9, tweede alinea, aanvulling: indien selectieve informatie wordt aangeboden loopt ook de calamiteitsbuis stroomafwaarts van het incident leeg. Zoals gezegd is onduidelijk of selectieve informatie in de huidige opzet van de informatie-infrastructuur in het tunnelontwerp kan worden aangeboden.

Blz. 10, vierde alinea. Hoe dan ook geldt: de bevestiging dat er iets aan de hand is kan het beste met zowel visuele als auditieve boodschappen worden gegeven; de boodschappen dienen elkaar te ondersteunen.

Blz. 12; toespreekinstallatie. Er zijn hier twee onderscheiden problemen: (a) spraakverstaanbaarheid en (b) slechts één segment van 150 m kan worden toegesproken, en alleen dan als ook een camera-monitor-schakeling met dat segment bestaat. De spraakverstaanbaarheid dient hoe dan ook (technisch) geoptimaliseerd te zijn; de toespreekinstallatie vormt immers het enige communicatiemedium van de tunneloperator naar de tunnelgebruikers waarmee flexibel berichten kunnen worden doorgegeven. Indien de spraakverstaanbaarheid goed is, blijft nog altijd de vraag hoe de operator een (groot?) aantal mensen verspreid over een aantal segmenten moet toespreken.

Blz. 13; aandachtverlaging door eentonigheid zal in de gebruikelijke 5 minuten van een tunnel-passage nauwelijks plaatsvinden, tenzij bestuurders al erg vermoeid zijn en/of onder invloed zijn psycho-actieve stoffen (alcohol, drugs of medicijnen). Aandachtvernauwing door angst of stress en dergelijke zou wel kunnen optreden, maar dit geeft problemen die niet gemakkelijk met infrastructuur zijn op te lossen – in elk geval niet binnen de ontwerpkeuzen zoals die nu gemaakt zijn voor de Westerscheldetunnel. Een antwoord op de mogelijke vraag van tunnelgebruikers “hoe ver is het nog” kan wel gemakkelijk worden geregeld door op de tunnelwand afstands-aanduidingen aan te brengen. Een aanduiding van de afstand kan uit de tunnel rijdende evacués een idee geven dat ze de goede kant op gaan en hoe ver het nog is naar de uitgang, c.q. hoe lang dat nog zal duren, hetgeen geruststellend kan werken. Deze maatregel kan echter gevolgen hebben voor evacuaties.

Blz. 14; tussenborden. De suggestie dat tussen de toegangsdeuren tot de dwarsverbindingen geen aanduidingen naar die deuren nodig zijn wekt de indruk dat dit ongewenst is. Echter in situaties met rook zijn laag aangebrachte richtingsaanduidingen wel gewenst en ook in overeenstemming met aanbevelingen in andere landen. Er is dus geen bezwaar tegen laag geplaatste tussenborden.

Blz. 15; het formaat van het bord zal aangepast moeten worden aan de beschikbaar vrije ruimte, waarbij de vorm van het figuurtje van de normfiguur kan afwijken. De herkenbaarheid dient echter gewaarborgd te zijn.

De eerste zin van de vierde alinea hoort te staan in het eerste stukje van de eerste alinea.

Blz. 17; waar staat “tegenstraalverlichting” (vlak boven 3.2.1.) wordt “tegenlicht” bedoeld.

Blz. 18; verwarring tussen Oost- en Westbuis. De opdrachtgever kan zich voorstellen dat de symmetrie van de dwarsverbinding de mensen desoriënteert. Het is daarom een goed idee de dwarsverbindingen *asymmetrisch* aan te kleden.

Blz. 20; "(figuur 1)" moet zijn: "(figuur 3)".

Blz. 21; (n.a.v. P. Fournier, ad 3:) De beperkingen in de ondersteuning van de taak van de operator dienen onderwerp van studie te zijn. Vooralsnog vinden de auteurs het ongewenst meteen al mogelijkheden tot communicatie te beperken, zoals in het huidige ontwerp is voorzien, omdat hiermee flexibiliteit onmogelijk wordt die misschien wel gewenst is.

ad 5: als via luidsprekers verstaanbaar een voldoende lang gedeelte van de tunnel kan worden toegesproken dan dient de boodschap van evacuatie via luidsprekers te worden gegeven, naast de visuele boodschap via de wandborden en ondersteund door de autoradio. Consistentie dient, ook en juist in het geval van selectieve informatie te worden gewaarborgd.

Blz. 22; De precieze tint groen hangt af van de impressie die dit geeft bij de gebruikte verlichting.

(Fournier, ad 12:) De "vanzelfsprekendheid" waarmee de vluchtdeur kan worden geopend dient empirisch te worden vastgesteld, niet vooraf te worden aangenomen. Dit geldt des te meer omdat de deur geen standaard-deur is, hoe standaard die ook in tunnels wordt opgenomen. Hoe vaak openen gewone mensen vluchtdeuren in tunnels? Een standaard-deur is voor de allergrootste meerderheid van de Nederlandse bevolking een scharnierende deur met klassieke deurklink. Wat daar niet op lijkt – klapdeuren, draaideuren, schuifdeuren – is niet standaard en kan leiden tot onzekerheid wat betreft de bediening. Zie voor een groot aantal sprekende voorbeelden van "hoe het niet moet" de web-site www.baddesigns.com.

(Fournier, ad 13:) Een pijl van de aanbevolen omvang wordt door rijdende automobilisten naar verwachting niet als verkeersaanduiding geïnterpreteerd; hij is dan ook bedoeld voor wandelende evacués. Een "rode loper" trekt wellicht de aandacht maar wat de bedoeling is wordt niet meteen duidelijk; een pijl heeft ook inhoudelijk betekenis, die wijst specifiek naar iets. Een dergelijke rode asfaltbaan is een voorbeeld van betekenisloos gebruik van kleur als informatie-code. Kleur dient altijd ondersteunend te zijn – in verkeerslichten heb je naast "kleur" immers ook altijd "plaats" als code – omdat kleuren op zich niets betekenen. Bovendien blijkt dat 10-15% van de mannelijke automobilisten wegens rood-groen kleurenblindheid specifieke eisen stellen aan een dergelijke kleur rood om ervoor te zorgen dat ze het verschil met het omliggende wegdek alleen al kunnen waarnemen. Dus als aanvulling van de pijl kan het, als vervanging niet.

(Fournier: "vergrendeling van de vluchtdeuren is noodzakelijk".) Het rapport gaat over een evacuatie, de auteurs willen de nachtmerrie-achtige situatie vermijden van een vluchtende groep mensen die tevergeefs een gesloten deur probeert te openen. De opdrachtgever wil vermijden dat een persoon met autopech onbedoeld op de rijbaan van de andere tunnelbuis terecht komt. Hoewel het scenario kan optreden van een automobilist met pech die vervolgens gaat dwalen, achten wij het risico hier uiterst klein. In de eerste plaats wordt alarm geslagen omdat een voertuig stil staat en kan de operator de persoon zien en toespreken. Mocht de persoon desondanks in de dwarsverbinding verdwijnen blijft het nog weinig waarschijnlijk dat deze persoon naar de andere tunnelbuis gaat. Bij het openen van de tegenoverliggende deur krijgt de persoon immers duidelijke waarschuwingen: (a) autolawaai, (b) het zien passeren van snelverkeer. Zelfs bij geringe verkeersdruk is nog altijd de rijbaan zichtbaar compleet met belijning en – als de persoon in de tunnel stapt – koplampen of achterlichten in verte. De vraag dringt zich bovendien op: in hoeverre is het in het huidige ontwerp mogelijk te bewaken of er zich mensen in een dwarsverbinding begeven, zodat de operator alsnog deuren kan vergrendelen.

De auteurs houden vast aan het standpunt dat de vluchtdeuren altijd ontgrendeld dienen te zijn.

INHOUD	Blz.
SAMENVATTING	3
SUMMARY	4
1 INLEIDING	5
1.1 Voorzieningen	6
1.2 Aanpak	7
2 EVACUATIE OP GANG BRENGEN	8
2.1 Fase 1: Bewustwording van de calamiteit	9
2.2 Fase 2: Besef dat het voertuig moet worden verlaten	11
2.2.1 Verkeer voorbij de calamiteit	12
2.2.2 Het verkeer in de andere tunnelbuis	13
3 VLUCHTWEGEN EN MARKERING	13
3.1 Fase 3: Identificatie van het begin van de vluchtweg	13
3.2 Fase 4: Volgen van de vluchtweg	16
3.2.1 Verblijf in de dwarsverbinding	17
3.2.2 Passeren dwarsverbinding	18
3.2.3 Verblijf in de veilige tunnelbuis	18
3.3 Volgen van de vluchtweg en capaciteit	19
4 SLOTFASEN: NAAR CENTRALE LOCATIE EN OPVANG	21
5 AANBEVELINGEN	21
6 AANBEVELINGEN VOOR HET VERVOLG	23
REFERENTIES	25
BIJLAGE A: Verband tussen aanbevelingen en taakanalyse van gedrag in noodsituaties	26

Vluchtwegen en vluchtwegaanduidingen Westerscheldetunnel

L.C. Boer en F.J.J.M. Steyvers

SAMENVATTING

Vraagstelling: De Westerscheldetunnel is 6,6 km lang. Voor noodgevallen is ontruiming mogelijk, waarbij evacués uit de rampbuis naar de "andere buis" ontvluchten. Dat kan via dwarsverbindingen die om de rook tegen te houden afgesloten zijn met deuren. Maar hoe weten automobilisten dat ze de auto moeten laten staan, en waar ze dan naar toe moeten?

Werkwijze: Stappen van ontruiming: (a) automobilisten alarmeren, (b) de auto uit krijgen, (c) naar de dichtstbijzijnde vluchtdeur, (d) door de dwarsverbinding en (e) in de andere buis. Rekening werd gehouden met wat er is: luidsprekers, automatische verkeerssignalering, een controlekamer, enzovoort. Vervolgens werden maatregelen voorgesteld om de aandacht op de juiste informatie te richten.

Resultaten: De markeringen boven de rijstroken zijn goed bruikbaar om het verkeer tot stilstand te brengen. Borden langs de wand met "Alarm, uitstappen svp" ondersteund met een boodschap op de autoradio geven sturende informatie. Als de eerste automobilisten uitstappen zal de rest volgen. De vluchtdeuren trekken de aandacht vanwege een markering boven de deur—het Europese "vluchtende mannetje" in *zeer groot formaat*—en omdat ze 3× meer licht afstralen dan de wand. Het mannetje wordt herhaald op de deur zelf. De deur gaat zo gewoon mogelijk open, en een uitnodigende aankleding of een glazen deur overwint "deurvrees" en moedigt mensen aan de dwarsverbinding te gebruiken. Ook als de evacués in de andere tunnelbuis zijn aangekomen blijft de controlekamer ze begeleiden. Anders zouden ze kunnen besluiten terug te gaan naar de rampbuis ("even kijken", spullen uit de auto halen).

Conclusie: Met de juiste aankleding kan de Westerscheldetunnel snel ontruimd worden. Het rapport geeft oplossingen op hoog en laag abstractieniveau. Vanuit het hogere niveau kan de lezer zelf alternatieve oplossingen voor het lagere niveau aandragen. Verder werd tijdens uitvoering van het project duidelijk dat de details van evacuatie nader uitgewerkt moeten worden met als hoofdpunten selectieve evacuatie, de rol van de controlekamer, het via luidsprekers toespreken van meerdere tunnelsegmenten tegelijk, en de noodzaak van vergrendeling op de vluchtdeuren.

Escape ways and escape-way marking in the Westerschelde tunnel

L.C. Boer and F.J.J.M. Steyvers

SUMMARY

Purpose: The tunnel under the Westerschelde is 6.6 km long. Evacuation is possible for emergencies. Evacuees from the "disaster tube" go to the "other tube" through transverse tunnels equipped with doors to contain smoke. But how do drivers know to leave their car, and where to go?

Methods: Evacuation steps are: (a) alerting drivers, (b) get them out of their cars, (c) ... to the nearest escape door, (d) ... through the cross tunnels, and (e) to the other tube. Taken into account was the existing equipment: loudspeakers, variable message signs, control room, et cetera. Measures to direct attention to the right information were proposed subsequently.

