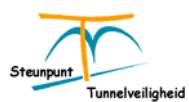




Toelaatbare luchtsnelheden bij het vluchten uit een tunnel

Eindrapportage van een praktijkproef in de Wijkertunnel,
op 28 september 2012

Datum 4 juni 2013
Status Definitief



Toelaatbare lichtsnelheden bij het vluchten uit een tunnel

Eindrapportage van een praktijkproef in Wijkertunnel,
op 28 september 2012

Datum 4 juni 2013
Status Definitief

Colofon

Uitgegeven door Steunpunt Tunnelveiligheid
Uitgevoerd door Ronald Mante
Gecontroleerd door Michiel Vroon (Quaboo), Jan van der Sluis, Tineke Wiersma en Diderick Oerlemans
Goedgekeurd door Ronald Mante

Documentnummer 4818-2013-0012
Datum 4 juni 2013
Status Definitief
Versienummer 1

Foto's Steunpunt Tunnelveiligheid
(figuren 1 t/m 4 en 3^e foto in bijlage F)
Diderick Oerlemans
(figuren 5 en 7 en 1^e en 4^e foto in bijlage F)
Marie-Claire van Damme
(figuur 9 en 2^e foto in bijlage F)

Documentgeschiedenis

Versie	Omschrijving
Concept 1	Eerste versie
Concept 2	Reviewcommentaar verwerkt van Tineke Wiersma, Jan van der Sluis, Diderick Oerlemans en Michiel Vroon; tevens afstemming met Bureau Veiligheidsbeambte verwerkt.
Definitief 1	Definitieve versie na review concept 2

Inhoud

1	Inleiding 6
1.1	Aanleiding 6
1.2	Doel proef 7
1.3	Leeswijzer 8
2	Beschrijving proef 11
2.1	Algemeen 11
2.2	Eerste onderdeel proef: passage vluchtdeur 12
2.3	Tweede onderdeel proef: totale vluchtroute 14
2.4	Organisatie en voorbereiding 16
2.5	Mensen en middelen 16
3	Deelnemers proef 18
3.1	Populatie tunnelgebruikers 18
3.2	Benodigde aantal deelnemers 20
3.3	Werving deelnemers 21
3.4	Kenmerken deelnemers 21
4	Resultaten 25
4.1	Meetwaarden 25
4.2	Eerste onderdeel proef: passage vluchtdeur 25
4.3	Tweede onderdeel proef: totale vluchtroute 31
5	Conclusies en aanbevelingen 34
5.1	Conclusies 34
5.2	Aanbevelingen 34
Bijlage A	Certificaat gebruikte velometer 36
Bijlage B	Uitnodiging tot deelname proef 38
Bijlage C	Definitieve bevestiging deelname proef en nadere instructies 40
Bijlage D	Vragenlijsten deelnemers en registratieformulieren 42
Bijlage E	Metingen lichtsnelheden 59
E.1	Eerste onderdeel proef: passage vluchtdeur 59
E.2	Tweede onderdeel van de proef: totale vluchtweg 60
Bijlage F	Resultaten vragenlijsten 62
F.1	Eerste onderdeel proef: passage vluchtdeur 62
F.2	Tweede onderdeel proef: totale vluchtweg 67

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Bij een calamiteit in een tunnel (bijvoorbeeld een brand) moeten de weggebruikers zichzelf in veiligheid kunnen brengen. In de meeste Nederlandse Rijkstunnels wordt in een dergelijke situatie een vluchtweg geboden via een middentunnelkanaal (MTK), dat vanuit de tunnelbuizen toegankelijk is via een vluchtdeur. Door het MTK kan men naar de uitgang (kopdeur) lopen. Eenmaal buiten kan men verder lopen naar een verzamelplaats en daar wachten op verdere instructies en hulp.

Om er voor te zorgen dat de mensen rookvrij naar de vluchtdeur kunnen lopen, wordt in een calamiteitsituatie de tunnelventilatie ingeschakeld. Tevens wordt dan het MTK op overdruk gebracht door middel van een overdrukventilatie, om te voorkomen dat er rook het MTK binnendringt als er een vluchtdeur wordt geopend.

Bij het openen van een vluchtdeur ontstaan er door de genoemde overdruk echter luchtstromingen door de deuropening en in het MTK. Tevens ontstaan er luchtstromingen in de tunnelbuis door de ingeschakelde tunnelventilatie. Al deze luchtstromingen mogen niet zodanig groot worden dat de mensen het vluchten wordt belemmerd. Dat wil zeggen: de mensen moeten nog in staat zijn om de vluchtdeur te bereiken, het MTK door de geopende deuren te betreden en vervolgens door het MTK naar de uitgang naar buiten te lopen.

Er worden dus eisen gesteld aan de "tegenwind" die men mag ervaren bij het volgen van de vluchtroute. De eisen die RWS momenteel hanteert zijn gebaseerd op expertinschattingen van het Steunpunt Tunnelveiligheid, zoals die zijn gepubliceerd in de "Aanbevelingen Ventilatie van Verkeerstunnels" (STV, 2005). Deze eisen zijn in essentie overgenomen in de Tunnelstandaard voor Rijkstunnels. De relevante eisen met betrekking tot de overdruk luiden als volgt (Basisspecificatie Tunneltechnische Installaties, versie 1.2):

- BSTTI#10025: Door middel van een overdrukinstallatie dient te worden voorkomen dat stofwolken, rook of schadelijke gassen of dampen die vrijkomen bij een brand of ongeval vanuit de incidentbuis, de Veilige Ruimte kunnen binnendringen.
- BSTTI#13847: De overdruk in de Veilige Ruimte dient automatisch geregeld te zijn op basis van metingen van het optredende drukverschil tussen de veilige ruimte en de incidentbuis. Deze regeling dient geschikt te zijn voor alle aangrenzende verkeersbuizen, maar hoeft maar maximaal voor één verkeersbuis (de incidentbuis) tegelijkertijd actief te zijn.
- BSTTI#10027: De overdruk dient zodanig te worden gerealiseerd, dat de luchtsnelheid in de Veilige Ruimte gemiddeld nergens hoger is dan 2m/s;
- BSTTI#10028: De overdruk dient zodanig te worden gerealiseerd, dat de gemiddelde luchtsnelheid over een geopende vluchtdeur nergens hoger is dan 6,5m/s.
- BSTTI#10031: Indien de veilige ruimte wordt uitgevoerd door middel van een middentunnelkanaal dan dient de overdruk zodanig te worden gerealiseerd, dat in de incidentbuis 30% van het totale aantal vluchtdeuren gelijktijdig kunnen worden geopend, zonder dat er luchtstroming vanuit de incidentbuis naar de Veilige Ruimte plaatsvindt. Daarbij geldt een minimum aantal van 3 deuren dat gelijktijdig moet kunnen worden geopend.

In de praktijk lijkt het niet in alle situaties mogelijk te zijn om tegelijkertijd aan al deze eisen te voldoen. In tunnelbuizen waarin bij een brand een sterk "schoorsteeneffect" optreedt, zal er (in de ventilatierichting gezien) bovenstrooms van een grote brand bijvoorbeeld sprake zijn van een hoge druk en benedenstrooms van de brand een lage druk. Als dan gelijktijdig zowel bovenstrooms als benedenstrooms van de brand een deur wordt geopend, dan ontstaat een sterke luchtstroming door het MTK en de geopende deuren, waarbij de volgens de eisen maximaal toegestane tegenwind zou kunnen worden overschreden. Ook in lange tunnels, waarin in een noodsituatie veel deuren tegelijkertijd kunnen worden geopend, zal het bij grote branden moeilijk zijn om aan de eisen te voldoen, ook indien er geen sprake is van een sterk schoorsteeneffect.

Het feit dat er in de Tunnelstandaard wordt uitgegaan van een drukregeling helpt in principe wel om de luchtsnelheden in het MTK en door de vluchtdeuren te beperken, maar deze regeling is nooit optimaal voor alle situaties en bovendien heeft de regeling altijd een zekere vertraging. Hierdoor is het (tijdelijk) optreden van hoge luchtsnelheden bij grote branden ook bij een drukregeling zeker niet uitgesloten.

Uit berekeningen, die zijn uitgevoerd in het kader van het ontwerp van de overdrukinstallatie voor de Tweede Coentunnel, blijkt dat er bij branden van 50MW en hoger een maximale luchtsnelheid van 12m/s kan optreden door een geopende vluchtdeur en een luchtsnelheid van 5m/s in het MTK. Dit is hoger dan toegestaan volgens de huidige eisen¹.

Omdat de huidige eisen met betrekking tot de luchtsnelheden zijn gebaseerd op inschattingen van experts, en de literatuur helaas geen eenduidige onderbouwing geeft voor de correctheid van deze eisen, was er behoefte om door middel van een praktijkproef nader te onderbouwen wat de maximale luchtsnelheid (tegenwind) mag zijn op een vluchtroute uit een tunnel. Deze praktijkproef is uitgevoerd op vrijdagavond 28 september in de westbuis van de Wijkertunnel, te Velsen-Zuid. Deze eindrapportage beschrijft de opzet en resultaten van de proef, inclusief conclusies en aanbevelingen.

1.2 Doel proef

Het doel van de proef was, om vast te stellen welke luchtsnelheden nog toelaatbaar zijn in de tunnelbuis, in het MTK en door de geopende vluchtdeuren, gelet op de bovenliggende eis dat de mensen veilig moeten kunnen vluchten.

De van dit doel afgeleide onderzoeksvragen waren:

1. Wat is de maximale luchtsnelheid door een geopende vluchtdeur waarbij men het MTK nog kan betreden?
2. Kan men bij deze maximale luchtsnelheid door de geopende vluchtdeur ook nog de totale vluchtroute afleggen (loop naar vluchtdeur, passage vluchtdeur naar MTK en loop door MTK naar uitgang), als ook nog de tunnelventilatie op calamiteitenstand is ingeschakeld en er luchtstromingen in het MTK plaatsvinden als gevolg van geopende vluchtdeuren?

¹ Hierbij dient te worden opgemerkt dat het ontwerp van de Tweede Coentunnel afwijkt van de Tunnelstandaard. Het ontwerp was namelijk al te ver gevorderd toen de Tunnelstandaard beschikbaar kwam. Zo is er bijvoorbeeld geen drukregeling toegepast. De luchtsnelheden zouden dus bij een ontwerp conform de standaard wellicht lager kunnen uitvallen.