Results: Signs above the traffic lanes can be used to stop the traffic. Signs along the walls with "Alarm, get out please" supported by a message on the car radio provide directive information. When the first drivers start leaving their cars, others will follow. Escape doors attract attention because of a mark above the door—the European "running manikin" (size: *extra large*)—and because they reflect 3× more light than the wall. The manikin sign is repeated on the door. The door opens as usual and inviting furnishing or a glass door wins over "door phobia" and encourages the public to enter the cross tunnels. After arrival in the other tube, the public continues to be guided by the control room, lest they would decide to return to the disaster tube ("have a look", retrieve property from the car).

Conclusions: Right furnishing facilitates speedy evacuation of the Westerschelde tunnel. The report provides solutions on different levels of abstraction. The reader can consider alternatives to low-level solutions for himself using the higher level of abstraction as the starting point. Execution of the project made clear that details of the evacuation need further elaboration. Main points are of selective evacuation, the role of the control room, addressing through loudspeakers several tunnel segments at once, and the necessity of locks on the escape doors.

1 INLEIDING

De Westerscheldetunnel is voor Nederland uniek. Er worden twee parallelle buizen met een binnendiameter van ruim 10 m geboord over een afstand van 6,6 km. De buizen bereiken een maximale diepgang van ruim 60 meter. Per buis komen er twee rijstroken van elk 3½ meter breed voor autoverkeer. De buizen lopen in Noord-Zuid richting en er is dus een "Oostbuis" en een "Westbuis".

De tunnel heeft ongeveer 100 camera's verdeeld over de beide tunnelbuizen en de toeritten. De beelden kunnen in de controlekamer worden bekeken. Voor de camera's *binnen* de tunnel zijn 12 monitors beschikbaar, 6 voor elke buis. Voor de camera's *buiten* de tunnel zijn nog eens 4 monitoren per buis beschikbaar (o.a. bewaking van de tunnelingang). De controlekamer-operator heeft de bevoegdheid en de mogelijkheid een evacuatie op te leggen.

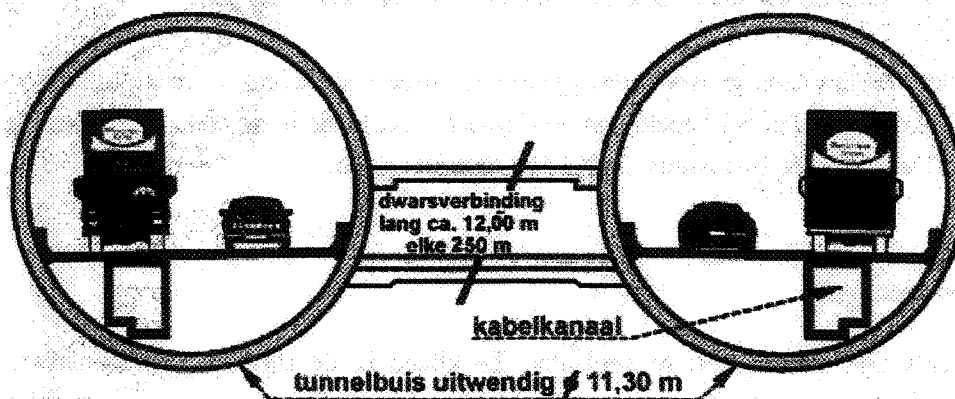


Fig. 1 De Westerscheldetunnel in dwarsdoorsnede.
(Bron: <http://www.Westerscheldetunnel.nl>.)

Voor een evacuatie zijn er een aantal voorzieningen getroffen om mensen te voet naar de andere, veilige tunnelbuis te krijgen. Het kostbaarst zijn de 26 (!) dwarsverbindingen tussen de Oost- en de Westbuis. Dat zijn 1,5 m brede tunnels ter lengte van de afstand tussen de tunnelbuizen, 12 m (zie Figuur 1). De dwarsverbindingen hebben een onderlinge afstand van 250 m. Hun vloer ligt meestal iets boven de rijbaan, bijvoorbeeld 25 cm (overigens niet te zien in Figuur 1). Om verspreiding van rook te voorkomen zijn de dwarsverbindingen afgesloten met schuifdeuren. Ook worden ze (bij calamiteit) met schone lucht onder overdruk geventileerd. De deuren zijn zelfsluitend; na opening gaan ze automatisch weer dicht. De opening is 110 cm breed, op enkele plaatsen 95 cm.

Doel van het huidige onderzoek is te komen tot maatregelen ter ondersteuning van de evacuerende automobilist. De aanbevelingen gaan over hoe de aandacht van de automobilist gericht kan worden op de vluchtweg. De vraag of de vluchtweg voldoende capaciteit heeft, wordt aan het einde van het rapport kort behandeld.

Het huidige rapport voorziet in aanbevelingen die voor een groot deel binnen de marges van de door de Westerscheldetunnel NV reeds geplande voorzieningen blijven. Incidenteel geeft het rapport een korte beschouwing over voorzieningen, soms vanwege vragen over de effectiviteit,

soms vanwege een nog niet uitgewerkt aspect. Zo is nog niet uitgewerkt of *selectieve evacuatie* voorzien is. Is de evacuatie van het gedeelte van de ingang tot de plaats des onheils anders dan de evacuatie van het gedeelte daarna, of wordt altijd de gehele tunnelbuis, 6,6 km, op dezelfde manier geëvacueerd? De gehele tunnelbuis op dezelfde manier evacueren is het eenvoudigst. De controlekamer beslist slechts over evacueren ja/nee, en dezelfde evacuatiemaatregelen worden van kracht over de hele lengte van de tunnelbuis. Een stuk gecompliceerder is selectieve evacuatie waarbij het gedeelte vóór de plaats des onheils te voet geëvacueerd wordt en het gedeelte na de plaats des onheils per auto, dus gewoon de tunnel uitrijden. Per auto laat men immers de calamiteit met 80 km/h achter zich. Ook komt het hele tunnelgedeelte na de plaats des onheils vrij voor hulpverleners. Bij een dergelijke selectieve evacuatie beslist de controlekamer dubbel; eerst over evacueren ja/nee, daarna welk gedeelte te voet en welk gedeelte per auto. Omdat de beslissing ingewikkelder is, zal de beslistijd toenemen en is er kans op beoordelingsfouten. Uiteraard moeten in dit geval de evacuatievoorzieningen selectief instelbaar zijn hetgeen kostenverhogend werkt en de kwetsbaarheid voor technische storingen vergroot.

Aan het slot van het rapport wordt teruggekomen op de voorzieningen. In de bijlage worden de voorgestelde maatregelen gekoppeld aan de elementen zoals die in de taakanalyse van het gedrag in tunnels (De Waard & Brookhuis, 2000) zijn onderscheiden.

1.1 Voorzieningen

TV camera's zijn om de 150 m geplaatst. Ze kijken in de rijrichting (stroomafwaarts). De controlekamer kan naar believen camerabeelden oproepen. Per buis zijn er 6 monitoren voor camera's binnen de tunnel en 4 monitoren voor camera's buiten tunnel. Automatische alarmering geschiedt bij een voertuigsnelheid beneden een door de tunnelbeheerder in te stellen grens, bijvoorbeeld 15 km/h. In de controlekamer komt op drie monitoren het desbetreffende segment en het segment daarvoor en daarna in beeld. Automatische alarmering vindt ook plaats wanneer een uitgestapte automobilist in de tunnel de deur van een hulppost opent. Om de 50 m staan langs de rechterwand van de tunnel namelijk hulpposten—kasten met middelen om een (beginnende) brand te bestrijden en een mogelijkheid om contact op te nemen met de controlekamer. (Het is dus een *niet bemande post*.) Tenslotte is er nog voor elke buis een "detailmonitor" aanwezig. Op de detailmonitors kan de operator elk door hem gewenst camerabeeld oproepen.

Bij automatische alarmering wordt eveneens automatisch de toespreekinstallatie in het getoonde segment in werking gezet. De operator kan de weggebruikers aanwijzingen geven. Complicaties zijn de volgende:

- De boodschap zelf. Beschikt de operator over van tevoren opgenomen teksten, over lijsten met van tevoren bedachte teksten, welke delen van de boodschap moet hij zelf invullen, spreekt de operator duidelijk en met gezag?
- Een tweede complicatie zijn de ventilatoren in de tunnel die voor geruis zorgen. Toespreken gaat in elk geval goed zolang mensen in hun auto blijven (Van Wijngaarden, 2000). Zijn ze uitgestapt, dan belemmert het achtergrondgeruis het verstaan van de boodschap. Onderzoek om te zorgen voor toch goed verstaanbare boodschappen loopt op dit moment; daarin wordt

- ook het effect van een nog aan te brengen brandwerende spuitmortel meegenomen; deze laag maakt de tunnelwand ruwer en minder galmend.
- Een derde complicatie is het bereik van de luidsprekers. De installatie is ontworpen op toespreken van één segment tegelijk, hooguit twee. Op dit moment is toespreken van een hele tunnelbuis onmogelijk.

De operator moet besluiten of evacuatie noodzakelijk is en zo ja, van welke tunnelbuis. Het oormerken van de goede buis als calamiteitenbuis en omgekeerd kan ernstige gevolgen hebben. Het valt buiten het mandaat van het huidige onderzoek om maatregelen te beschouwen om deze fout te vermijden.

De operator beschikt over twee calamiteitenknoppen, voor elke tunnelbuis één. Een druk op de calamiteitknop brengt het volgende op gang. (a) De vluchtdeuren worden ontgrendeld, (b) de verlichting in de calamiteitbuis wordt op 100% geschakeld, (c) de toegang tot beide buizen van de tunnel wordt verboden door rode stoplichten (hetgeen handmatig kan worden bekrachtigd door het laten dalen van een slagboom), (d) de verkeerssignalering boven de rijstroken wordt geactiveerd. Bij dit laatste heeft de Westerscheldetunnel NV de aanbevelingen van Martens, Koster en Lourens (1998) gevolgd. Het verkeer in beide tunnelbuizen wordt naar de rechterrijstrook gedreven door een sequentie van beelden op de matrix-portalen: eerst een verdrijfpijl links, dan een verbodskruis links. De maximumsnelheid wordt via 70, 50 omlaag gebracht naar 30 km/h. En in de "veilige tunnelbuis", dus de buis waar NIET de calamiteit plaatsvindt, wordt een waarschuwingbord ingeschakeld, bestaande uit een driehoek met rode rand en een rennende mensfiguur op een wit veld.

1.2 Aanpak

Voor het gemak zal het begrip calamiteit gebruikt worden in alle gevallen waar evacuatie nodig is, bijvoorbeeld ook bij een incident waarbij niet meteen een grote ramp dreigt. Bij deze analyse wordt aangesloten bij de meer generieke taakanalyse van het gedrag in tunnels door De Waard en Brookhuis (2000); zie ook de bijlage.

Bij een calamiteit doorlopen de tunnelgebruikers een aantal fasen:

1. *Bewustwording van de calamiteit;*
2. *Besef dat het voertuig moet worden verlaten;*
3. *Identificatie van (het begin van) de vluchtweg;*
4. *Volgen van de vluchtweg naar een veilige locatie;*
5. Transport naar een centrale locatie;
6. Opvang en verdere hulpverlening.

Het huidige rapport behandelt de Fasen 1 en 2 onder het motto "evacuatie op gang brengen" en de Fasen 3 en 4 onder het motto "Vluchtwegen en vluchtwegmarkering".

De Fasen 5 en 6 kunnen desgewenst in de toekomst aandacht krijgen. Overigens is denkbaar dat na korte tijd de rampbuis alweer bruikbaar is, en dat het daarom beter is de weggebruikers in de veilige buis te laten wachten.