Figuur 1: Tunnelventilatoren in Wijkertunnel

N.B.:

Er worden in de tunnelstandaard geen eisen gesteld aan de maximale luchtsnelheid in de tunnelbuis, als gevolg van de ingeschakelde tunnelventilatie. Wel zijn er eisen gesteld aan de minimaal vereiste luchtsnelheid om backlayering bij een grote brand te voorkomen (zie eis BSTTI#9423 in de tunnelstandaard). In de praktijk zal de resulterende luchtsnelheid bij een grote brand dermate laag zijn (door de tegendruk van de brand) dat er wat dat betreft geen hinder zal optreden voor de vluchtende weggebruikers, maar desalniettemin zal de luchtsnelheid in de tunnelbuis wel invloed uitoefenen op de toelaatbaarheid van een bepaalde luchtsnelheid over een geopende vluchtdeur of in het MTK. Vandaar dat de tunnelventilatie wel in de proef wordt betrokken.

1.3

Leeswijzer

Na deze inleiding is de rapportage als volgt opgebouwd. **Hoofdstuk 2** geeft allereerst in hoofdlijnen een beschrijving van de proef. Daarna geeft **hoofdstuk 3** een onderbouwing van het aantal deelnemers (proefpersonen) dat nodig was voor de proef en wordt beschreven hoe deelnemers geworven zijn. In **hoofdstuk 4** worden vervolgens de resultaten van de proef beschreven. Ten slotte geeft **hoofdstuk 6** de conclusies en aanbevelingen weer die op basis van deze resultaten zijn geformuleerd.



Figuur 2: Vluchtdeur in westbuis Wijkertunnel



Figuur 3: Middentunnelkanaal Wijkertunnel met kopdeuren aan noordzijde



Figuur 4: Overdrukventilator met inblaasrooster in middentunnelkanaal

2 Beschrijving proef

2.1 Algemeen

De praktijkproef bestond uit twee onderdelen:

1. Passage vluchtdeur: de deelnemers aan de proef passeerden een vluchtdeur bij verschillende lichtsnelheden door de deuropening (achtereenvolgens: 12 m/s, 9 m/s en 6 m/s);
2. Totale vluchtroute: de deelnemers legden de totale vluchtroute af bij de hoogste lichtsnelheid door de deuropening (12m/s) en in het MTK (3,5m/s), waarbij ook de tunnelventilatie was ingeschakeld op calamiteitenstand (maximaal vermogen).

De verschillende lichtsnelheden door de deuropeningen en in het MTK werden hierbij opgewekt door verschillende standen van de overdrukventilatie. Omdat de Wijkertunnel beschikt over een automatische regeling van de overdruk (die juist is bedoeld om te hoge lichtsnelheden te voorkomen) werd de overdruk tijdens de proef handmatig geregeld, buiten de drukregeling om:

- 6 m/s: ventilator Noord 100% ingeschakeld, ventilator Zuid uitgeschakeld;
- 9 m/s: ventilator Noord 100% ingeschakeld, ventilator Zuid 25%;
- 12 m/s: ventilator Noord 100% ingeschakeld, ventilator Zuid 50%.

De opgewekte lichtsnelheden in de deuropening, respectievelijk het MTK respectievelijk de tunnelbuis werden gemeten met een gecertificeerde velometer (Testo 0560 4353, zie bijlage A) en geregistreerd.

Tijdens de proef werd waargenomen en geregistreerd (door observanten en camera's) welke deelnemers er in slaagden (en welke niet) om de vluchtdeur te passeren respectievelijk om de totale vluchtroute in zijn geheel af te leggen. Het ging daarbij niet om de snelheid, maar om het resultaat: lukte het wel of lukte het niet. Dit betreft dus objectieve resultaten.

Om nader inzicht te krijgen in hoeveel moeite het de deelnemers kostte om bij een bepaalde lichtsnelheid de vluchtdeur te passeren of de totale vluchtroute af te leggen, vulden de deelnemers na ieder onderdeel van de proef een vragenlijst in (zie bijlage D). Aanvullend werden de deelnemers steekproefsgewijs geïnterviewd. Dit betreft dus subjectieve resultaten.

Om de resultaten van de proef in perspectief te kunnen plaatsen, werden vooraf van alle deelnemers een aantal kenmerken geregistreerd die naar verwachting van invloed zijn op het vermogen om bij een bepaalde tegenwind de vluchtdeur te passeren, respectievelijk de totale vluchtroute af te leggen:

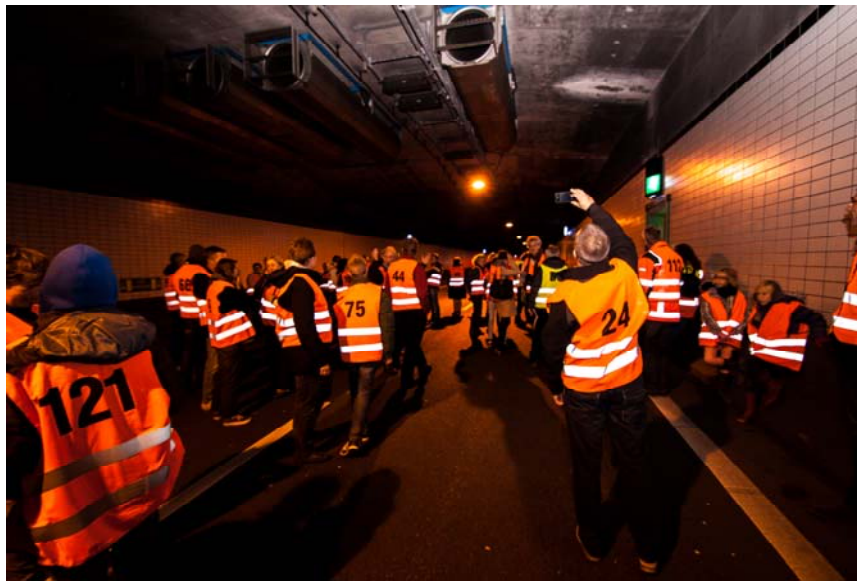
- Geslacht;
- Leeftijd;
- Lengte;
- Gewicht.

Om de deelnemers tijdens de proeven eenduidig te kunnen identificeren, en de waarnemingen te kunnen koppelen aan de ingevulde vragenlijsten, kregen alle deelnemers een uniek nummer toegewezen, dat duidelijk zichtbaar op hun veiligheidshesje was aangebracht (om veiligheidsredenen waren alle deelnemers verplicht om in de tunnel een veiligheidshesje te dragen).

Om resultaten met enige betrouwbaarheid te verkrijgen, waren ongeveer 100 deelnemers nodig voor de proef (zie hoofdstuk 3). Uiteindelijk hebben 107 personen deelgenomen.

De uitvoering van de proef heeft plaatsgevonden op basis van een vooraf opgesteld plan van aanpak, inclusief protocollen². Hierbij is tevens de nodige aandacht besteed aan de borging van de veiligheid van de deelnemers tijdens de proef.

In de volgende paragrafen worden de twee onderdelen van de proef nader beschreven.



Figuur 5: Deelnemers maken zich op voor proef

2.2 **Eerste onderdeel proef: passage vluchtdeur**

Bij het eerste deel van de proef, passage vluchtdeur, passeerden de deelnemers in totaal 3 maal een vluchtdeur. Achtereenvolgens traden daarbij de volgende gemiddelde luchtsnelheden op door de deuropening (tegenwind):

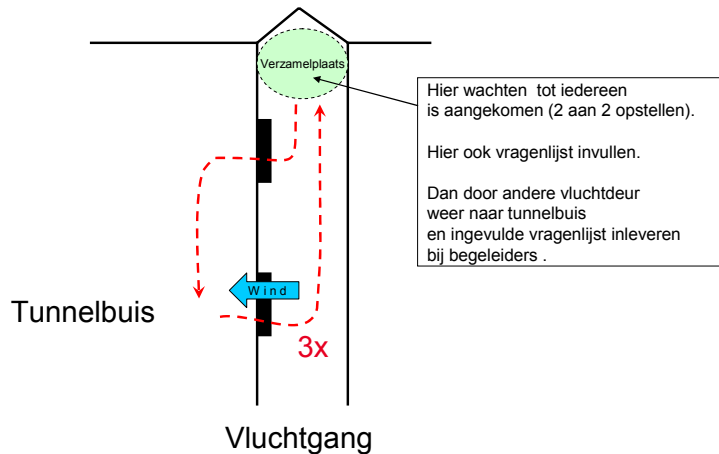
1. eerste passage: circa 12m/s (bij volledig geopende vluchtdeur);
2. tweede passage: circa 9m/s (bij volledig geopende vluchtdeur);
3. derde passage: circa 6m/s (bij volledig geopende vluchtdeur).

² "Praktijkproef ter bepaling van de toelaatbare luchtsnelheden bij het vluchten uit een tunnel, Plan voor uitvoering in Wijkertunnel", op 28 september 2012, Steunpunt Tunnelveiligheid, doc.nr. 4818-2012-0039, versie Definitief 1, d.d. 25-09-12.

De deelnemers passeerden de deur steeds in tweetallen. Het was daarbij de bedoeling dat de ene deelnemer de vluchtdeur zou openen en passeren en dat de andere deelnemer zou volgen door de geopende deur. Na het weer sluiten van de deur zou het volgende tweetal op dezelfde wijze de deur kunnen passeren. Zo zou namelijk kunnen worden bekeken of het moeten openen van de deur een (negatief) effect heeft op het vermogen van mensen om de vluchtdeur bij een bepaalde lichtsnelheid te passeren. In de praktijk moesten de eerste passage (12m/s) en tweede passage (9m/s) echter worden uitgevoerd met een reeds geopende vluchtdeur, omdat de voor de betreffende lichtsnelheden benodigde overdruk er voor zorgde dat de deuren niet of nauwelijks konden worden geopend.

Nadat een tweetal de vluchtdeur was gepasseerd, moest men wachten in het MTK tot alle deelnemers het MTK hadden betreden (of daar een poging toe hadden gedaan). Pas daarna kon men weer teruglopen naar de tunnelbuis. Dit vanwege het feit dat het openen van een andere vluchtdeur invloed zou hebben gehad op de lichtsnelheid door de vluchtdeur die voor de proef werd gebruikt (hoe meer geopende deuren, hoe lager de lichtsnelheid door de deuropeningen).

Om een veilige opstelruimte te hebben in het MTK (namelijk bij de kopdeuren) werd voor dit onderdeel van de proef gebruik gemaakt van vluchtdeur W30N. De deelnemers konden zo via vluchtdeur W40N weer de tunnelbuis in lopen en zich dan weer naar deur W30N begeven voor de volgende passage (met andere lichtsnelheid), zie onderstaande figuur.



Figuur 6: Route deelnemers bij eerste onderdeel proef, passage vluchtdeur

Door de opstelruimte in het MTK te kiezen bij de kopdeuren werd tevens de invloed van de aanwezige mensen in het MTK op de luchtstroming door het MTK en de geopende vluchtdeur tot het minimum beperkt. Deze invloed was toch al beperkt omdat de lucht verspreid over meerdere roosters wordt ingeblazen in de vluchtgang van het MTK. Ter controle is tijdens de proef nog gemeten of de lichtsnelheid door de gebruikte vluchtdeur wijzigde door de aanwezige mensen (dit bleek niet het geval te zijn).