Per fase wordt besproken wat het gewenst gedrag van de weggebruikers is, en wat hieruit afgeleid de *functionele* eisen zijn die je kunt stellen aan hulpmiddelen om dit gedrag af te dwingen en te ondersteunen. Dit wordt per fase aan het eind kort samengevat. Het niveau van beschrijving is functioneel, niet fysiek. De vertaling van de functionele eisen in fysiek uitvoerbare middelen wordt gedaan in een afzonderlijk hoofdstuk waarin puntsgewijs de aanbevelingen worden gegeven in de vorm van fysieke middelen. De keuze om functionele eisen te formuleren en vrij uitvoerig te presenteren en deze pas naderhand te vertalen in fysieke middelen is gedaan om bij de uiteindelijke keuze voor "spullen" de mogelijkheid te hebben alternatieven af te wegen. Het gaat erom dat er voorzieningen worden gemaakt en aangebracht die aan de functionele eisen voldoen.

2 EVACUATIE OP GANG BRENGEN

Een evacuatiebevel heeft verreikende consequenties voor allen die zich op dat moment in de tunnel bevinden. Zoals uit literatuuronderzoek is gebleken (Steyvers, De Waard & Brookhuis, 1999; Martens, Koster & Lourens, 1998) moet men ervan uitgaan dat het op gang brengen van een evacuatie in een tunnel een tour-de-force is die afzonderlijke hulpmiddelen nodig heeft. Er moet immers een grote psychologische barrière genomen worden, namelijk zorgen dat de weggebruiker bewust wordt van de situatie en gevolg geeft aan het bevel tot evacuatie. Dat betekent dat effectief moet worden "ingebroken" in de routinematige verrichtingen van de tunnelgebruikers. Automobilisten moeten hun rijtaak afbreken, en zowel automobilisten als inzittenden moeten het voertuig verlaten en een geschikte vluchtweg naar de andere tunnelbuis vinden. Omdat het gebruik van de dwarsverbindingen naar de andere tunnelbuis nodig is, zal ook het verkeer in de andere, "veilige", tunnelbuis de gebruikelijke routine moeten loslaten en het gewenste rijgedrag moeten vertonen. Hoe dit laatste tot stand komt is onderzocht door Martens e.a. (1998), waarbij aanbevelingen zijn gegeven voor de vormgeving van het informatiesysteem en de te geven berichten. Deze aanbevelingen zijn overgenomen.

We concentreren ons nu op de berichtgeving die nodig is om de evacuatie op gang te brengen, de weggebruikers te bewegen de auto te verlaten en de dwarsverbindingen op te zoeken. Hierbij is gebruik gemaakt van voorhanden bronnen: genoemde twee rapporten (Steyvers e.a., 1999; Martens e.a., 1998) en een aantal specifiek op het vormgeven van waarschuwingen en noodberichten toegesneden boeken en tijdschriftnummers, waaronder Stanton (1994), Edworthy en Adams (1996), Zwaga, Boersema en Hoonhout (1999), Ergonomics (1995, vol.38 nr.11, special issue), Laughery en Wogalter (1997), en Rogers, Lamson en Rousseau (2000).

2.1 Fase 1: Bewustwording van de calamiteit

De eerste fase is de bewustwording van de calamiteit. Deze fase bestaat uit de onderdelen: detectie van het alarm en herkenning van de betekenis van het alarm.

Voor het verkeer met direct zicht op de calamiteit, zal Fase 1 aanvangen met rechtstreekse tekenen van calamiteit zoals verongelukte voertuigen, uitstappende mensen, of rookontwikkeling. Het autoverkeer zal stoppen. Voor het achteropkomend verkeer is het ontstaan van een file het eerste teken van een bijzondere situatie. Sturing door de controlekamer vindt aansluitend plaats.

De snelheidsonderschrijding leidt tot actieve inschakeling van de operator en, na verloop van enige beslistijd, tot het opleggen van een evacuatie. De toegang tot beide buizen van de tunnel is nu verboden zodat geen nieuw verkeer toegevoerd wordt. Het nog in de andere buis aanwezige verkeer verlaat de tunnel op de normale wijze, zij het dan met beperkingen zoals via de rechterrijstrook. De andere tunnelbuis komt na verloop van tijd vrij voor hulpverlening en evacués van de tunnelbuis met de calamiteit.

Het verkeer in de tunnelbuis met de calamiteit wordt met verkeerssignalering naar de rechterrijstrook gedreven en de snelheid wordt in stappen via 70, 50 naar 30 km/h omlaag gebracht. Te verwachten is dat achteropkomend verkeer de verkeerssignalering als waarschuwing gebruikt. De snelheid wordt aangepast op de snelheid van het voertuig één of meer posities verderop. Verkeersdeelnemers zullen pas daadwerkelijk stoppen als hun voorligger stopt. De file zal aldus indikken. De nadelen van het indikken van de file zijn dat meer mensen in de directe omgeving van het gevaar komen, dat de druk op de evacuatiewegen in deze directe omgeving toeneemt, dat meer mensen gevaar lopen, en dat meer mensen de hulpverlening voor de voeten kunnen lopen.

Er zou kunnen worden geprobeerd het verkeer onmiddellijk tot stilstand te brengen, bijvoorbeeld met een ondubbelzinnig stopsignaal op de matrix-borden, zoals het internationale verkeersbord voor "stop". De effectiviteit van dergelijke maatregelen zal klein zijn (Martens e.a., 1998). De nadelen van een indikkende file zijn echter al 50% verkleind door het afkruisen van één van de rijstroken, zoals gepland. Martens e.a. (1998) hebben laten zien dat een dergelijke maatregel heel effectief is; automobilisten geven er gehoor aan en zullen de afgekruiste rijstrook verlaten. Het gevolg is dat de capaciteit van de tunnel met 50% afneemt. Bij het indikken van de file neemt het aantal mensen in de directe omgeving van het gevaar daardoor eveneens met 50% af. Verdere voordelen zijn dat er meer ruimte komt voor de hulpverleners en—indien het verkeer verdreven wordt van de *linkerrijstrook*—het zicht verbetert op de alarmborden en vluchtaanduidingen aan de andere zijde (zie later).

Het louter aangeven van de snelheid 30 wekt mogelijk ten onrechte de indruk van een nog steeds begaanbare tunnel, terwijl optimaal is dat het verkeer onmiddellijk stopt. Door de beschikbaarheid van slechts één rijstrook is echter toch een resultaat te verwachten dat dicht bij onmiddellijk stoppen komt. Om te beginnen zullen automobilisten snelheid minderen omdat het verkeer dat op de *linkerrijstrook* rijdt naar de *rechterrijstrook* verdreven wordt. Vanwege de snelheidsvermindering zullen de alarmborden eerder gelezen worden en zullen automobilisten eerder besluiten te stoppen. Het belangrijkste punt is dat met slechts 1 rijstrook één stilstaand voertuig

alle achteropkomend verkeer stopt! Te verwachten is dat de combinatie van alarmteksten (borden en radio) en beschikbaarheid van slechts 1 rijstrook er toe zal leiden dat het verkeer in cohorten tot stilstand komt waardoor het normale indikken van de file verder vermindert. Extra "veiligheid" (in feite: minder onveiligheid) wordt aldus gewonnen omdat het aantal mensen in de onmiddellijke nabijheid van de calamiteit vermindert.

Het vertragen, naar de rechterrijstrook drijven, en uiteindelijk tot stilstand komen van het verkeer is een inbreuk op de taakuitvoering van de automobilisten. Hoewel dit in principe nog geen alarm betekent is het wel een signaal van een bijzondere situatie. Er moet rekening gehouden worden met de neiging van mensen om in eerste instantie de aanwezigheid van een calamiteit te ontkennen. De situatie wordt afgedaan als "werk aan de weg", "een oefening" of "pech" (dat laatste temeer omdat wordt verwacht dat pech $2\times$ per week zal optreden), ook al omdat calamiteiten (gelukkig) zeldzame gebeurtenissen zijn. De literatuur geeft aan dat mannen eerder dan vrouwen neigen tot een dergelijke ontkenning van gevaar. Wel zal de weggebruiker zoeken naar nadere informatie. Als het brandalarm midden in de nacht afgaat, is de gemiddelde hotelgast afwachting. Hij kijkt bijvoorbeeld (actief zoekend) eerst eens op de gang. Als daar andere mensen rondlopen neemt hij het alarm serieus. Uiteraard zijn ook directe signalen van de calamiteit alarmbevestigend zoals rook en vuur (Pauls, 1986).

De les hieruit is dat het stoppen in de tunnel de weggebruiker wel alert maakt dat er wat aan de hand is, maar dat de weggebruiker pas overtuigd raakt van een calamiteit na onafhankelijke bevestiging. Dat kan directe waarneming zijn, een mededeling van het bevoegd gezag, of het gedrag van anderen. Aanbevolen wordt deze bevestiging zo snel mogelijk aan te bieden.

Om de bevestiging te kunnen geven is het nodig de voorzieningen zoals momenteel gepland, uit te breiden. Mogelijkheden waaruit men zou kunnen kiezen zijn: De borden aan de portalen boven de weg kunnen nog een tweede bericht dragen, bijvoorbeeld het internationale verkeersbord voor "gevaar". Dit kan dan stroomopwaarts lopend wordt aangezet, maar wel zodanig dat alleen die sectoren van de tunnel waar het verkeer al is gestopt dit bericht te zien krijgen. Deze visuele informatie moet auditief ondersteund worden, om de bijzonderheid ervan te benadrukken. Hierbij kan men denken aan een belsignaal zoals bij het openen van een brug of een herhaald claxon-achtig geluid.

Nadeel is dat geen *sturende* informatie wordt verstrekt; automobilisten weten nog absoluut niet wat ze moeten doen. Een tweede nadeel is het scheppen van een lawaaige en paniekerige situatie. De voorkeur gaat daarom uit naar een alarmbevestiging die duidelijk aangeeft dat het voertuig verlaten moet worden. Daarmee zijn we aangeland in Fase 2.

Samengevat: In de eerste fase moet worden bereikt dat weggebruikers in de tunnel zich bewust worden van het feit dat er een alarmsituatie is ontstaan en dat ze loskomen van hun normale routine. Dit bewustzijn wordt door de verkeerssignalering aangebracht, die het verkeer naar de rechterrijstrook dirigeert en in fasen de snelheidslimiet omlaag brengt naar 30 km/h. Eventueel kan een algemeen gevaarteken worden gepresenteerd, ondersteund met een auditief attentie-sig-naal.

2.2 Fase 2: Besef dat het voertuig moet worden verlaten

De tunnelgebruikers zijn zich bewust van een ongewone situatie. Nu dienen zij te worden aangespoord het voertuig te verlaten. Het besef dat het werkelijk ernst is heeft grote effecten. Er is uiteraard opwinding en een psycho-biologische voorbereiding op vluchten en eventueel actief handelen ("vechten"). Een heel andere reactie is het zoeken naar informatie; "the first need of the victim of a disaster is information" (Pauls, 1986), en een grote bereidheid gezag te accepteren. Dit is het moment om het gedrag van de weggebruiker te sturen. Op schepen kan dat middels de toespreekinstallatie "this is your captain speaking" en een op strategische punten geposteerde bemanning "deze kant uit alstublieft". In de tunnel kan de toespreekinstallatie gebruikt worden.

Andersoortige sturing is noodzakelijk als aanvulling op de toespreekinstallatie. Hiervoor kunnen borden aangebracht worden en kan ingebroken worden op de autoradio. Ook kan gebruik gemaakt worden van het feit dat mensen elkaars gedrag navolgen en elkaar aanwijzingen geven. De spontane leiding van enkele goed geïnformeerde personen kan een groot positief effect hebben.

Voor effectieve evacuatie zijn "aparte", sterke en ondubbelzinnige signalen nodig. De signalen moeten duidelijk anders zijn dan de reguliere verkeersregelingssignalen om de uitzonderings-toestand over te brengen. De signalen moeten immers door de "defensie" van de tunnelgebruikers heendringen, die gewoon willen doorgaan met de rit door de tunnel, ze hebben wel wat anders aan hun hoofd dan een onderbreking. De signalen moeten ondubbelzinnig zijn, zodat meteen duidelijk is wat de bedoeling is. Het geven van dergelijke signalen vergt derhalve een afzonderlijk stuk infrastructuur, maar ook aandacht in de controlekamer en een repertoire aan procedures. Nagegaan moet worden of deze signalen "onder de calamiteitenknop" geplaatst kunnen worden.