Figuur 7: Jonge deelnemer passeert vluchtdeur bij lichtsnelheid 12m/s

2.3 Tweede onderdeel proef: totale vluchtroute

Bij het tweede deel van de proef, totale vluchtroute, legden de deelnemers eenmaal de totale vluchtroute af, dat wil zeggen:

Loop naar de vluchtdeur → passage vluchtdeur naar MTK → Loop in MTK naar uitgang (kopdeur).

Daarbij werd de tunnelventilatie ingeschakeld op calamiteitenstand (maximaal vermogen), waardoor er in de tunnelbuis een lichtsnelheid³ ontstond van circa 8,10m/s.

Tevens werd de gemiddelde lichtsnelheid door de vluchtdeur⁴ ingesteld op circa 12m/s. Daarbij ontstond een lichtsnelheid⁵ in het MTK van circa 3,5m/s.

De afstand die de mensen in de tunnelbuis moesten afleggen naar de vluchtdeur (met tegenwind door de tunnelventilatie) bedroeg 100m. Dit komt overeen met de maximale afstand die de mensen zouden moeten afleggen in het geval dat een

³ Dit betrof een luchtstroom in de rijrichting van de tunnelbuis, dus de normale ventilatierichting. Zonder ingeschakelde ventilatie werd in de tunnelbuis een lichtsnelheid gemeten van circa 3,08 m/s tegen de rijrichting in. ten gevolge van de wind buiten de tunnel. Onder windstille condities zou bij ingeschakelde ventilatie derhalve een lichtsnelheid zijn gemeten van circa 11,18 m/s in de rijrichting.

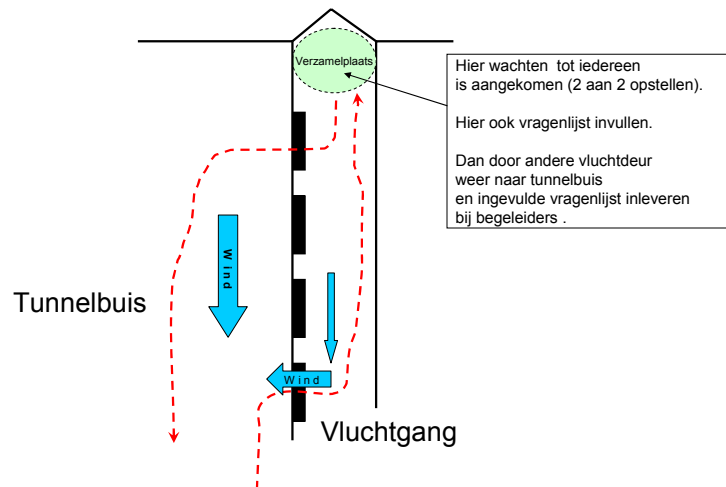
⁴ Net als bij de eerste en tweede passage van de vluchtdeur bij het eerste onderdeel van de proef (zie paragraaf 2.2) stond de vluchtdeur hier continu open, dat wil zeggen, de deur hoefde niet te worden geopend door de deelnemers.

⁵ Er is geprobeerd een lichtsnelheid in het MTK in te stellen van 5 m/s, conform de snelheid die volgens de berekeningen maximaal zou kunnen ontstaan in het MTK van de Tweede Coentunnel, maar dit bleek technisch niet mogelijk.

vluchtdeur na een ongeval is geblokkeerd door voertuigen en/of een brand. Een tegenwind van 8,10m/s in de tunnelbuis kan bovendien als conservatieve situatie worden beschouwd, omdat er in een brandsituatie sprake is van lagere snelheden, als gevolg van de tegendruk van de brand.

De lengte van de route door het MTK werd ook maximaal gekozen, omdat bij de meeste tunnels sprake is van een vluchtconcept waarbij de mensen in het MTK tegen de rijrichting in terug moeten lopen naar de uitgang (kopdeur). In het meest pessimistische geval moet hierbij een afstand worden afgelegd die min of meer overeenkomt met de totale lengte van de tunnel. In de Wijkertunnel is een dergelijke loopafstand door het MTK echter niet mogelijk, omdat het MTK op het diepste punt van de tunnel wordt geblokkeerd door de middenpompkamer. Om de maximaal mogelijke afstand in het MTK te kunnen afleggen (circa de halve tunnallengte, namelijk ongeveer 340m) werd voor dit onderdeel van de proef gebruik gemaakt van vluchtdeur W10N om het MTK te betreden. Dit resulteerde in ieder geval wel in een looproute tegen de helling van de tunnel op, waardoor dit effect, dat zeker van invloed is op het vermogen van mensen de uitgang te bereiken, werd meegenomen in de proef.

Uit veiligheidsoverwegingen gingen de mensen niet daadwerkelijk door de kopdeur naar buiten, maar wachtten zij, net als bij het eerste onderdeel van de proef, ter plaatse van een opstelplaats voor de kopdeur totdat alle deelnemers het MTK hadden betreden (of daar een poging toe gedaan hadden). Daarna liep men via vluchtdeur W40N weer naar de verzamelplaats in de tunnelbuis, zie onderstaande figuur.



Figuur 8: Route deelnemers bij tweede onderdeel proef, totale vluchtroute



Figuur 9: Deelnemers in middentunnelkanaal

2.4 **Organisatie en voorbereiding**

Opdrachtgever voor de proef was de RWS-projectorganisatie Capaciteitsuitbreiding Coentunnel.

De proef werd voorbereid en uitgevoerd onder leiding van de testmanager van de projectorganisatie en het Steunpunt Tunnelveiligheid, in nauwe samenwerking met de beheerder van de Wijkertunnel.

2.5 **Mensen en middelen**

De volgende mensen en middelen zijn onder andere ingezet voor de uitvoering van de proef:

Mensen:

- 107 deelnemers / proefpersonen;
- 7 begeleiders om de proef in goede banen te leiden;
- 3 observanten om waar te nemen en de resultaten te registreren;
- 3 interviewers om deelnemers steekproefsgewijs naar hun ervaringen te vragen;
- 1 persoon voor het meten van de lichtsnelheden;
- 1 wegverkeersleider om tunnelventilatie, tunnelverlichting e.d. te schakelen;
- 1 persoon voor de handmatige bediening (via de besturing) van de overdrukventilatie;

- EHBO-mensen (Rode Kruis) voor eventuele medische hulp bij onwelwordingen of ongevallen deelnemers of andere betrokkenen;
- Catering.

Middelen:

- 1 gecertificeerd meetinstrument om de optredende luchtsnelheden tijdens de proef vast te stellen (Testo 0560 4353, zie bijlage A);
- 3 camera's om het verloop van de proef vast te leggen (te bedienen door de observanten);
- Genummerde veiligheidshesjes voor de deelnemers;
- Gehoorbescherming voor de deelnemers;
- Klemborden, formulieren, pennen e.d.;
- Toiletwagen in westbuis tunnel ten behoeve van deelnemers.

3 Deelnemers proef

3.1 Populatie tunnelgebruikers

De populatie van weggebruikers in een tunnel is niet geheel hetzelfde als de populatie van inwoners van Nederland. De voornaamste afwijking is, dat de inzittenden van een voertuig geen aselechte steekproef uit de Nederlandse bevolking vormen. Ten minste één van de inzittenden (de bestuurder) moet immers 18 jaar of ouder zijn om over een rijbewijs te beschikken. Aangezien het aantal inzittenden in een voertuig gemiddeld laag is (ongeveer 1,5 persoon per personenauto en 1 persoon per vrachtwagen) zal de groep van personen van 18 jaar en ouder binnen de populatie van tunnelgebruikers relatief groot zijn.

Ter illustratie: onderstaande tabellen geven de leeftijdsopbouw van de bevolking van Nederland, respectievelijk de leeftijdsopbouw van de mensen die in Nederland een rijbewijs bezitten (bron: CBS).

Nederlandse Bevolking (2007)				
Leeftijdscategorie	Aantal Mannen	Aantal Vrouwen	Aantal Mannen + Vrouwen	% van Totale Bevolking
0 tot 15 jaar	1.513.720	1.444.895	2.958.615	18,1%
15 tot 25 jaar	998.821	965.702	1.964.523	12,0%
25 tot 45 jaar	2.346.769	2.316.156	4.662.925	28,5%
45 tot 65 jaar	2.217.144	2.186.433	4.403.577	26,9%
65 jaar of ouder	1.012.060	1.356.292	2.368.352	14,5%
TOTAAL	8.088.514	8.269.478	16.357.992	100%

Mensen in Nederland in bezit van een Rijbewijs (2007)				
Leeftijdscategorie	Aantal Mannen	Aantal Vrouwen	Aantal Mannen + Vrouwen	% Totale aantal mensen met Rijbewijs
0 tot 15 jaar	0	0	0	0,0%
15 tot 25 jaar	425.498	384.349	809.847	7,9%
25 tot 45 jaar	2.149.640	1.984.946	4.134.586	40,2%
45 tot 65 jaar	2.092.984	1.790.689	3.883.673	37,8%
65 jaar of ouder	834.950	618.469	1.453.419	14,1%
TOTAAL	5.503.072	4.778.453	10.281.524	100%

Een tweede afwijking is, dat niet iedereen in Nederland over een auto beschikt. De populatie van niet-autobezitters zal wellicht (?) relatief minder vaak door een tunnel rijden dan de populatie autobezitters, maar kan wel gebruik maken van een tunnel als inzittende van een voertuig (bijrijder) of als bestuurder van een geleend of gehuurd voertuig. Uit de statistieken blijkt, dat mensen met een rijbewijs merendeels zelf actief deelnemen aan het verkeer, zowel mannen als vrouwen (bron: CBS).

Geslacht	Persoonskenmerken	Verkeersdeelname [%]	Gebruik openbaar vervoer [%]
Mannen en Vrouwen	Wel rijbewijs en soms auto beschikbaar	80%	9,6%
	Wel rijbewijs en autobezitter	82%	3,4%
Mannen	Wel rijbewijs en soms auto beschikbaar	79,4%	10,6%
	Wel rijbewijs en autobezitter	81,5%	3,3%
Vrouwen	Wel rijbewijs en soms auto beschikbaar	80,3%	9%
	Wel rijbewijs en autobezitter	83,8%	3,4%

Een derde afwijking is, dat mensen met tunnelvrees zo min mogelijk gebruik zullen maken van een tunnel.

Er zijn meer afwijkingen te bedenken, maar al met al wordt aangenomen dat de leeftijdsopbouw van de weggebruikers (bestuurders en overige inzittenden van de voertuigen) ergens het midden houdt tussen de leeftijdsopbouw van de Nederlandse bevolking en de leeftijdsopbouw van de mensen met een rijbewijs.

Dit resulteert in het volgende beeld:

Leeftijdopbouw weggebruikers	
Leeftijdcategorie	Aandeel [%]
0 tot 15 jaar	0 tot 18%
15 tot 25 jaar	8 tot 12%
25 tot 45 jaar	29 tot 40%
45 tot 65 jaar	27 tot 38%
65 jaar of ouder	14 tot 15%

Uit praktische overwegingen is er voor gekozen om voor deze proef deelnemers te werven onder Rijkswaterstaat-collega's. Bij de werving (zie paragraaf 3.3) werden deze collega's aangemoedigd om ook vrienden, kennissen en familieleden tot deelname te bewegen, zodat ook jongeren (< 25 jaar) en ouderen (> 65 jaar) in zekere mate in de deelnemerpopulatie vertegenwoordigd zouden zijn.

Omdat de proef in de late avond plaatsvond (in verband met de hiervoor noodzakelijke afsluiting van de tunnel) was de verwachting dat de vertegenwoordiging van jonge kinderen (< 10 jaar) niet representatief zou zijn. Daar staat tegenover dat jonge kinderen altijd reizen onder begeleiding, zodat ze geholpen zouden kunnen worden als het moeite kost om bijvoorbeeld een vluchtdeur te passeren. Bij de interviews met de deelnemers is daarom rekening gehouden met dit aandachtspunt, door te vragen of men bij een bepaalde lichtsnelheid nog in staat zou zijn geweest om anderen/kinderen te helpen.

3.2 Benodigde aantal deelnemers

In feite was het selecteren van deelnemers voor de proef het nemen van een steekproef uit de populatie van weggebruikers. Om representatieve resultaten te krijgen (lees: om resultaten met enige nauwkeurigheid en betrouwbaarheid te krijgen) was een bepaald aantal deelnemers nodig.

Voor het bepalen van de benodigde omvang van de steekproef is gebruik gemaakt van de volgende formule, die geldt voor een niet-eindige populatie (waarvan hier sprake is, omdat de populatie bestaat uit miljoenen mensen):

$$N = p\% \times q\% \times [z : e\%]^2$$

Hierin is:

- N = de minimaal benodigde omvang van de steekproef;
- p = het percentage van een gespecificeerde categorie binnen de steekproef, in dit geval bijvoorbeeld het percentage van de deelnemers dat naar verwachting tegen een bepaalde luchtsnelheid in kan lopen;
- q = het percentage dat niet tot de gespecificeerde categorie behoort, in dit geval bijvoorbeeld het percentage van de proefpersonen dat naar verwachting niet tegen een bepaalde luchtsnelheid in kan lopen;
- z = de z-waarde die bij de Normale Verdeling (Gauss-kromme) bij het vereiste betrouwbaarheidsniveau hoort: z = 1,96 voor 95%; z = 1,65 voor 90%; z = 1,44 voor 85%; z = 1,28 voor 80%;
- e = de toegestane foutenmarge (percentage).

In de onderstaande tabel is de benodigde omvang van de steekproef berekend voor verschillende waarden voor p,q, z en e.

		p= 80 q = 20	p = 70 q = 30	p = 60 q =40	p = 50 q = 50
95% z = 1,96	e = 3	683	896	1.024	1.067
95% z = 1,96	e = 5	246	323	369	384
95% z = 1,96	e = 10	61	81	92	96
90% z = 1,65	e = 3	484	635	726	756
90% z = 1,65	e = 5	174	229	261	272
90% z = 1,65	e = 10	44	57	65	68
85% z = 1,44	e = 3	369	484	553	576
85% z = 1,44	e = 5	133	174	199	207
85% z = 1,44	e = 10	33	44	50	52
80% z = 1,28	e = 3	291	382	437	455
80% z = 1,28	e = 5	105	138	157	164
80% z = 1,28	e = 10	26	34	39	41

Uit de tabel blijkt dat de minimale steekproefomvang ergens ligt tussen de 60 en 100 personen, om nog enigszins bruikbare resultaten te krijgen.

Bij het bepalen van de steekproef had ook nog rekening kunnen worden gehouden met de persoonsgegevens die naar verwachting van grote invloed zijn op het vermogen van iemand om tegen een bepaalde luchtstroming in te bewegen, zoals leeftijd, geslacht, lengte, gewicht en gezondheidstoestand. Met andere woorden, er had gericht per categorie mensen een steekproef kunnen worden genomen, gebaseerd op het aandeel van de betreffende categorie in de totale populatie, om te verzekeren dat de betreffende categorie voldoende zou zijn vertegenwoordigd in de steekproef (gestratificeerde steekproef). Bij een aselechte steekproef heb je namelijk in theorie de kans dat je toevallig allemaal mannen selecteert, of allemaal mensen ouder dan bijvoorbeeld 50 jaar. Bij een gestratificeerde steekproef wordt dit risico vermeden, zodat in feite ook zou kunnen volstaan met een kleiner aantal deelnemers dan bepaald met de voorgenoemde formule. Nadeel daarvan was echter, dat gericht deelnemers hadden moeten verworven in bepaalde specifieke doelgroepen, wat organisatorisch lastig(er) zou zijn geweest. Er is daarom niet gekozen voor een gestratificeerde steekproef. Consequentie hiervan is, dat er minder betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan over bepaalde categorieën binnen de testpopulatie, bijvoorbeeld een specifieke leeftijdscategorie.

3.3 Werving deelnemers

Zoals gezegd zijn de deelnemers voor de proef geworven onder de Rijkswaterstaat-collega's, waarbij deze werden aangemoedigd om ook vrienden, kennissen en familieleden tot aanmelding te bewegen.

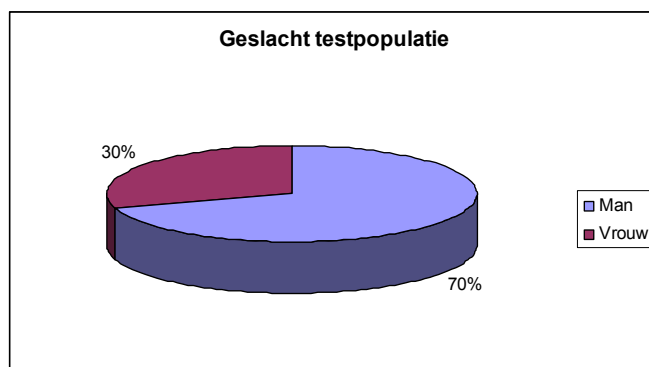
De collega's zijn benaderd via de e-mail, met de in bijlage B opgenomen uitnodiging tot deelname. Na aanmelding ontvingen de deelnemers een korte bevestiging (e-mail) en een week voor aanvang van de proef een definitieve bevestiging met nadere instructies, eveneens per e-mail, zie bijlage C.

3.4 Kenmerken deelnemers

Er hebben in totaal 107 personen deelgenomen aan de proef (exclusief begeleiders e.d.). De jongste deelnemer was 9 jaar (vrouw), de oudste 70 jaar (man).

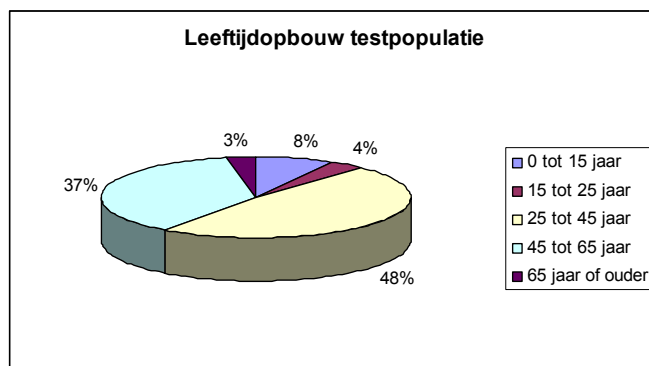
De algemene kenmerken van de deelnemers zijn samengevat in de navolgende tabellen en diagrammen.

Geslacht	Aantal	Percentage testpopulatie	Percentage in totale populatie
Man	75	70%	49 tot 53%
Vrouw	32	30%	47 tot 51%
Totaal	107	100%	100%



Figuur 10: Geslacht testpopulatie

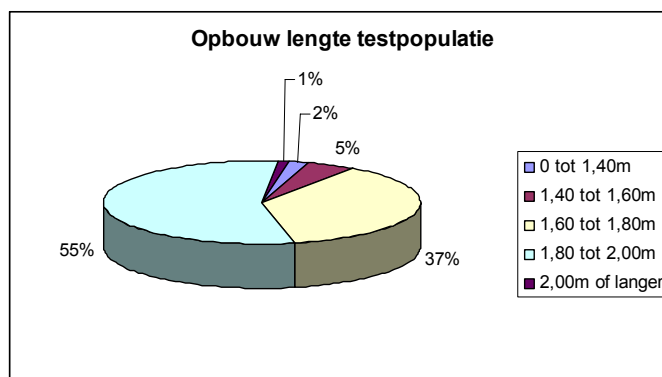
Leeftijdscategorie	Aantal	Percentage testpopulatie	Percentage in totale populatie
0 tot 15 jaar	9	8%	0 tot 18%
15 tot 25 jaar	4	4%	8 tot 12%
25 tot 45 jaar	51	48%	29 tot 40%
45 tot 65 jaar	40	37%	27 tot 38%
65 jaar of ouder	3	3%	circa 14%
Totaal	107	100%	100%



Figuur 11: Leeftijdopbouw testpopulatie

Lengtecategorie	Aantal	Percentage testpopulatie
0 tot 1,40m	2	2%
1,40 tot 1,60m	5	5%
1,60 tot 1,80m	40	37%
1,80 tot 2,00m	59	55%
2,00m of langer	1	1%
Totaal	107	100%

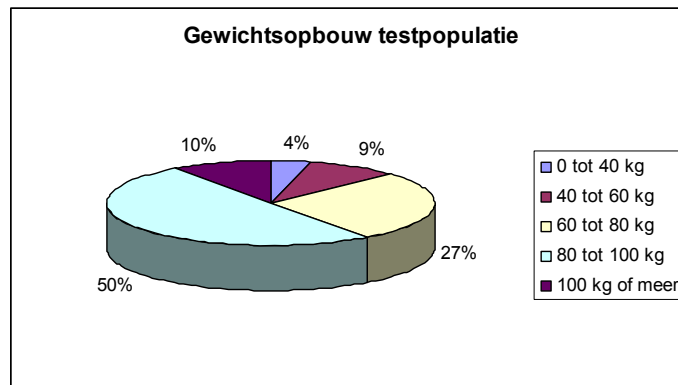
Gemiddelde lengte mannen testpopulatie: 1,83m
 Gemiddelde lengte Nederlandse mannen: 1,81m (2011)
 Gemiddelde lengte vrouwen testpopulatie: 1,68m
 Gemiddelde lengte Nederlandse vrouwen: 1,68m (2011)



Figuur 12: Opbouw lengte testpopulatie

Gewichtscategorie	Aantal	Percentage testpopulatie
0 tot 40 kg	4	4%
40 tot 60 kg	10	9%
60 tot 80 kg	29	27%
80 tot 100 kg	53	50%
100 kg of zwaarder	11	10%
Totaal	107	100%

Gemiddelde gewicht mannen testpopulatie: 85 kg
 Gemiddelde gewicht Nederlandse mannen: 84 kg (2011)
 Gemiddelde gewicht vrouwen testpopulatie: 64 kg
 Gemiddelde gewicht Nederlandse vrouwen: 70 kg (2011)



Figuur 13: Gewichtsofbouw testpopulatie

Functiebeperkingen

In totaal 5 deelnemers (circa 5%) hadden een functiebeperking, respectievelijk: knieklachten (2 personen), enkel vastgezet, hart-/vaatziekte, slechtziend (geleidehond).