Als signaal wordt een tekstbord aanbevolen, bijvoorbeeld "Alarm! Uitstappen svp" of "Alarm! Verlaat NU uw auto". De alarmtekst is beknopt en bevat geen details over uitschakelen van lichten of motor. Plaatsing en lettergrootte zou als volgt kunnen. De tekst komt langs de linkerwand op ooghoogte van de personenauto, ongeveer 1,2 m. Op ooghoogte vallen borden het meeste op, en bij rookontwikkeling zijn laag geplaatste borden het langst zichtbaar. De lettergrootte hangt af van de maximale afstand waarop men het bord ziet. Op grond van de normen van de ANWB zijn teksten met hoofdletters van 76 mm hoog leesbaar vanaf 50 m (voor berekeningen zie bv. Boer & Janssen, 2000)¹. De borden staan redelijk loodrecht op de rijrichting. Met een dergelijke lettergrootte zal de tekst waarschijnlijk over drie regels gezet moeten worden; met het woordje "Alarm" weggelaten zijn twee regels tekst voldoende. Bevestiging langs de linkerwand heeft de voorkeur omdat aan die kant de vluchtwegen zijn. Ook is de linkerrijstrook vrij van verkeer.

Essentieel is dat de alarmborden alleen bij calamiteiten zichtbaar zijn. Een tekst die ook onder normale omstandigheden te zien is verliest zijn alarmfunctie. Aanbevolen wordt dat de controlekamer de alarmtekst activeert. Bijvoorbeeld door intern verlichte borden aan te zetten, of afgedekte borden te openen. Intern verlichte borden hebben sterk de voorkeur. Ze kunnen extra aandacht trekken door ze te laten knipperen. Daarbij moet een verontrustend hoog tempo

¹ Maximale Leesbaarheidsafstand = $657.2 \cdot \text{hoogte van een HOOFDLETTER}$ (richtlijnen ANWB).

vermeden worden. Het rustige tempo van knippen van de markering boven de rijstroken wordt aanbevolen, circa 0,5 Hz.

Een onafhankelijke bevestiging van het bericht kan auditief plaatsvinden. Dat heeft voordelen als het zicht op de borden geblokkeerd is door een vrachtauto of door rook. Zoals gezegd kleven er nogal wat onzekerheden aan het gebruik van de toespreekinstallatie. Aanbevolen wordt om met een auditieve waarschuwing in te breken op de autoradio, en wel op alle kanalen die via de tunnelantenne als FM-zenders worden aangeboden, en ondersteund met RDS/TMC (radio data system/traffic message channel—het systeem dat zorgt dat radioverkeersinformatie *altijd* wordt doorgelaten). Vanwege de inbreuk op de normale uitzending zal de aandacht meteen getrokken zijn. Uitgangspunt is dat deze boodschap uitsluitend in de buis met de calamiteit wordt uitgezonden.

Het is mogelijk dat automobilisten zowel het alarmbord als het radiobericht missen (direct achter een vrachtauto en eigen muziek aan via CD of cassettebandje). De bevestiging komt dan secundair door het gedrag van anderen die wel geïnformeerd zijn. Men dient te beseffen dat één goed geïnformeerde enkeling een enorm effect heeft op een groep onzekere mensen. Aanbevolen wordt de gezagspositie van de goed geïnformeerde automobilist te onderstrepen door in de tekst een zinsnede toe te voegen "waarschuw andere automobilisten". Bovendien geeft de zinsnede extra motivatie om de auto te verlaten.

De boodschap kan bijvoorbeeld zijn *"Attentie, attentie: Er is een alarmsituatie in de Westerscheldetunnel. Stap uit, en loop naar de vluchtdeuren. Waarschuw ook anderen. Herhaling:"* (het bericht wordt continu herhaald). De precieze vorm van het bericht dient nog te worden vastgesteld.

2.2.1 Verkeer voorbij de calamiteit

Om het verkeer na de plaats van de calamiteit de tunnel per auto te laten evacueren moet een selectieve inzet van het systeem van alarmering en evacuatie mogelijk zijn. De neiging van mensen om gewoon door te rijden is erg sterk, en zou kunnen betekenen dat mensen tegen alle berichten in gewoon doorrijden. Men zou dus een algemene evacuatie kunnen opdragen voor de hele tunnel, en er op kunnen rekenen dat het verkeer na de plaats des onheils evenzogoed wel doorrijdt. Echter: twee auto's die gehoor geven aan de evacuatieopdracht—één per rijstrook—kunnen het verkeer al volledig tot stilstand brengen. Daarom wordt selectieve evacuatie aangeraden.

In het tunnelgedeelte na de calamiteit staat de markering van de rechterrijstrook op "groen" (conceptueel, de vorm dient nader te worden vastgesteld) en ontbreken snelheidsadviezen. Een bijpassende selectiviteit van de boodschap op de autoradio is waarschijnlijk niet haalbaar. Als dus de hele tunnelbuis het met dezelfde radioboodschap moet doen, dan wordt uitbreiding van de tekst aanbevolen als volgt: *"Attentie, attentie: Er is een alarmsituatie in de Westerscheldetunnel. Stap uit, en loop naar de vluchtdeuren. Waarschuw ook anderen. Ziet u groene pijlen boven de weg, dan moet u absoluut doorrijden. Herhaling:"* Hierbij is uitgegaan van de beschikbaarheid van een groene pijl in de signalering boven de rijstroken, c.q. een andere vorm die tot doorrijden maant.

2.2.2 Het verkeer in de andere tunnelbuis

Het verkeer in de andere (veilige) tunnelbuis moet voorbereid zijn op evacués te voet die vanuit de dwarsgangen op de linkerrijstrook terechtkomen. Het voorstel van Martens e.a. wordt overgenomen. Globaal komt het er op neer dat de normale toegang tot de veilige tunnelbuis gesloten wordt, de linkerrijstrook afgekruist, een speciaal alarmbord waarschuwt voor voetgangers op de rijbaan, en dat het verkeer via de rechterrijstrook de tunnel verlaat. Aldus komt de veilige buis geheel beschikbaar voor evacués en hulpverleners.

Samengevat: In de tweede fase moeten de weggebruikers ertoe worden aangezet hun voertuigen te verlaten. Hiervoor zijn duidelijke gedragsinstructies nodig. Deze worden visueel aangeboden en auditief bevestigd, zijn duidelijk anders dan de reguliere verkeersinformatie, en zodanig aangebracht en gebruikt dat ze ook in minder optimale omgevingsomstandigheden—rook, lawaai—hun werk blijven doen. Visuele gedragsinstructie staat op alarmborden die gaan branden bij calamiteit; auditieve instructie wordt via de autoradio gegeven. Verdere uitwerking van selectieve evacuatie wordt aanbevolen—dat wil zeggen splitsen in een beneden- en bovenstrooms deel van de weggebruikers, die elk een afzonderlijke instructie krijgen.

3 VLUCHTWEGEN EN MARKERING

Vervolgens is de eigenlijke evacuatie aan de orde. De automobilisten zijn zover dat ze hun voertuig verlaten hebben; ze moeten nu de vluchtwegen gaan volgen. Via een vluchtdeur moeten ze één van de dwarsverbindingen bereiken en door naar de andere tunnelbuis. We volgen de te voet vluchtende automobilist.

3.1 Fase 3: Identificatie van het begin van de vluchtweg

De vluchtweg begint bij de deuren naar de dwarsverbindingen. Maatregelen om de aandacht daarheen te trekken zijn de deuren te voorzien van aandachtstrekkers als beweging, licht en geluid. Of de aandacht daardoor in voldoende mate getrokken wordt hangt af van de aanwezigheid van zaken die de aandacht trekken. Is de concurrentie om aandacht sterk, dan is er kans dat de vluchtdeuren niet opvallen, hoe verantwoord ze op zich mogen zijn. Het eentonige en saaie interieur van de tunnel is hier een duidelijk voordeel. Het enige opvallende zijn de hulpposten langs de rechterwand, een onvermijdelijk stukje aandachtsc concurrentie. *Dit voordeel van saaiheid moet niet gedachteloos prijsgegeven worden bijvoorbeeld door reclameposters in de tunnel toe te staan, of door kunstzinnige of speelse aankleding.* Het verblijf in de tunnel, 5 minuten bij normale snelheid, is te kort om te vrezen voor aandachtverlaging en in slaap vallende weggebruikers. Bovendien heeft het rijden door een nauwe, lange en diepe tunnelbuis iets beklemmends waardoor de aandacht gespannen blijft.

Om de aandacht naar de vluchtdeuren te trekken moet extra licht van de deur afstralen; de deur moet ten opzichte van de wand zeker 3x meer licht afstralen volgens NEN 3087. Dat kan met

accentverlichting of—bij gelijkblijvende verlichting—door de vluchtdeuren ten opzichte van de wand een 3× lichtere tint te geven, of door een combinatie van verlichting en lichtere tint. De extra verlichting kan geactiveerd worden bij een calamiteit maar het is geen bezwaar als de verlichting altijd zou branden. Het voordeel is dat direct zichtbaar is of de verlichting intact is. Bovendien blijft bij de weggebruiker het besef hangen dat er “nooduitgangen” zijn. Wel moet de weggebruiker een groene kleur zien en bijvoorbeeld geen rood vanwege de associatie met gevaar.

Eventueel kan “strobe”-licht toegevoegd worden, een zeer korte flits zoals gebruikt om vliegtuigen te waarschuwen voor hoogbouw. De flits trekt doordat hij “beweegt” (aan/uit gaat) sterk de aandacht. De flits wordt bijvoorbeeld eens per 4–6 seconden gegeven om niet te onrustig te worden (disco). Strobes zijn dusdanig aandachttrekkend dat ze alleen geactiveerd worden bij calamiteit en niet bij normaal verkeer. Wanneer strobes gebruikt worden dienen ze op de deur gericht te zijn en niet de weggebruiker direct in de ogen te schijnen; de flits mag het waarnemen van de deur niet bemoeilijken.

Een alternatieve oplossing is een doorzichtige deur met daarachter een verlichte dwarsverbinding. Het licht dat van de deur afstraalt zou ook nu weer 3× meer moeten zijn dan het licht dat van de wanden afstraalt. Toepassing van een dergelijke deur heeft ook voordelen voor de latere fasen van evacuatie. Uiteraard mits een dergelijke deur voldoende brandveilig is.

Identificatie vluchtdeuren. De aandacht is met bovenstaande middelen weliswaar op de juiste locatie gericht, maar van veraf is nog onduidelijk wat de locatie voorstelt.

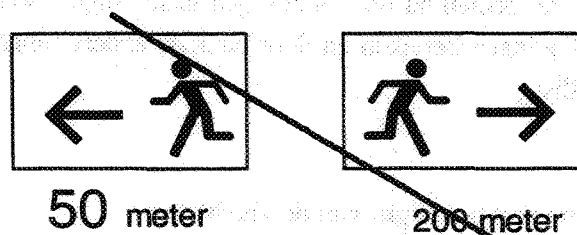


Fig. 2 Borden tussen vluchtdeuren (overbodig bij goede markering van de deuren).

Om mensen veraf te helpen kan boven de deur een bord loodrecht (90°) op de rijrichting geplaatst worden. Boven de deur is een vrije ruimte beschikbaar van naar schatting 1×1 m. Daar kan een bord met alleen het vluchtende mannetje komen zonder pijl, hoogte 100 cm. Een dergelijk bord is vanaf 100 m leesbaar en zelfs vanaf 200 m met interne verlichting. Het hoge bord moet van voren en van achteren te zien zijn, dus zowel voor mensen die zich nog voor het bord bevinden als voor mensen die het bord voorbij zijn, zich omdraaien en tegen de rijrichting in kijken. Gebruik van intern verlichte borden met 1 m grote mannetjes betekent dat automobilisten op elke locatie in de tunnel een bord achter zich en een bord voor zich kunnen ontcijferen. Tussenborden op de wand zoals in Figuur 2 zijn dus niet nodig. Deze tussenborden zijn op zich al een hulpmiddel; ze verwijzen niet naar zichzelf maar naar een locatie verderop. Beter is als de aandacht direct (zonder de omweg van een tussenbord) naar de deur getrokken wordt. Bovendien hebben mensen de neiging om weg te lopen van een calamiteit, ongeacht richtingsbordjes.