Conclusie

Al met al kan worden geconcludeerd dat de deelnemers een redelijke afspiegeling vormden van de totale populatie weggebruikers in tunnels, met de volgende kanttekeningen:

- De vrouwen waren ondervertegenwoordigd;
- De leeftijdscategorieën 15 tot 25 jaar respectievelijk 65 jaar of ouder waren ondervertegenwoordigd;
- De leeftijdscategorie 25 tot 45 jaar was oververtegenwoordigd.

4 Resultaten

4.1 Meetwaarden

De tijdens de proef gemeten luchtsnelheden in de tunnel zijn samengevat in bijlage E.

4.2 Eerste onderdeel proef: passage vluchtdeur

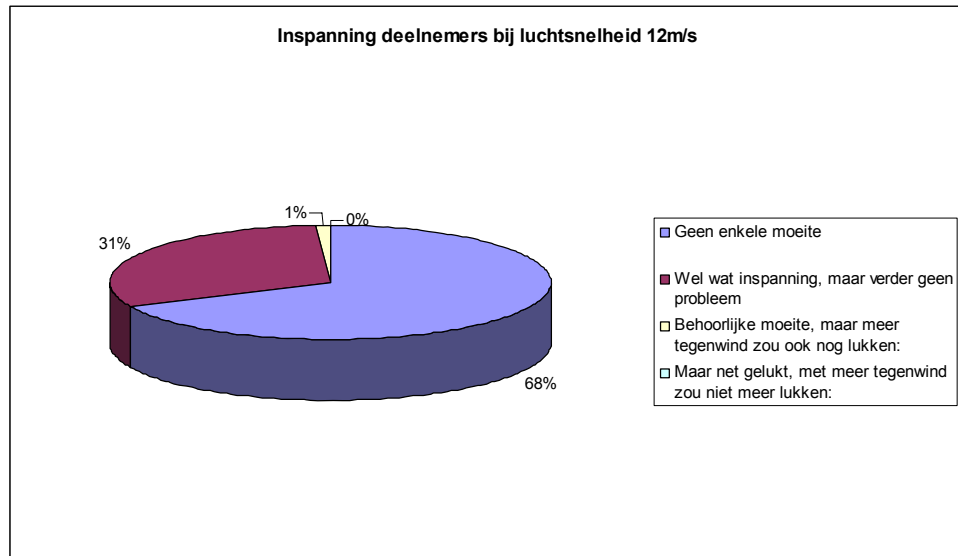
Luchtsnelheid 12m/s

Bij het eerste onderdeel van de proef zijn alle deelnemers er in geslaagd de vluchtdeur te passeren bij een luchtsnelheid van 12m/s.

Gegeven deze score kunnen we op basis van de formule in paragraaf 3.2 dus met een betrouwbaarheid van ongeveer 95% vaststellen dat 98 tot 100% van de populatie van (zelfredzame) weggebruikers in tunnels in staat is een (geopende) vluchtdeur te passeren bij deze luchtsnelheid⁶.

Uit de door de deelnemers ingevulde vragenlijsten blijkt, dat het overgrote merendeel van de deelnemers geen enkele moeite had met het passeren van de vluchtdeur (68%) of enige inspanning moest verrichten, zonder daarbij problemen te ondervinden (31%).

Een zeer kleine minderheid (1%) gaf aan behoorlijke moeite te hebben gehad met het passeren van de vluchtdeur, maar dat het desalniettemin met meer tegenwind ook nog wel zou zijn gelukt.

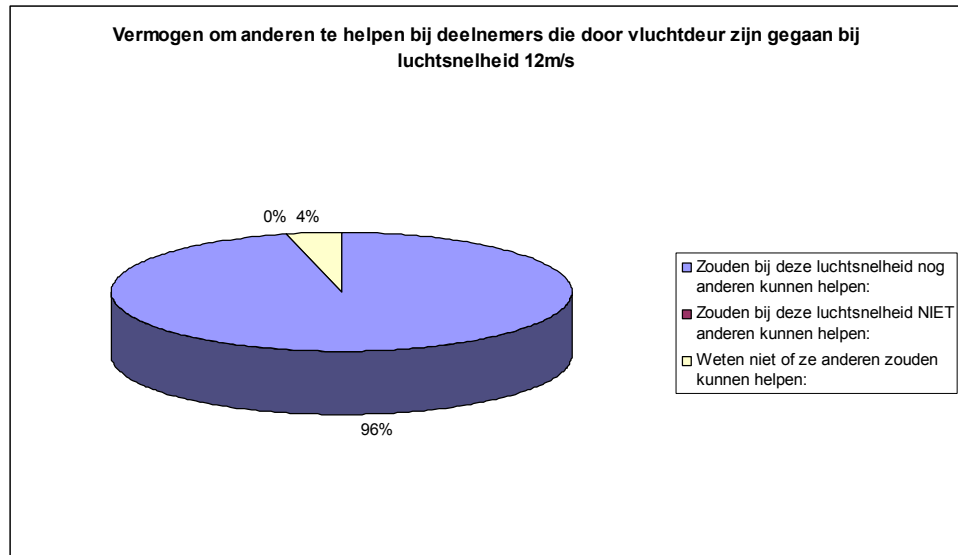


Figuur 14: Inspanning deelnemers bij luchtsnelheid 12m/s

⁶ $p = 99\%$ (lees: 100%), $z = 1,96$ en $e = 2\%$

De mannelijke deelnemers leverden gemiddeld genomen iets minder inspanning dan de vrouwelijke deelnemers (zie bijlage F.1).

Het overgrote deel van de deelnemers (96%) gaf aan bij deze luchtsnelheid nog in staat te zijn om andere mensen te helpen, mocht dit nodig zijn.



Figuur 15: Vermogen om anderen te helpen bij deelnemers die door vluchtdeur zijn gegaan bij luchtsnelheid 12m/s

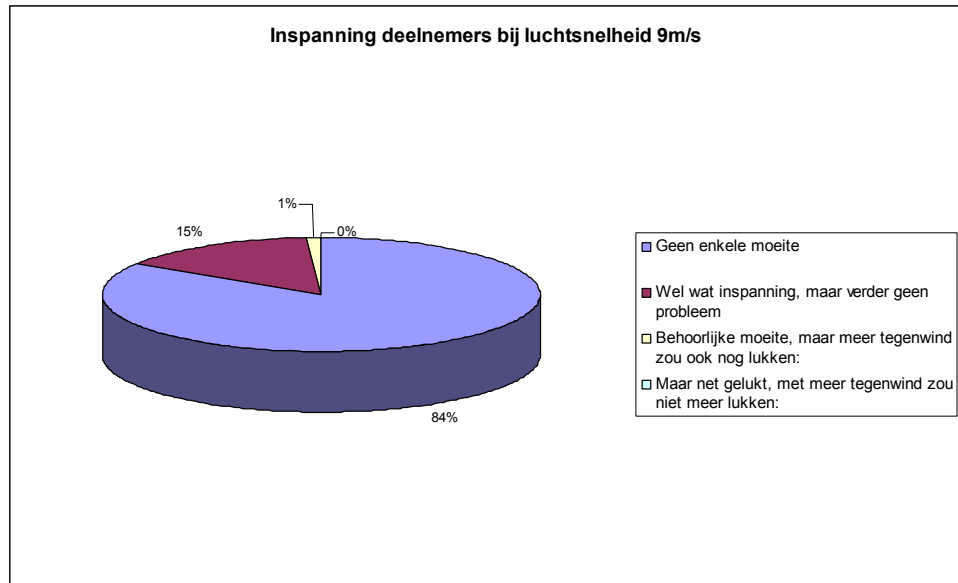
Kanttekening bij de resultaten is, dat de vluchtdeur noodzakelijkerwijs al volledig open was, omdat de deur vanwege het grote drukverschil tussen het MTK en de tunnelbuis niet door de deelnemers zou kunnen worden geopend. Dit betekent dat het resultaat van de proef niet geheel representatief is voor de werkelijke situatie, waarbij de deur wel moet worden geopend, omdat:

- Het openen van de deur ook kracht kost, naast het passeren van de deur tegen de luchtstroom in;
- De luchtstroom bij het openen van de deur sterker is dan 12m/s, omdat de opening bij een onvolledig geopende deur kleiner is dan bij een volledig geopende deur.

Gegeven de terugkoppeling van de deelnemers over de geleverde inspanning, is het echter aannemelijk dat men er ook in zou zijn geslaagd om de vluchtdeur te passeren als men deze had moeten openen. Randvoorwaarde is daarbij uiteraard wel dat het openen van de deur geen bovenmatige inspanning mag kosten, dus dat de benodigde openingskracht kleiner is dan 100N, conform de eis gesteld in de VRC en de RWS-tunnelstandaard.

Luchtsnelheid 9m/s

Conform verwachting (gegeven de resultaten bij 12m/s) slaagden alle deelnemers er ook bij een luchtsnelheid van 9m/s in om de vluchtdeur te passeren. Eveneens conform verwachting kost dit volgens de deelnemers minder inspanning dan bij een luchtsnelheid van 12m/s.



Figuur 16: Inspanning deelnemers bij luchtsnelheid 9m/s

De mannelijke deelnemers leverden wederom gemiddeld genomen iets minder inspanning dan de vrouwelijke deelnemers (zie bijlage F).

Het aantal deelnemers dat aangeeft dat men bij deze luchtsnelheid andere mensen zou kunnen helpen, mocht dit nodig zijn, is hetzelfde als bij 12m/s (96%).

Ook hier geldt de kanttekening dat de vluchtdeur al open stond, en dat de deelnemers de deur dus niet hoefden te openen.

Luchtsnelheid 6m/s

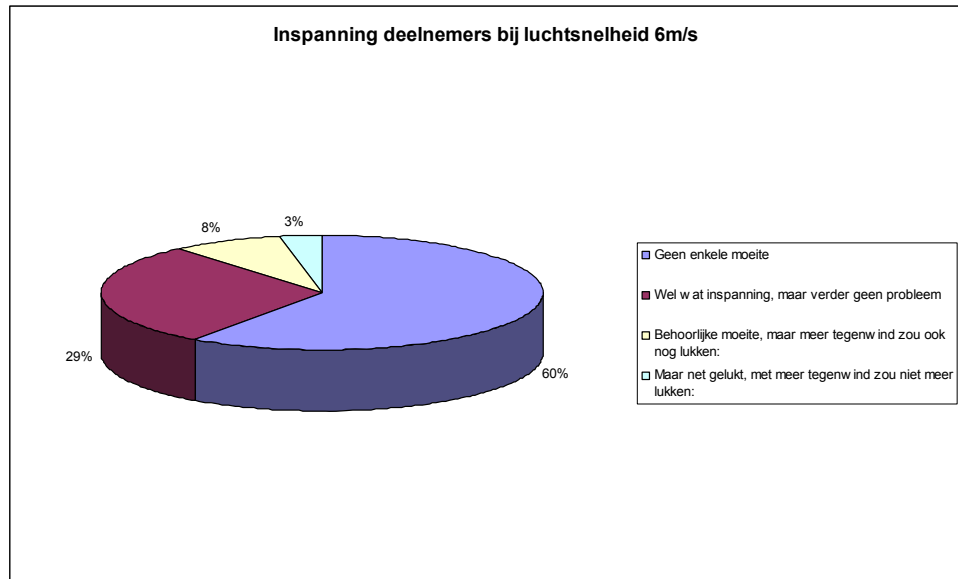
Bij dit onderdeel maakte het openen van vluchtdeur wel deel uit van de proef, wat mogelijk was omdat het optredende drukverschil tussen het MTK en de tunnelbuis lager was dan bij 12m/s en 9m/s.

De deelnemers passeerden de vluchtdeur in koppels van twee, waarbij de eerste deelnemer de deur opende en de tweede deelnemer volgde door de geopende deur. Zo kon worden nagegaan wat de invloed is van het openen van de deur op de te leveren inspanning om de deur te passeren.

Het openen van de deur bleek bij veel respondenten zeer veel moeite te kosten. Hoewel de benodigde openingskracht niet is gemeten (dit was geen onderdeel van de proef) kan op basis van de waarnemingen toch worden geconcludeerd dat er niet

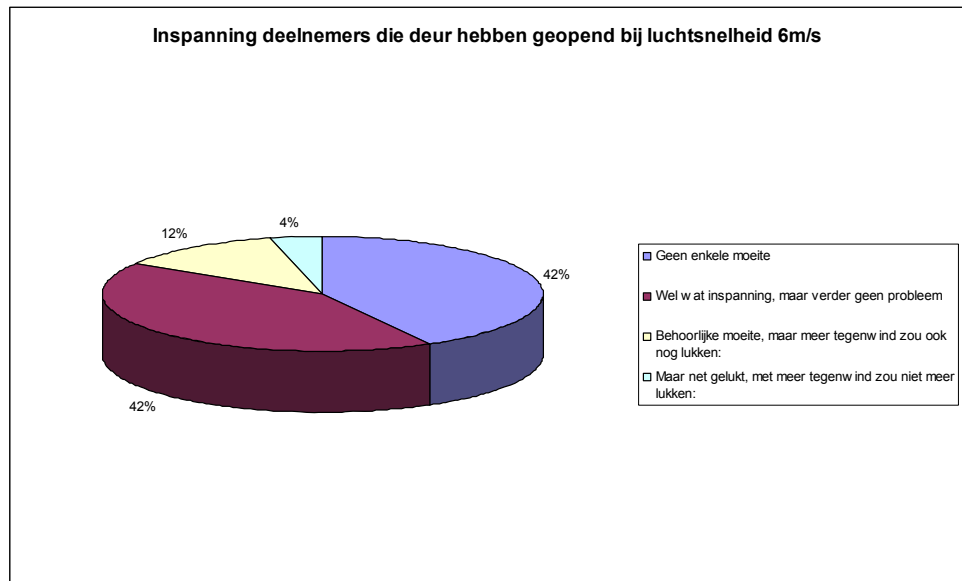
werd voldaan aan de eis dat de deur door 99% van de deelnemers zonder noemenswaardige moeite kan worden geopend. De benodigde openingskracht was daarom vrijwel zeker groter dan 100N.

Uit de antwoorden van de deelnemers blijkt, dat men bij dit onderdeel van de proef meer moeite had met het passeren de vluchtdeur dan bij de eerdere onderdelen, ondanks het feit dat de luchtsnelheid bij het onderhavige onderdeel lager was.



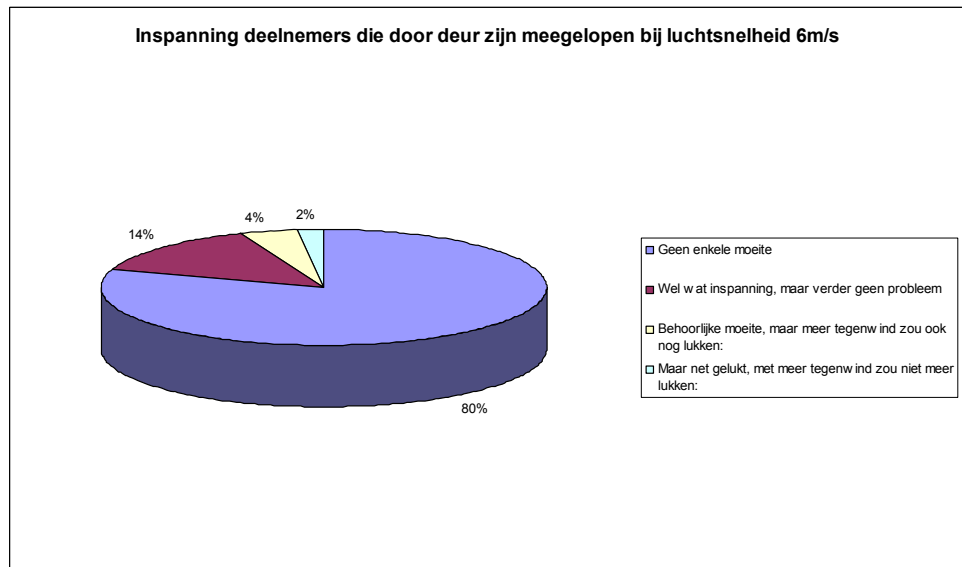
Figuur 17: Inspanning deelnemers bij luchtsnelheid 6m/s

Als onderscheid wordt gemaakt tussen de mensen die zelf de deur hebben geopend (al dan niet met hulp van een begeleider) en de mensen die zijn meegelopen door de deur, dan blijken de antwoorden van beide groepen sterk te verschillen.



Figuur 18: Inspanning deelnemers die deur hebben geopend bij lichtsnelheid 6m/s

De mensen die de deur zelf hebben geopend, geven aan veel meer moeite gehad te hebben dan de mensen die zijn meegelopen.



Figuur 19: Inspanning deelnemers die door deur zijn meegelopen bij lichtsnelheid 6m/s

De antwoorden van de mensen die zijn meegelopen zijn vergelijkbaar met de antwoorden bij der situatie met een luchtsnelheid van 9m/s, toen de deur open stond en dus niet hoefde te worden geopend. Dit doet vermoeden dat de antwoorden van de groep die de deur heeft geopend (en wellicht deels ook de antwoorden van de groep die is meegelopen) zijn beïnvloed door de moeite die men heeft moeten doen om de deur te openen, terwijl de vraag ging over de moeite die men had om tegen de wind in door de deur te gaan. Het is echter ook mogelijk dat er bij het openen van de deur een andere luchtstroming wordt ervaren (dan bij een al geopende deur), wat het passeren van de deur lastiger zou kunnen maken. Dat zou bijvoorbeeld kunnen omdat de stroming door een nog niet geheel geopende deur sterker is dan door een volledig geopende deur. Er zijn door de respondenten echter geen opmerkingen gemaakt over dit effect⁷.

Om nader te analyseren in welke mate de deelnemers tijdens het openen van de deur zijn blootgesteld aan de luchtstroming door de deuropening, zijn de filmbeelden van de proef nader geanalyseerd.

Er zijn, gebaseerd op de mate van blootstelling aan de luchtstroom, grofweg 4 methoden waargenomen waarop de deelnemers de deur openen:

1. De deelnemer blijft staan aan linker zijde deuropening, beweegt de deur naar rechts en gaat door de deur voordat deze geheel is geopend.
2. Idem, maar de deelnemer opent de deur volledig voordat hij/zij door de deur gaat.
3. De deelnemer beweegt met de deur mee naar rechts bij het openen, blijft als zodanig "uit de wind" en gaat door de deur voordat deze geheel is geopend.
4. Idem, maar deelnemer opent de deur volledig voordat hij/zij door de deur gaat (waarbij hij/zij aan de wind wordt blootgesteld vanaf het moment dat de deur voor meer dan de helft is geopend).

De verdeling van de populatie deelnemers over deze categorieën was als volgt:

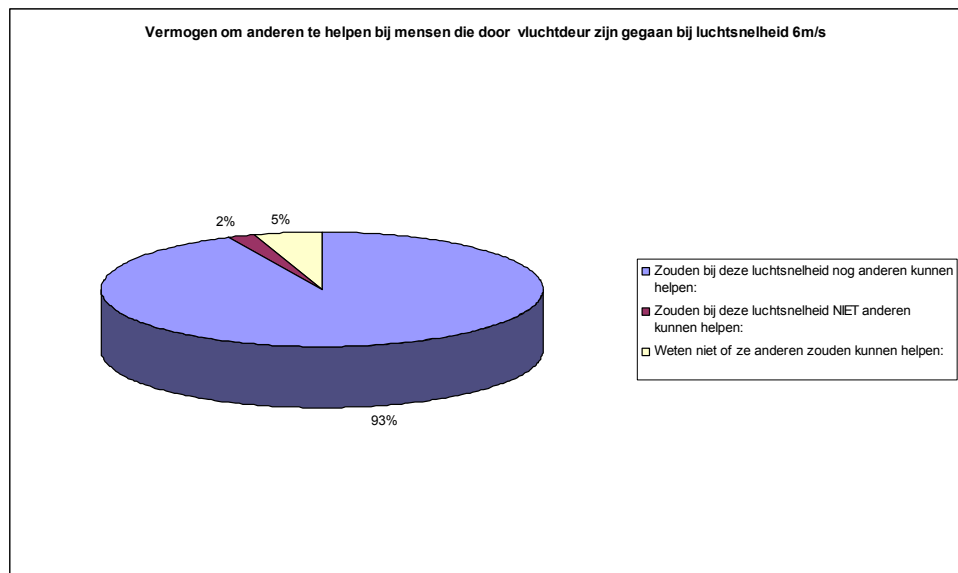
		Deelnemer	
		Blijft staan	Beweegt mee met deur
Deur	Niet helemaal open	6%	37%
	Helemaal open	7%	50%

Figuur 20: Door deelnemers gehanteerde methoden om vluchtdeur te openen

⁷ Wel is veelvuldig door de deelnemers gemeld dat men in het MTK druk(verschil) voelde op de oren (zie bijlage F), terwijl men daar bij de eerdere onderdelen van de proef geen last van had gehad. Dit is terug te voeren op het openen en sluiten van de vluchtdeur die voor de proef werd gebruikt, waardoor het niveau van overdruk in het MTK "schommelt".