Een alternatief is een bord boven de deur met alleen een pijl, een symbool dat simpeler en kleiner is en zelfs tot 250 m leesbaar indien intern verlicht (afmetingen 77×98 cm, hoogte × breedte). Wel benadrukt de pijl minder dan het mannetje het gaan te voet. De pijl zou bovendien ook als teken voor het autoverkeer opgevat kunnen worden.

Mensen die dichterbij (gekomen) zijn, moeten duidelijke "deurkarakteristieken" te zien krijgen. Daartoe moet het deurachtige karakter zo goed mogelijk geaccentueerd worden. Kenmerken als kozijn en deurkruk moeten duidelijk aanwezig zijn. Een doorzichtige deur met daarachter een verlichte dwarsverbinding zou een optimale oplossing zijn; een deur is immers in de allereerste plaats een toegang tot een andere ruimte.

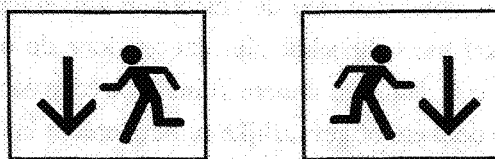


Fig. 3 Borden op de vluchtdeuren (NEN 6088).

Op de vluchtdeur wordt het standaardsymbool "vluchtend mannetje" met pijl (NEN 6088, zie Figuur 3) aangebracht op ooghoogte. De pijl wijst naar beneden, naar de deurkruk. Het bord moet op afstand leesbaar zijn. Een bord van 70×100 cm (hoogte × breedte) past op de deur. Het mannetje is dan 50 cm hoog en volgens de richtlijn van NEN 6088 zichtbaar vanaf 50 m. Bij een doorzichtige deur kunnen mannetje en pijl, donkergroen uitgevoerd, op de deur geplakt worden.

Altijd wijzen de alternatieven naar de deur—het mannetje loopt naar de deur; de pijl wijst erheen. Bij beide alternatieven mag de interne verlichting *ook* branden onder gewone omstandigheden. Wel moet bij calamiteit de interne verlichting in de andere, veilige, tunnelbuis gedoofd worden! Bij beide alternatieven moet nagegaan worden of er voldoende vrije ruimte is en of het zicht voldoende is (bv. geen ventilatoren die het bord aan het zicht onttrekken). Bij beide alternatieven is de kleur (licht)groen, conform NEN 6088.

Ook kunnen de deurposten links en rechts op de vloer of op de rand van de stepbarrier gemarkeerd worden met groene puntvormige lichtbronnen die alleen bij ontgrendelde deuren branden of zelfs met een trage frequentie (0,5 Hz) knipperen. Mocht rook de hoger gelegen informatie aan het zicht onttrekken dan kunnen vluchtende tunnelgebruikers toch de deur lokaliseren.

Als extra kan beweging (animatie) toegepast worden om nog meer aandacht te trekken. Het mannetje kan loopbewegingen maken; de pijl kan vanaf de buitenkant richting deur schuiven. Relevante ontwerpfactoren zijn kosten en betrouwbaarheid van de techniek.

Samengevat: Bij Fase 3 is het de bedoeling dat de weggebruikers informatie krijgen over de route die ze voor de evacuatie moeten volgen. Omdat de weggebruikers in een alarmsituatie verkeren, gekenmerkt door hoge mentale belasting en tijdsdruk, moet hun aandacht "getrokken" worden en wordt concrete, duidelijke en consistente informatie verstrekt over waarnaar men zich dient te begeven. Deze informatiemiddelen dienen ook bij mindere omstandigheden hun doel te bereiken. De vluchtdeuren dienen hiertoe minstens 3× meer licht dan de wand te reflecteren, hetzij door

accentverlichting, hetzij doordat ze in een lichtere tint zijn geschilderd, hetzij door een combinatie. Voor markering wordt het pictogram van een rennende mannetje boven de vluchtdeuren geplaatst. Op de deuren zelf wordt dit pictogram herhaald. Een deel van deze informatie kan een permanente vorm hebben, zodat weggebruikers tijdens het normale gebruik van de tunnel (mogelijk) de aanwezigheid van de vluchtvoorzieningen al opmerken, en een besef krijgen dat er voorzieningen zijn en hoe ze er uit zien. In de alarmsituatie wordt extra informatie aangeboden voor het aanduiden van de vluchtwegen.

3.2 Fase 4: Volgen van de vluchtweg

Aangenomen wordt dat de automobilisten naar de vluchtdeur zullen lopen als die duidelijk is aangegeven. Bij de deur gekomen moet duidelijk zijn dat ze door de deur moeten gaan. Mensen houden daar niet van. Door een deur een andere ruime betreden kan immers betekenen dat je opgesloten kunt raken, in een donkere of gevaarlijke ruimte terecht kunt komen, of in een schacht kunt vallen. Een grootschalig TNO-onderzoek (Boer, 1998) heeft uitgewezen dat een forse pijl op de grond voor de deur een goed hulpmiddel is om de psychologische weerstand tegen het passeren van een deur weg te nemen. De pijl is 100 cm lang, is minstens 6x lichter dan de rest van de vloer, staat dwars op de rijrichting en wijst naar de deur. Het gebruik van nalichtend materiaal voor deze pijl kan worden overwogen.

De pijl is voor het gewone wegverkeer nauwelijks waarneembaar. De standaard verkeerspijlen voor het wegverkeer zijn veel groter, bevinden zich in het midden van de rijstrook, en zijn gecorrigeerd voor het perspectief van de weggebruiker die de pijl onder een zeer scheve hoek ziet. De hier bedoelde pijl staat dwars op de rijrichting, staat uiterst links—voor 40% zelfs naast de rijstrook—en is niet gecorrigeerd voor een scheef perspectief. De rijdende automobilist ziet niet meer dan een streepje aan de linkerkant. Voor de uitgestapte weggebruiker met de kijkhoek van een voetganger is de pijl wel duidelijk.

Een doorzichtige deur met daarachter een verlichte dwarsverbinding is ook hier optimaal. “Deurvrees” wordt weggenomen omdat van tevoren duidelijk is wat achter de deur ligt. Dat maakt een pijl op de grond voor de deur overbodig.

Ook moet duidelijk zijn hoe de deur open gaat. Bijvoorbeeld kan iets boven de deurkruk (en onder het de grote pijl naast het vluchtende mannetje) de tekst staan “hier openen” of een gebruiksaanwijzing bij een kruk met ingewikkelde bediening of een bediening die afwijkt van normaal. In hoeverre het gebruik van de deur naar de dwarsverbinding ergonomisch verantwoord is valt uit de ontwerpen niet meteen op te maken: dit zou onderwerp kunnen zijn van een beperkte praktijkproef. Voorzieningen moeten vermeden worden met een uiterlijk dat een bepaalde gebruik suggereert maar niet zo kan worden gebruikt. Een voorbeeld is een Scandinavisch schip waar de kast met zwemvesten een deurkruk met conventioneel uiterlijk heeft die evenwel naar boven getild moet worden om open te gaan. Bij evacuatie kan dat een verschil tussen leven en dood betekenen.

De vraag is waarom de toegangsdeuren tot de dwarsverbindingen vergrendeld zijn. Te overwegen is *om deze normaliter niet te vergrendelen*. De risico's van vergrendeling op het verkeerde moment lijken erg groot terwijl de winst van vergrendeling op het juiste moment gering lijkt. Afweging van deze factoren is gewenst.

Indien men op ontgrendeling moet wachten is een bevestigende en verklarende tekst nodig. Bevestigend, omdat mensen anders denken dat ze het verkeerd begrepen hebben en andere manieren gaan zoeken om te vluchten. Verklarend, om te zorgen dat mensen weten dat de ontgrendeling "spoedig" volgt. Voorbeelden van dergelijke teksten zijn te vinden in Boer, Weitenberg, Van Bergem en Smeele (2000). Te overwegen is om een knop voor noodontgrendeling op te nemen, waarmee publiek in nood zelf een deur kan ontgrendelen.

Mensen kunnen struikelen en vallen bij de opstap van 25 cm—ruim 1,5× de hoogte van een traprede—en de later volgende afstap. Mogelijke gevolgen zijn verwonding en blokkering van de deuren. De opstap zal duidelijk zichtbaar zijn als de vloer van de dwarsverbinding 2× lichter is dan de vloer van de tunnel. Tegenstraalverlichting is onbruikbaar omdat die bij afstap nadelig is.

3.2.1 Verblijf in de dwarsverbinding

Voor de binnentredende weggebruiker is de dwarsverbinding een lang, tamelijk smal gangetje met een blazende ventilator naast de deur aan de overkant en kastjes en kabels aan wanden en plafonds. (De ventilator naast de deur van binnenkomst staat uit.) Mensen moeten een bevestiging krijgen in hun keuze voor de dwarsverbinding. Ontbreekt een dergelijke geruststelling dan zullen weggebruikers aarzelen en er is kans dat ze een andere vluchtroute gaan proberen. Ter geruststelling kan maatregelen getroffen worden in de dwarsverbinding zoals (a) een "huiselijke" aankleding, (b) een hoger lichtniveau, zeker 2 x meer dan in de tunnel; (c) een tekst aan beide wanden "Vluchtweg", (d) muziek of tekst via de reeds aanwezige luidsprekers. Het hogere lichtniveau en de eventuele auditieve informatie zijn actief tijdens calamiteit maar het is geen bezwaar als ze ook onder normale omstandigheden actief zijn.

Een huiselijke aankleding is sterk geruststellend en bovendien gemakkelijk aan te brengen. Voorbeelden zijn een schilderij (landschap) of een kapstok aan de muur, compleet met jas (eventueel geschilderd, zie de coupé van NS reizigers).

Auditieve geruststelling wordt hier genoemd omdat de dwarsverbindingen "toch al" luidsprekers hebben. Auditieve bevestiging dat men op de goede weg is kan gegeven worden via "muzak"—het muzikale behang van supermarkten. Gesproken teksten geven mogelijkheden voor instructies zoals *"U bent nu in de dwarstunnel. Via deze dwarstunnel komt u in de andere tunnelbuis terecht. Wacht daar op nader bericht. Ga niet terug naar uw auto"*. Dit bericht wordt elke 40 seconden herhaald. De auditieve mogelijkheden hangen af van de hoeveelheid lawaai in de dwarsverbindingen (ventilator). Bij een besluit om auditieve informatie *altijd* aan te bieden, dus ook onder normale omstandigheden, moet nagegaan worden of deze auditieve informatie niet storend of hinderlijk is bij ander gebruik, bijvoorbeeld bij onderhoudswerkzaamheden.

De tekst langs de wand kan op 1,9 m geplaatst worden; mensen kunnen dan de tekst ook nog zien over andermans schouder. Volgens ANWB-normen is de afstand waarop de tekst nog goed leesbaar is 657,2× Hoofdletterhoogte. Om leesbaar te zijn vanaf de deur, 6 m, moet de "V" van het woord Vluchtweg 1 cm hoog zijn. Omdat het bord langs de wand staat en men er scheef op

kijkt, wordt dubbele grootte aanbevolen, 2 cm hoofdletter. De kleurstelling van NEN 6088 kan worden gevolgd.

3.2.2 Passeren dwarsverbinding

De dwarsverbindingen zijn geen verblijfplaatsen; mensen moeten verder naar de andere, veilige, tunnelbuis. De auditieve boodschap van zo-even zinspeelt daar al op. De situatie kan verduidelijkt worden met de tekst "doorlopen naar de andere deur svp", langs beide wanden geplaatst onder het bevestigingsbord "Vluchtweg". Deze tekst staat in het middel van de tunnel en geldt voor evacuatie van zowel de Oostbuis als de Westbuis. Problemen met de principiële dubbelzinnigheid van "andere deur" worden niet verwacht. Aangenomen kan worden dat mensen de frase "de andere deur" opvatten met betrekking tot de tegenoverliggende deur en niet tot de deur van binnenkomst.