Het merendeel van de deelnemers (50 + 37 = 87%) had bij het openen van de deur dus nog enige beschutting van de deur, waardoor er geen sprake was van blootstelling aan de hoge luchtstromen die optreden in de beginfase van het openen van de deur. Dit lijkt de eerder geformuleerde conclusie te versterken dat men ook nog in staat is om een deur te passeren bij een luchtsnelheid van 12m/s als de deur eerst moet worden geopend (mits de benodigde kracht om de deur te openen niet groter is dan 100N). Hierbij dient echter de kanttekening te worden gemaakt dat de deelnemers aan de proef bij elkaar konden waarnemen hoe de deur het beste kon worden geopend, en dat de waarnemingen dus niet representatief hoeven te zijn voor een werkelijke situatie.

Het percentage deelnemers dat aangeeft bij deze luchtsnelheid nog andere mensen te kunnen helpen is min of meer vergelijkbaar met de percentages bij de hogere luchtsnelheden (12m/s en 9m/s), maar iets lager. Ook dit zou kunnen komen door de moeite die men heeft de deur te openen.



Figuur 21: Vermogen om anderen te helpen bij deelnemers die door vluchtdeur zijn gegaan bij luchtsnelheid 6m/s

4.3 Tweede onderdeel proef: totale vluchtroute

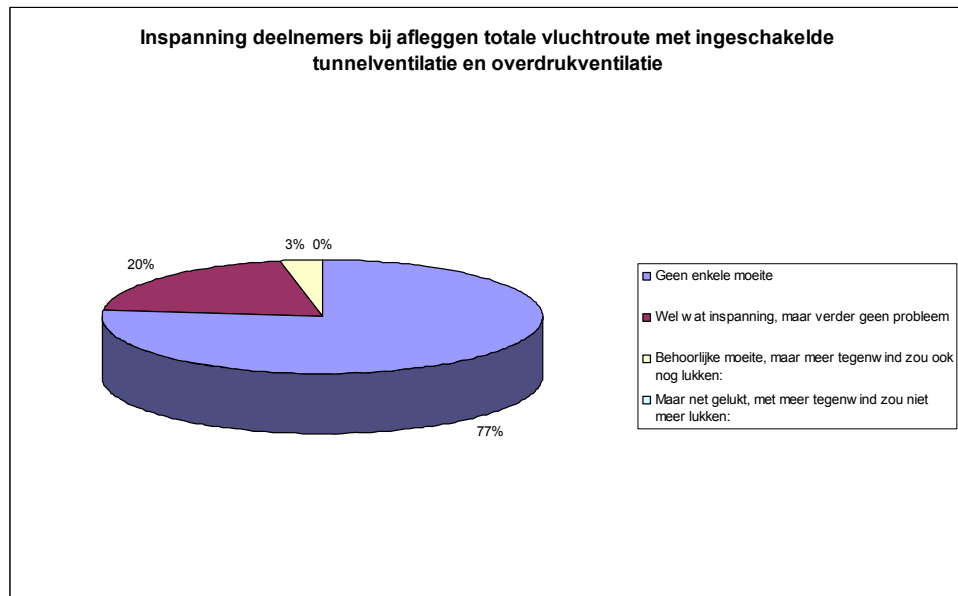
Bij het tweede onderdeel van de proef zijn alle deelnemers er in geslaagd de totale vluchtroute af te leggen bij ingeschakelde tunnelventilatie en overdrukventilatie MTK. Daarbij bedroeg de gemiddelde tegenwind:

- Bij de loop naar de vluchtdeur (100m): 8,10m/s;
- Bij de passage van de vluchtdeur: 11,93m/s;
- Bij de loop door het MTK naar de kopdeur (circa 340m): 3,5m/s.

Gegeven deze score kunnen we op basis van de formule in paragraaf 3.2 dus met een betrouwbaarheid van ongeveer 95% vaststellen dat 98 tot 100% van de

populatie van (zelfredzame) weggebruikers in tunnels in staat is de totale vluchtroute af te leggen bij deze luchtsnelheden (en een al geopende vluchtdeur)⁸.

Uit de ingevulde vragenlijsten blijkt, dat het overgrote merendeel van de deelnemers hier geen enkele moeite mee had (77%) of enige inspanning had moeten verrichten zonder daarbij problemen te ondervinden (20%). Een zeer kleine minderheid (3%) gaf aan behoorlijke moeite te hebben gehad met het afleggen van de vluchtroute, maar dat het desalniettemin met meer tegenwind ook nog wel zou zijn gelukt.



Figuur 22: Inspanning deelnemers bij afleggen totale vluchtroute met ingeschakelde tunnelventilatie en overdrukventilatie

De mannelijke deelnemers leverden gemiddeld genomen iets minder inspanning dan de vrouwelijke deelnemers (zie bijlage F.2).

Uit de antwoorden van de deelnemers blijkt, dat men (volgens eigen zeggen) minder moeite had met het afleggen van de totale vluchtroute dan met het alleen passeren van de vluchtdeur bij een luchtsnelheid van 12m/s.

Bij het afleggen van de totale vluchtroute trad ook een luchtsnelheid door de vluchtdeur op van 12m/s, maar moest men een veel langere weg afleggen, bovendien met tegenwind in de tunnelbuis en tegenwind in het MTK. De verwachting was dus dat men naar eigen zeggen meer moeite zou hebben met de totale vluchtweg dan met het alleen passeren van de vluchtdeur (in plaats van omgekeerd).

⁸ p = 99% (lees: 100%), z = 1,96 en e = 2%

Enkele deelnemers noemen wel dat de luchtstroming bij de vluchtdeur hinderlijker is bij ingeschakelde tunnelventilatie dan zonder tunnelventilatie ("turbulentie", "verassende luchtstroming bij deur", "meer moeite dan zonder tunnelventilatie" e.d.).

Mogelijke verklaringen voor de ogenschijnlijk inconsistente resultaten zouden verder kunnen zijn:

- Na 3 keer is er een zekere gewenning opgetreden voor wat betreft de moeite die het kost de vluchtdeur te passeren c.q. de vluchtroute af te leggen;
- Na het openen van de vluchtdeur bij het voorlaatste onderdeel van de proef, lijkt het afleggen van de totale vluchtweg (waarbij de vluchtdeur niet hoeft te worden geopend) minder inspanning te kosten.

Het verschil in uitkomsten is overigens beperkt, want het betreft een verschuiving van "Wel wat inspanning, maar verder geen probleem" naar "Geen enkele moeite".

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Tijdens de praktijkproef is gebleken dat de deelnemers de vluchtroute nog hebben kunnen afleggen bij de volgende lichtsnelheden:

- In de tunnelbuis: 8,10m/s;
- Door de opening van een volledig geopende vluchtdeur: 12m/s;
- In het middentunnelkanaal (MTK): 3,5m/s.

Een beperking van deze resultaten is, dat de vluchtdeuren tijdens de proef niet of zeer moeilijk door de deelnemers konden worden geopend. Hierdoor kon de luchtstroming die optreedt tijdens het openen van de deur niet worden gereproduceerd in de situaties met een lichtsnelheid van 12m/s of 9m/s door een geheel geopende deur.

Desalniettemin is met de resultaten van de proef (zowel de objectieve waarnemingen als de subjectieve reacties van de deelnemers) aannemelijk gemaakt dat bovengenoemde lichtsnelheden nog acceptabel zijn.

In de tunnelstandaard zijn momenteel geen eisen gesteld aan de maximaal toelaatbare lichtsnelheid in de tunnelbuis. De tijdens de proef gemeten lichtsnelheid komt qua orde van grootte overeen met eerdere metingen in andere tunnels, bij een situatie in een lege tunnelbuis zonder brand.

Met betrekking tot de maximaal toelaatbare lichtsnelheid door de vluchtdeuropening en in het MTK zijn wel eisen gesteld in de tunnelstandaard:

- 6,5m/s door de deuropening bij een volledig geopende vluchtdeur;
- 2m/s in het MTK.

Uit de resultaten van de proef blijkt dat deze eisen conservatief zijn gesteld.

5.2 Aanbevelingen

Er wordt geadviseerd geen nadere eisen te stellen aan de maximaal toelaatbare lichtsnelheid in de tunnelbuis. De eisen aan de lichtsnelheid in de tunnelbuis zijn gericht op het voorkomen van backlayering bij een grote brand. De ventilatiecapaciteit in een tunnelbuis wordt hierop ontworpen. Indien er sprake is van een grote brand zal de lichtsnelheid in de tunnelbuis altijd significant lager zijn dan de lichtsnelheid in een lege tunnelbuis zonder brand.

Verder wordt aanbevolen de volgende eisen te hanteren met betrekking tot de maximaal toelaatbare lichtsnelheden door de vluchtdeuropening en in het MTK, c.q. de Veilige Ruimte:

- BSTTI#10027: De overdruk dient zodanig te worden gerealiseerd, dat de lichtsnelheid in de Veilige Ruimte gemiddeld nergens hoger is dan:
 - o 2m/s bij branden met een vermogen kleiner of gelijk aan 25MW;
 - o 5m/s bij branden met een vermogen groter dan 25MW.

- BSTTI#10028: De overdruk dient zodanig te worden gerealiseerd, dat de gemiddelde luchtsnelheid over een geopende vluchtdeur nergens hoger is dan:
 - o 6,5m/s bij branden met een vermogen kleiner of gelijk aan 25MW;
 - o 12m/s bij branden met een vermogen groter dan 25MW.

Deze aanbeveling houdt in dat de huidige eisen worden gehandhaafd voor kleine branden, waarbij de thermodynamische effecten geringer zijn dan bij grote branden. Bij kleine branden is het daarom geen probleem om aan de huidige eisen te voldoen en verdient het de voorkeur de luchtsnelheden niet hoger te laten zijn dan noodzakelijk, om het vluchtproces optimaal te faciliteren. Bij grote branden is het niet altijd mogelijk om aan de huidige eisen te voldoen, zie paragraaf 1.1. Voor deze gevallen moeten de eisen dus worden verruimd. De maximaal toelaatbare luchtsnelheden zijn daarbij gebaseerd op de resultaten van de proef.