Eventueel wordt het systeem aangevuld met een programmeerbare pijl die naar de veilige tunnelbuis wijst, een sterke bevestiging van het ingezette vluchtgedrag der tunnelgebruikers. De richting van de pijl wordt geschakeld door de calamiteitenknop. Bij een calamiteit in de Oostbuis wijzen de pijlen naar het Westen; bij een calamiteit in de Westbuis wijzen de pijlen naar het Oosten.

Montage van een doorzichtige deur heeft nog een ander voordeel, namelijk dat de evacués bij het gaan naar de andere, veilige, buis zicht hebben op aldaar passerend wegverkeer (dat verlichting voert) en dus gewaarschuwd zijn.

3.2.3 Verblijf in de veilige tunnelbuis

In de andere tunnelbuis zijn de mensen in veiligheid en eindigt het urgente gedeelte van de evacuatie. Toch moeten mensen informatie krijgen over het vervolg. Gebeurt dat niet, dan gaan ze binnen 1 minuut zelf initiatieven nemen met een kans op teruglopen naar de buis met de calamiteit om te kijken hoe het gaat, om spullen uit de auto te halen of de auto af te sluiten. Ze zouden zich dan opnieuw in de gevarenzone begeven met het risico verrast te worden door onverwacht snelle rookontwikkeling. Ook lopen ze hulpverleners in de weg.

Een algemene boodschap om de mensen vast te houden zou kunnen zijn (20 s) "*Attentie. Blijf hier wachten, ga niet terug naar uw auto*". Aldus wordt vermeden dat mensen teruggaan naar de buis met de calamiteit. Een probleem is dat toespreken alleen segmentsgewijs kan terwijl de evacués verspreid zullen zijn over een aantal segmenten.

Belangrijk is dat de operator na verloop van tijd een meer persoonlijke mededeling doet. Een steeds herhaalde boodschap verliest na verloop van tijd zijn effect, en de mensen krijgen het idee dat ze "vergeten" zijn. Na 5 minuten, liever eerder, moet de operator een persoonlijke mededeling doen. Sturende boodschappen zijn het beste (zoals "*wij verzoeken u uw auto weer op te zoeken*", "*wij verzoeken u naar het einde van de tunnel te lopen*", in het laatste geval aangevuld met een richtingsinstructie). Maar ook berichten over de stand van zaken brengen over dat men niet vergeten is. Bijvoorbeeld geeft de operator een kort overzicht van de getroffen maatregelen ("*er is dichte rook in de andere tunnelbuis, de brandweer is gewaarschuwd*", of "*op dit moment maken we de weg vrij*").

Uiteraard zijn in de veilige tunnelbuis de evacuatie-signaleringsgedoofd zoals alarmborden of strobos-lichten. Wel zijn de permanente evacuatie-signalerings zichtbaar, zoals de rennende

mannetjes bij de vluchtdeuren. Het voordeel van altijd zichtbare evacuatiesignalering is zoals gezegd dat men bij een normale rit door de tunnel leert dat er vluchtdeuren zijn en waar die zijn. Een ander voordeel is dat altijd een elementair niveau van sturing voorhanden is, ook als de controlekamer traag zou zijn met beslissen. Niet alle evacuatiesignalering kan altijd actief zijn omdat ze teveel aandacht trekken en het normale wegverkeer zouden hinderen. Bovendien is het bij normaal wegverkeer niet de bedoeling dat hun aanwijzingen opgevolgd worden.

Samengevat: In fase 4 moeten de weggebruikers worden begeleid naar de andere, veilige tunnelbuis. De informatie dient ook hier consistent, duidelijk en ondubbelzinnig te zijn. In de tunnelbuis met de calamiteit is de weg door diverse aandachttrekkende richtingsaanduidingen aangegeven. De deur van de dwarsverbinding en de dwarsverbinding zelf moet de weggebruikers uitnodigen er binnen te stappen. In de dwarsverbinding is aangegeven dat men door moet lopen naar de andere tunnelbuis. En in de andere tunnelbuis wordt bevestigd dat de evacuerende weggebruikers goed zitten. Om te voorkomen dat bij de evacuerende weggebruikers het idee post vast dat ze vergeten zijn en dus zelf actie moeten gaan nemen, moet de controlekamer regelmatig berichten geven aan de evacués in de veilige tunnel.

3.3 Volgen van de vluchtweg en capaciteit

De sectie hierna volgt de uitgestegen automobilist op zijn tocht over de vluchtweg en verbindt daaraan elementaire capaciteitsberekeningen als aanvulling op de "micromodel" berekeningen van het computerprogramma Building Exodus van de Universiteit van Greenwich (zie Schermer, 1999). De huidige capaciteitsberekeningen zijn gebaseerd op Circulaire 909 van het Maritime Safety Committee van de internationale maritieme organisatie in Londen.

Vertraging bij het op gang komen van de evacuatie is te verwachten omdat mensen tot stilstand moeten komen, de boodschap dat evacuatie nodig is moeten opmerken en verwerken, de beslissing moeten nemen om de auto te laten staan en te voet verder te gaan. Men moet het comfort van het voertuig ruilen voor het minder gastvrije klimaat van een autotunnel—koud, lawaaiig, vies, glad en gevaarlijk. Aarzeling en uitstel zijn te verwachten "zou het echt waar zijn?". Ook moet men bezit prijsgeven; het is maar de vraag hoe je je auto straks terugvindt (als je hem al terugvindt!). Mensen zullen vervolgens tijd verliezen met het afsluiten van de auto en het pakken van eigendommen zoals jas, telefoon en bagage. Anderen zullen halverwege omkeren en de auto alsnog afsluiten dan wel bagage ophalen.

De linkerrijstrook, 3,5 m breed, is beschikbaar voor evacuatie en heeft daar ruim voldoende capaciteit voor. Bij een stilstaande file staat er elke 7 meter een voertuig; auto's zijn gemiddeld bijna 4 m lang (database MIXIC van TNO) en men stopt op zo'n 3 m afstand tot het voorgaande voertuig. Met gemiddeld 1¼ persoon per voertuig staat op elke 4 meter één persoon, touringcars niet meegerekend. De dichtheid van personen is gering en Circulaire 909 stelt de loopsnelheid op 1,4 m/s (5 km/h). Als mensen zich ongeveer gelijktijdig in beweging zetten arriveert elke 2,86 seconde een persoon van zowel links als rechts bij een dwarsverbinding, in totaal twee personen per 2,86 s, of $2/2,86 = 0,7$ persoon/s. Dat duurt tot de mensen die het verst weg waren (125 m) gearriveerd zijn, 1½ minuut. Als de calamiteit de toegang blokkeert van de vluchtdeur vlakbij

duurt de mensenstroom dubbel zo lang; na de 1½ minuut gewone stroom volgt nog eens de mensenstroom vanaf de geblokkeerde vluchtdoor, nog eens 1½ minuut. Mensen komen in die tweede fase nog maar van één kant, dus 0,35 persoon/s. Onder normale omstandigheden kan de vluchtdoor maximaal 3× dat aanbod verwerken (1,04 persoon/s). Er is dan echter nog geen rekening gehouden met dat de deur zelfsluitend is, en dan weer door de weggebruiker geopend moet worden en met het 25 cm hoge opstapje.

Aangekomen bij een vluchtdoor geeft de deurhendel samen met de pijl (Figuur 1), een eventuele "hier openen" sticker, en de pijl op de vloer voor de deur voldoende aansporing aan de weggebruiker om de deur te openen en naar binnen te gaan.

De capaciteit van de deur is te klein bij situaties van dringen en duwen. Dergelijke situaties kunnen ontstaan door een onduidelijke openingsprocedure, door lang moeten wachten op ontgrendeling, of door een grote groep mensen ineens, bijvoorbeeld uit touringcars. Bij gedrang loopt de capaciteit van de deur terug naar 0,44 persoon/s (zie ook Helbing, Farkas & Vicsek, 2000) waardoor de opstopping aangroeit met 0,26 persoon per s, nog zonder rekening te houden met het opstapje. Hoelang het duurt eer de laatste persoon de deur gepasseerd is hangt af van het aanbod aan mensen (hoeveel touringcars) en of de opstopping direct ontstond of pas later.

Houdt iemand de deur open dan is het interieur van de dwarsverbinding voldoende uitnodigend om naar binnen te gaan. Bevestiging dat men op de goede weg is komt van de borden op de zijwand en via de luidsprekers.

Het verlaten van de dwarsverbinding en het zich begeven naar de andere, veilige, tunnelbuis druist in tegen het gevoel van de mensen. Welbewust is immers de dwarsverbinding uitnodigender gemaakt dan de tunnelbuizen aan beide zijden. Bij het gaan naar de andere, veilige, tunnelbuis moet men dit "comfort" weer prijsgeven. Als verblijfplaats zijn de dwarsverbindingen echter niet geschikt. Een dwarsverbinding heeft een oppervlakte van 18 m² (1,5×12) en ruimte voor maximaal 63 personen, op zich precies genoeg voor een gemiddelde file van 125 m aan weerszijden. Met een dichtheid van 3,5 personen/m² hebben de mensen het niet fijn; Circulaire 909 spreekt over "crush". Ook gaat het vullen van een ruimte tot de maximale capaciteit tijd kosten omdat mensen (herhaaldelijk) gemaand moeten worden door te lopen. Bovendien is 63 personen voor 2×125 m file een gemiddelde. Staan touringcars in de file, dan is de ruimte van de dwarsverbinding onvoldoende. Om deze redenen is doorlopen noodzakelijk en zijn een tekstbord "doorlopen naar de andere deur svp" en auditieve ondersteuning belangrijk. Zoals gezegd worden geen problemen verwacht met de dubbelzinnigheid van de frase "de andere deur".

De andere, veilige, tunnelbuis heeft ruim voldoende capaciteit voor evacués. In deze buis krijgt de weggebruiker (auditief) instructie om te blijven wachten op nader bericht. Dit voorkomt dat men gaat dwalen en op eigen initiatief het gevaar weer opzoekt dan wel hulpverleners voor de voeten loopt. Met korte actuele boodschappen minstens elke 5 minuten wordt voorkomen dat mensen zich in de steek gelaten of vergeten voelen, en dan alsnog gaan dwalen.

4 SLOTFASEN: NAAR CENTRALE LOCATIE EN OPVANG

Met de fasen "Transport naar een Centrale Locatie" en "Opvang en Verdere Hulpverlening" wordt de evacuatie afgerond. Deze fasen vormen geen deel van het huidige rapport. Volstaan wordt met de opmerking dat een goede afronding naast zakelijke aspecten belangrijke psychologische kanten heeft. Zo moet op alle manieren de indruk overkomen dat de zorg voor mensen voorop staat, duidelijk voor de zorg voor eigendommen en kunstwerken. Een evacuatie die psychologisch slecht wordt afgerond kan leiden tot psychische schade, wrok en slachtoffergroepen met een lang leven—zie bijvoorbeeld de Bijlmerramp. Een evacuatie die psychologisch goed wordt afgerond kan leiden tot dankbaarheid.

5 AANBEVELINGEN

De aanbevelingen van het voorafgaande liggen op verschillend niveau van abstractie. Het hoogste niveau van abstractie is het gewenste gedrag "de weggebruiker moet de auto verlaten" of "de weggebruiker moet de aandacht op de vluchtdeur richten". Een lager niveau van abstractie is "geef verlaatinstructie en bevestig die instructie nog eens op een andere manier" of "extra licht op de deuren". Een nog lager niveau van abstractie is "verlichte borden en een boodschap op de autoradio". Een weer lager niveau is de tekst "Uitstappen" of "accentverlichting op de deur". In het rapport is steeds van hoog naar laag gewerkt. In de onderstaande lijst wordt het laagste (meest specifieke) niveau van aanbevelingen samengevat, voorafgegaan door een korte typering van het hogere niveau.

Het woord "eventueel" geeft een maatregel aan die zonder al te veel gevolgen achterwege gelaten kan worden. Twee aanbevelingen staan tussen [vierkante haken]. Ze hebben betrekking op de andere, veilige, tunnelbuis.

1. Om het verkeer zo spoedig mogelijk tot stilstand te brengen: Verkeerssignalering in de buis met de calamiteit: (a) naar de rechterrijstrook = linkerrijstrook afgekruid en (b) snelheid in stappen terug naar 30 km/h.
2. [Om de andere, veilige, tunnelbuis verkeersvrij te maken en te waarschuwen voor evacués: Verkeerssignalering (a) naar de rechterrijstrook = linkerrijstrook afgekruid, (b) speciaal waarschuwingsbord voor voetgangers op de rijbaan en (c) snelheid terug naar 30 km/h.]
3. Eventueel in de buis met de calamiteit gevaarteken in de portalen boven de weg. Eventueel een auditief alarm via de luidsprekers.
4. Om een begin te maken met opleggen van het gewenste gedrag een kernachtige boodschap: "(Alarm!) Uitstappen svp" of "(Alarm!) Verlaat NU uw auto". Deze boodschap kan staan op verlichte alarmborden langs de linkerwand loodrecht op de rijrichting (met borden om de 50 m Hoofdletter van 76 mm; met borden elke 100 m Hoofdletters van 15,2 cm, enz.). Eventueel langzaam knipperend (0,5 Hz). Alleen verlicht bij calamiteit.
5. Een onafhankelijke bevestiging om te zorgen dat het gewenste gedrag er inderdaad komt. Hiervoor kan de autoradio gebruikt worden. Tekst kan zijn "Attentie: Er is een alarmsituatie in de Westerscheldetunnel. Stap uit, en loop naar de vluchtdeuren. Waarschuw ook anderen.

Herhaling: ... of bij selectieve evacuatie: *"Attentie, attentie: Er is een alarmsituatie in de Westerscheldetunnel. Stap uit, en loop naar de vluchtdeuren. Waarschuw ook anderen. Ziet u groene pijlen boven de weg, dan moet u absoluut doorrijden. Herhaling: ..."*

6. Om de aandacht op de vluchtdeuren te richten: Vluchtdeuren stralen 3× meer licht af dan de wand (NEN 3087). Te bereiken met accentverlichting op de deur (mag continu branden maar schijnt niet in de ogen), of—bij uniforme verlichting—vluchtdeuren geschilderd in een lichtere kleur (3× meer reflectie dan omgeving), of door een combinatie van accentverlichting en kleur, of met een doorzichtige "glazen" deur met daarachter een verlichte dwarsverbinding.
7. Vluchtdeuren groen.
8. Om de vluchtdeuren nog sterker aandachttrekkend te maken: Eventueel strobe (flitslicht) toevoegen. De flits verlicht de deur en is afgeschermd om mensen niet direct in de ogen te schijnen. Rustig tempo (0,16–0,25 Hz). Alleen bij calamiteit.
9. Om duidelijk te maken dat hier de vluchtweg is aan mensen veraf: Hoog boven de deur een informatiebord loodrecht op de rijrichting en leesbaar van beide zijden (voor- en achterkant). De inhoud kan het vluchtend mannetje zijn (zonder pijl) van NEN 6088, het mannetje vluchtend in de richting van de deur. Voor leesbaarheid op afstand is het bord intern verlicht. Deze verlichting mag continu branden. Met een mannetje van 1 m hoog is het bord tot op 200 m zichtbaar. Controle op de zichtbaarheid is noodzakelijk; het bord mag bijvoorbeeld niet schuilgaan achter een ventilator.
10. Eventueel: Mannetje maakt loopbewegingen.
11. Om duidelijkheid te geven aan mensen dichterbij: een bord op de deur. Qua inhoud hetzelfde als het hoge bord. Aangeraden wordt een vluchtende mannetje met een pijl. De pijl staat recht boven de deurkruk, naar beneden wijzend. Bij een mannetje van 50 cm wordt het bord ongeveer 70 cm hoog × 100 cm breed.
12. Om duidelijk te maken dat dit een deur is: Deur zoveel mogelijk het uiterlijk geven van een typische deur. Concreet: kozijn duidelijk zichtbaar, "standaard" deurkruk; conventionele manier van openen. Een doorzichtige "glazen" deur wordt aanbevolen.
13. Om deurvrees te overwinnen: Montage van een doorzichtige deur of op de grond direct voor de deur een pijl van 100 cm dwars op de rijrichting wijzend naar de dwarsverbinding. De pijl is zeker 6× lichter dan de vloer.
14. Om struikelen en vertraging te vermijden: Eventueel markeren van de opstap met groene puntvormige lichtbronnen. Mogen continu branden.
15. Indien vergrendeling wordt gebruikt: borden met uitleg.
16. Om te zorgen dat mensen zonder aarzelen de dwarsverbinding binnengaan: Maak de dwarsverbindingen uitnodigend met een 2× hoger lichtniveau dan in de tunnel. Te bereiken met verlichting en reflectiewaarde van het interieur.
17. Om te zorgen dat mensen zonder aarzelen de dwarsverbinding binnengaan: Maak de dwarsverbindingen uitnodigend met een "huiselijke" aankleding. Te bereiken met een schilderij of kapstok aan de muur. Een te technisch ogende omgeving werkt afstotend!
18. Eventueel: Auditieve huiselijkheid met "muzak" of een gesproken boodschap die periodiek wordt herhaald (voorbeeld: *"U bent nu in de dwarstunnel. Via deze dwarstunnel komt u in de andere tunnelbuis terecht. Wacht daar op nader bericht. Ga niet terug naar uw auto"*). De auditieve presentatie mag ook buiten calamiteit actief zijn (mits niet hinderlijk voor bv. onderhoudswerkers).

19. Om te zorgen dat mensen doorlopen naar de veilige tunnelbuis: een bord "Vluchtweg" op 1,9 m hoogte halverwege de gang aan beide zijden met daaronder een bord "Doorlopen naar de andere deur svp", de letters V en D 2 cm hoog.. Kleurstelling volgens NEN 6088.
20. Eventueel: een programmeerbare pijl op de wand boven "vluchtweg".
21. [Om te voorkomen dat weggebruikers in de andere, veilige, tunnelbuis terugkeren naar de calamiteitenbuis: Periodieke auditieve boodschappen in de andere, veilige, tunnelbuis zoals *"Attentie. Blijf hier wachten, ga niet terug naar uw auto,"* of *"er is dichte rook in de andere tunnelbuis, de brandweer is onderweg"*.]

6 AANBEVELINGEN VOOR HET VERVOLG

De rol van de controlekamer-operator(s) is dermate belangrijk dat een apart onderzoek sterk wordt aanbevolen. De operator zal, ongeacht de mate van automatisering en ondersteuning van zijn taak, enkele zeer belangrijke beslissingen moeten nemen. In volgorde zijn dat: na een automatische detectie van snelheidsoverschrijding (of een telefoontje vanuit een hulpkast) moet hij beslissen wel of niet de calamiteitenknop te gebruiken. Na het gebruik van de calamiteitenknop moet hij beslissen wel of niet over te gaan tot evacuatie. Als er selectieve evacuatie is (tot aan de plaats des onheils te voet, daarna per auto) dan moet hij de signalering in de desbetreffende tunnelbuis correct instellen. Los daarvan moet hij de voortgang van de evacuatie bemonsteren en zo nodig via de toespreekinstallatie bijsturen. Bovendien moet hij effectief communiceren met hulpverleners.

In een apart onderzoek kan vastgesteld worden hoe de operator ergonomisch verantwoord ondersteund kan worden bij het uitvoeren van deze taken. Naast allerlei fysieke aspecten zijn het vooral de mentale processen—waarnemen, situaties herkennen of diagnosticeren, alternatieven afwegen en beslissingen nemen, adequaat handelen en communiceren met diverse actoren onderhouden en dit alles vaak tegelijkertijd—die hierbij van doorslaggevend belang zijn. Zo moet bijvoorbeeld eigenlijk onmogelijk zijn dat de operator per vergissing de goede buis als calamiteitenbuis oormerkt en de calamiteitenbuis als veilig of, bij selectieve evacuatie, dat hij de signalering in de tunnel verkeerd instelt. Ook moet hij in staat zijn de toespreekinstallatie te bedienen, in staat zijn duidelijk en met gezag te spreken, en in staat zijn te wisselen tussen het toespreken van nog te evacueren publiek ("dringend"), publiek dat zich reeds in de andere veilige tunnel bevindt (vasthouden en informeren) en, het communiceren met hulpverleners.

Een voorbeeld van ondersteuning van taken is het activeren van alarmborden en auditieve boodschappen te koppelen aan de calamiteitenknop of een afzonderlijke evacuatieknop, waardoor deze maatregelen bij een evacuatie automatisch genomen worden zonder dat de operator er om hoeft te denken.

Verder moet nagegaan worden hoe de spraakverstaanbaarheid is in de buis met de calamiteit en in de andere buis, en op welke wijze verschillende segmenten van de tunnel toegesproken kunnen worden.

Daarnaast moet nagegaan worden of de kosten van vergrendeling opwegen tegen de baten. De kosten zijn de nachtmerrie van vluchtdeuren die op het kritieke moment niet van slot willen; de baten zijn vooralsnog onduidelijk. Kleinere kosten zijn de borden met tekst en uitleg die bij vergrendeling moeten voorkomen dat de weggebruiker van deur naar deur rent op zoek naar een uitweg.

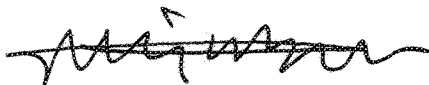
Ook de training van de diverse hulpdienstgeledingen en betrokken personeelsleden is een essentieel punt. Te vaak wordt ten onrecht aangenomen dat de staat van paraatheid en onderlinge coördinatie voldoende is (zie De Waard & Brookhuis, 2000).

Wij dringen er dan ook met klem op aan dat op korte termijn aan deze punten de benodigde—en gezien de omvang en complexiteit van de problematiek noodzakelijkerwijs multidisciplinaire—zorg en aandacht wordt gegeven.

REFERENTIES

- Boer, L.C. (1998). *Improved Signposting for the Evacuation of Passenger Ships* (Report TM-98-C081). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.
- Boer, L.C. & Janssen, W.H. (2000). *Bewegwijzing Koningstunnel* (Memo TNO-TM 2000-M03). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Boer, L.C., Weitenberg, A.I.M., Bergem, P.M. van & Smeele, P.M.T. (2000). *Optimalisatie bewegwijzing en vluchtwegverlichting tunnels HSL-Zuid* (Rapport TM-00-C033). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Circulaire 909 van het Maritime Safety Committee (Juni 1999). *Interim guidelines for a simplified evacuation analysis on ro-ro passenger ships*. London: International Maritime Organization.
- Edworthy, J. & Adams, A. (1996). *Warning design: a research prospective*. London: Taylor & Francis.
- Ergonomics (1995). Vol. 38 nr. 11, special issue on warnings.
- Helbing, D., Farkas, I. & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, 104, 487-500.
- Laughery, K.R. Sr. & Wogalter, M.S. (1997). Warnings and risk perception. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors and ergonomics* (pp. 1174-1197). New York: Wiley.
- Martens, M.H., Koster, E.R. & Lourens, P. (1998). *Westerscheldetunnel: verkeersveiligheid tijdens calamiteiten met evacuatie* (Rapport TM-98-C033). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Molag, M., Nelemans, B. & Wiersma, T. (2000). *Veiligheidsanalyse brand in HSL tunnels* (MEP-R-2000/259). Apeldoorn: TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie.
- Pauls, J. (1986). The safety of people in public places. In *Life safety: The way forward*. London: International Fire and Security Exhibition and Conference.
- Rogers, W.A., Lamson, N. & Rousseau, G.K. (2000). Warning research: an integrative perspective. *Human Factors*, 42, 102-139.
- Schermer, E.G. (1999). *Simulatie vluchtcapaciteit met building EXODUS* (HB/VC/90256, Versie 1.0). Utrecht: Holland Railconsult.
- Stanton, N. (1994). *Human factors in alarm design*. London: Taylor & Francis.
- Steyvers, F.J.J.M., Waard, D. de & Brookhuis, K.A. (1999). *Algemene aspecten van tunnelgebruik en veiligheid* (Rapport COV 99-09). Groningen: Centrum voor Omgevings- en Verkeerspsychologie.
- Waard, D. de & Brookhuis, K.A. (2000). *Praktijkervaring met calamiteiten in tunnels - taakanalyse gedrag in tunnels* (Rapport COV 00-02). Groningen: Centrum voor omgevings- en verkeerspsychologie.
- Wijngaarden, S.J. van (2000). *Predictie van spraakverstaanbaarheid in verkeerstunnels met behulp van ray-tracing en de STI-methode* (Rapport TM-00-C011). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Zwaga, H.J.G., Boersema, T. & Hoonhout, H.C.M. (Eds.) (1999). *Visual information for everyday use*. London: Taylor & Francis.

Soesterberg, 26 januari 2001



Dr. L.C. Boer
(1e auteur)

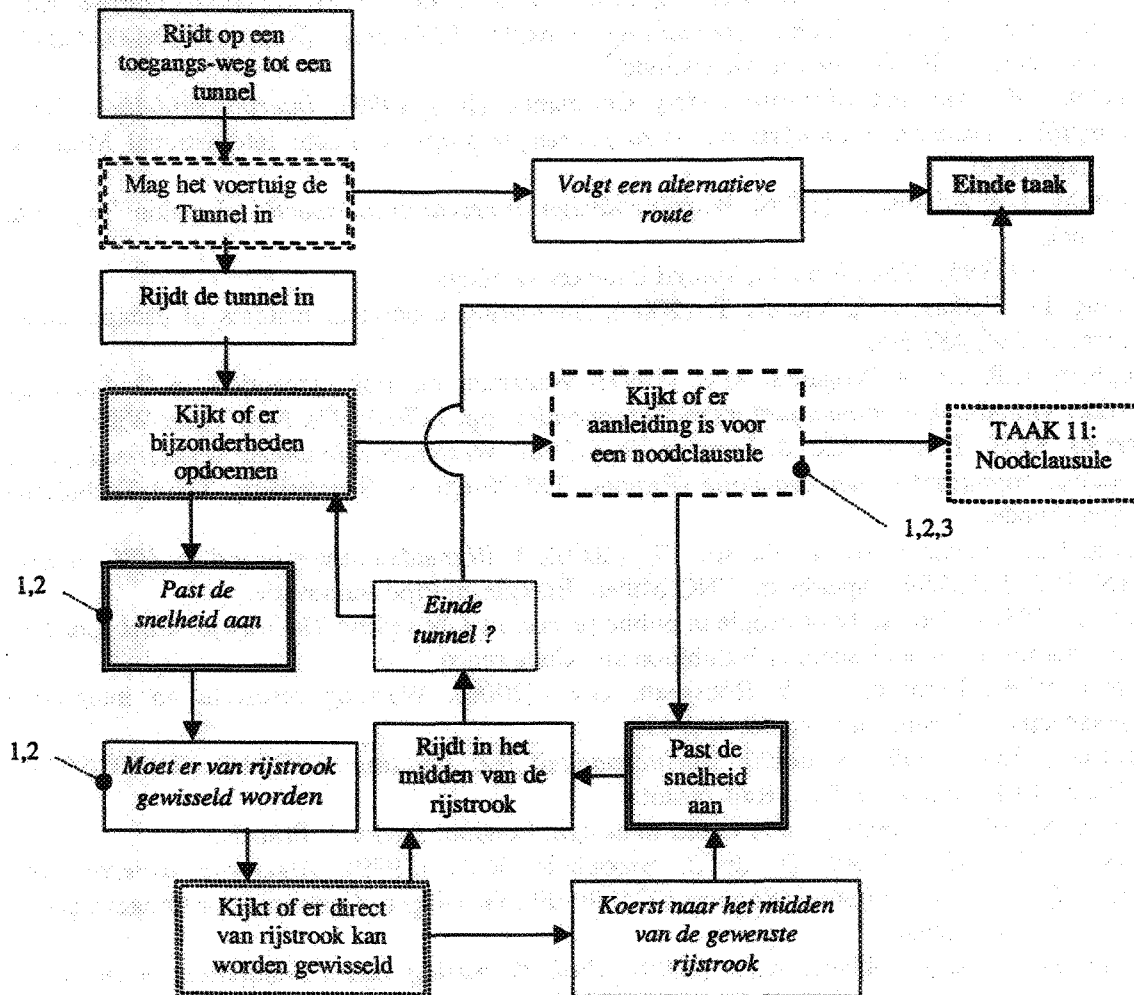


Drs. A.I.M. Weitenberg
(projectleider)

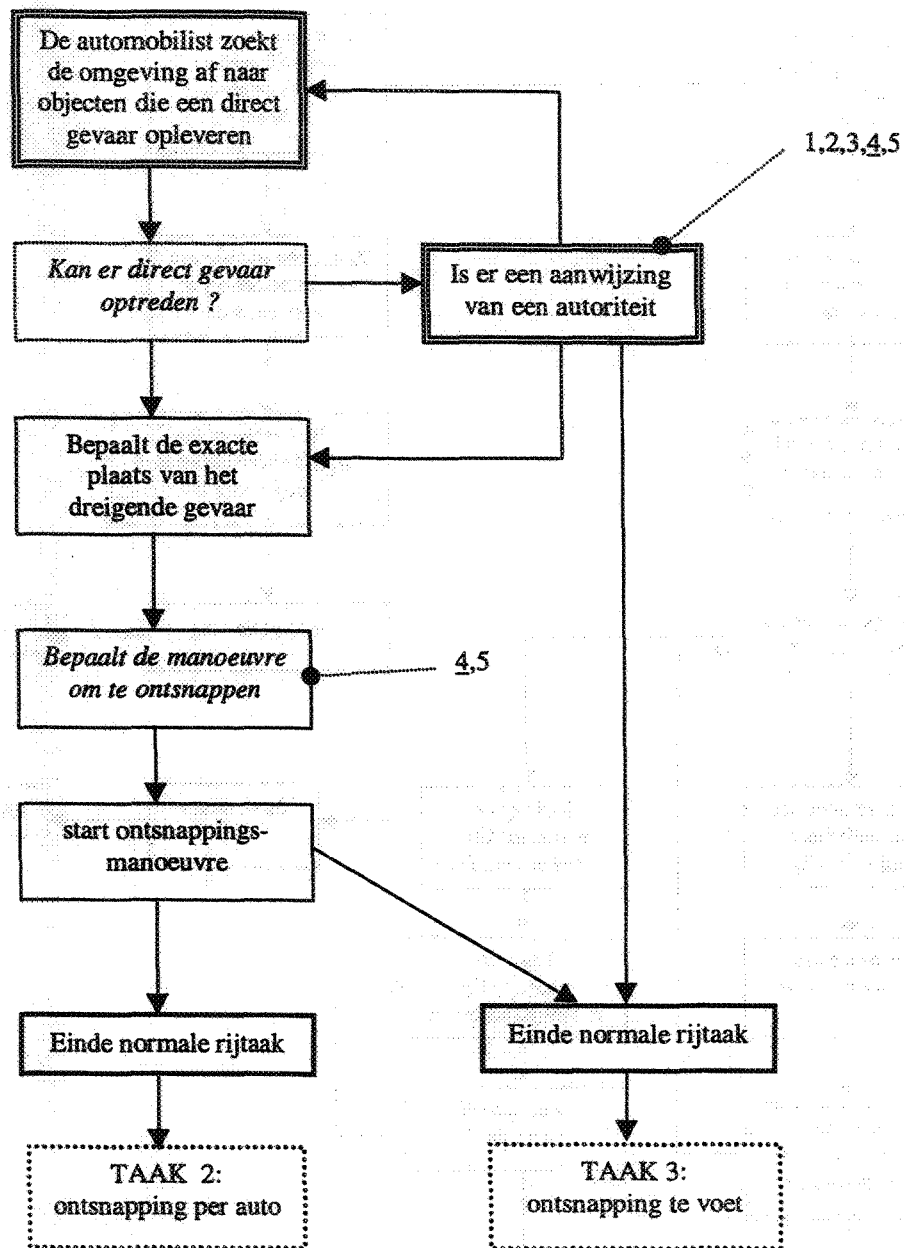
BIJLAGE A: Verband tussen aanbevelingen en taakanalyse van gedrag in noodsituaties

In deze bijlage is de taakanalyse van De Waard en Brookhuis (2000) gevolgd. De nummers verwijzen naar de 21 genummerde aanbevelingen uit het rapport.

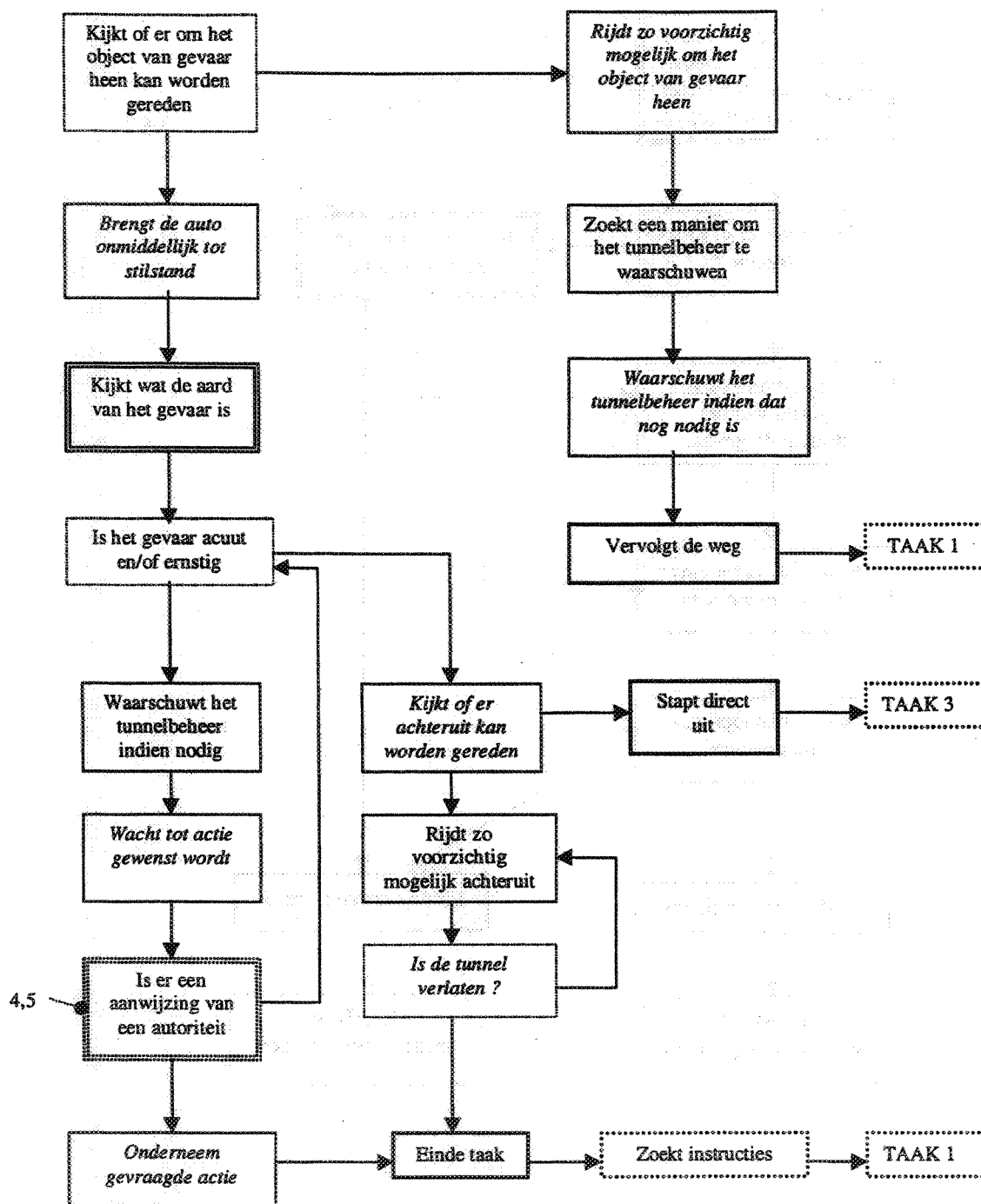
Taak 1: De weg volgen, de tunnel in



Taak 11: Noodclausule



Taak 2: Ontsnappingsmanoeuvre per auto



Taak 3: Ontsnappingsmanoeuvre te voet