Strikt genomen is met de praktijkproef niet aangetoond dat een luchtsnelheid van 5m/s in het MTK toelaatbaar is, aangezien bij de testsituatie sprake was van een luchtsnelheid van 3,5m/s, maar op basis van de respons op de vragenlijsten is het voldoende aannemelijk dat een luchtsnelheid van 5m/s ook nog toelaatbaar is.

De toelaatbaarheid van luchtsnelheid van 12m/s over een geopende vluchtdeur is voldoende aangetoond door de proef. Omdat hier een samenhang is met de benodigde inspanning om de vluchtdeur te openen en omdat de luchtsnelheid bij een nog niet geheel geopende deur groter is dan 12m/s, wordt aanbevolen de waarde van 12m/s ook als absoluut maximum te beschouwen.

Het belang van de eis dat de benodigde openingskracht van een vluchtdeur niet groter mag zijn dan 100N wordt hiermee nog eens onderstreept.

Bijlage A Certificaat gebruikte velometer



Certificaatnr.: 1205091

Kalibratiecertificaat 0635 9335

Firmanaam: Novenco B.V.	Deb. nr.: 1092662	Kalibratiedatum: 05-06-12
Plaats: BERGSCHENHOEK	Onze order: 21303186	Herkalibratie: 05-06-13
Persoon: W.H. Schrik	Uw order: S/4012 1161	

Apparaat:	Type nr.:	Prod. datum:	Serie nr.:	Gebruiker(snr.):
Meetapparaat:	0560 4353	feb 09	01645575	6-1
Voeler:	0635 9335	feb 09	10185256	6-2

Meetresultaten kalibratie op kanaal: 1

Aangeboden luchtsnelheid:	Uitlezing:	Afwijking (abs):	Afwijking (Rdg):	Specificatie*:	(1.1)
2,06 ± 0,09 m/s	2,02 m/s	0,04 m/s	1,98%	± 0,13 m/s	
8,01 ± 0,17 m/s	8,35 m/s	0,34 m/s	4,07%	± 0,22 m/s	
15,00 ± 0,28 m/s	15,67 m/s	0,67 m/s	4,28%	± 0,33 m/s	

* Opgave fabrikant (± 1 digi)

Aangeboden luchtsnelheid:	Uitlezing:	Afwijking (abs):	Afwijking (Rdg):	Specificatie*:	(1.2)
2,06 ± 0,09 m/s	2,03 m/s	0,03 m/s	1,48%	± 0,13 m/s	
8,01 ± 0,17 m/s	8,15 m/s	0,14 m/s	1,72%	± 0,22 m/s	
15,00 ± 0,28 m/s	15,28 m/s	0,28 m/s	1,83%	± 0,33 m/s	

* Opgave fabrikant (± 1 digi)

Omgevingscondities:

Alle kalibraties zijn uitgevoerd in een geconditioneerde ruimte (23°C ± 3°C, 40% ± 30% R.V.)

Gebruikte kalibratie-apparatuur en herleidbaarheden:

De bij de kalibratie gebruikte standaarden zijn herleidbaar naar (inter)nationale standaarden.

Opmerkingen:

(1.1) As found

(1.2) As left

Paraaf uitvoerder:

Dhr. F.H. Otten

Bijlage B Uitnodiging tot deelname proef

Van:

Verzonden: dinsdag 4 september 2012 17:11

Aan:

Onderwerp: Uitnodiging proef Wijkertunnel

-----**UITNODIGING**-----

Doe mee met praktijkproef: "Hoe hard mag het waaien in een tunnel?"

Datum: Vrijdag 28 september 2012 van 20.30 tot 00.30 uur

Locatie: Wijkertunnel, Velsen Zuid

Doel: Vaststellen welke luchtsnelheden / ventilatiestanden nog toelaatbaar zijn bij het vluchten uit een tunnel in een noodsituatie.

Bovenliggend doel: Het verbeteren van de veiligheidsvoorzieningen in een tunnel.

Doelgroep: Belangstellende collega's en hun vrienden, kennissen en familieleden.

Toelichting

In onze rijkstunnels zijn diverse voorzieningen aanwezig om de veiligheid van de weggebruikers te garanderen. Zo is er sprake van diverse ventilatiesystemen in de tunnelbuizen en de vluchtwegen (bijvoorbeeld een middentunnelkanaal) die er voor moeten zorgen dat de mensen in geval van brand rookvrij via een vluchtdeur naar de uitgang kunnen vluchten.

Door het ventileren ontstaan er echter luchtstromingen in de tunnelbuis, door een geopende vluchtdeur en in het middentunnelkanaal. Deze luchtstromingen mogen niet te sterk worden, omdat ze dan de vluchtende mensen zouden kunnen hinderen. Er worden dus eisen gesteld aan de "tegenwind" die je mag ervaren bij het volgen van een vluchtroute. De eisen die RWS momenteel hanteert aan deze tegenwind zijn gebaseerd op expert-inschattingen.

Bij een aantal tunnelprojecten is echter gebleken dat het niet eenvoudig is om tegelijkertijd aan alle eisen te voldoen. Een betere onderbouwing van de eisen is daarom gewenst. Helaas geeft de literatuur niet de onderbouwing die nodig is om na te gaan of we de juiste eisen stellen.

Daarom is vanuit het project Capaciteitsuitbreiding Coentunnel (TCT) besloten om in samenwerking met het Steunpunt Tunnelveiligheid een praktijkproef te organiseren, om de benodigde onderbouwing van de eisen door ervaring vast te stellen.

De Proef

De proef bestaat er uit, dat mensen bij verschillende standen van de tunnelventilatie en de overdrukventilatie in het middentunnelkanaal naar een vluchtdeur lopen, door de vluchtdeur het middentunnelkanaal betreden en via het middentunnelkanaal naar de kopdeur c.q. uitgang lopen. Door middel van waarnemingen en interviews wordt daarbij nagegaan in welke mate de mensen worden gehinderd door de optredende luchtsnelheden. Op basis van de resultaten kunnen wij beter onderbouwde eisen stellen aan de maximaal toegestane luchtsnelheden. Voordeel hiervan is dat we het ontwerp van de (overdruk)ventilatie in een tunnel kunnen verbeteren.

Voor de proef zijn circa 100 proefpersonen nodig. Om op korte termijn te kunnen beschikken over een representatieve groep proefpersonen, hebben wij er voor gekozen om vrijwilligers te werven binnen de gelederen van RWS-collega's en hun directe omgeving. U wordt daarom hierbij van harte uitgenodigd om deel te nemen aan de proef. Als u in uw omgeving mensen kent die ook belangstelling hebben om deel te nemen (vrienden, kennissen, kinderen, opa's, oma's en andere familieleden) zijn deze ook van harte welkom.

Praktisch

De proef vindt plaats in de Wijkertunnel, vanaf 20.30 uur tot uiterlijk 00.30 uur. Vanaf 20.00 uur moet u aanwezig zijn voor registratie van deelname en nadere uitleg van de proef. Voor een hapje en een drankje wordt gezorgd. Naast warme kleren en een jas hoeft u geen bijzondere zaken voor de proef mee te nemen.

Hebt u belangstelling? Dan kunt u zichzelf en/of andere belangstellenden uit uw omgeving aanmelden bij XXXXXXXX via e-mailadres XXXXXX. Ook voor nadere vragen kunt u bij haar terecht.

Vermeldt bij uw aanmelding graag **naam, telefoonnummer** en **e-mailadres** van uzelf en/of eventuele andere kandidaten. U krijgt dan zo spoedig mogelijk nader bericht.

Bij voorbaat hartelijk dank voor uw medewerking.

Met vriendelijke groet,

Michiel Vroon en Ronald Mante

Bijlage C

Definitieve bevestiging deelname proef en nadere instructies

Van:

Verzonden: vrijdag 21 september 2012 11:38

Aan:

Onderwerp: Bevestiging deelname proef Wijkertunnel op vrijdag 28 september 2012

Geachte deelnemer aan de Proef Wijkertunnel,

Met deze mail bevestigen wij definitief uw deelname aan de praktijkproef: "Hoe hard mag het waaien in een tunnel?" in de Wijkertunnel op vrijdag 28 september 2012. Daarnaast geven we u meer praktische informatie over de proef, de locatie, de tijden, het kledingadvies en de routebeschrijving. Omdat de locatie moeilijk te bereiken is met het openbaar vervoer adviseren we iedereen met de auto te komen. In verband met de beperkte parkeergelegenheid vragen we wel zo veel mogelijk te carpoolen met elkaar.

De proeven

In onze rijkstunnels zijn diverse voorzieningen aanwezig om de veiligheid van de weggebruikers te garanderen. Zo zijn er diverse ventilatiesystemen in de tunnelbuizen en de vluchtwegen (bijvoorbeeld een middentunnelkanaal) die er voor moeten zorgen dat de mensen in geval van brand rookvrij via een vluchtdeur naar de uitgang kunnen vluchten. Door het ventileren ontstaan er echter luchtstromingen in de tunnelbuis, door een geopende vluchtdeur en in het middentunnelkanaal. Deze luchtstromingen mogen niet te sterk worden, omdat ze dan de vluchtende mensen zouden kunnen hinderen.

Daarom gaan we tijdens de avond van vrijdag 28 september twee proeven doen. Bij de eerste proef zal u gevraagd worden bij drie verschillende snelheden van deze luchtstroming door een vluchtdeur te stappen. Bij de tweede proef zal u gevraagd worden bij twee verschillende snelheden de gehele vluchtweg (door tunnelbuis en middentunnelkanaal) af te leggen. Na afloop van iedere proef kunt u uw ervaring vastleggen op een enquêteformulier en zullen sommige van u benaderd worden voor een interview. Tevens wordt de gehele proef geobserveerd door drie observanten en wordt alles met drie camera's vastgelegd.

De locaties

Vooraf aan de proef verzamelt iedereen zich bij de Verkeerscentrale NoordWest-Nederland (<http://www.verkeerscentrale.info>). Hier kan men ook parkeren. In de verkeerscentrale zal het mogelijk zijn om een blik te werpen op de werkruimte van de wegverkeersleiders die 24 uur per dag, 7 dagen per week en 365 dagen per jaar bezig zijn om het verkeer over de rijkswegen van Noord-Holland en Flevoland in goede banen te leiden. Daarnaast moet iedereen die deelneemt aan de proef zich registreren en worden er een aantal persoonsgebonden kenmerken vastgelegd (leeftijd, gewicht, lengte etc). Tijdens de registratie ontvangt u een oranje veiligheidsvestje met een nummer. Dit vestje moet te allen tijde gedragen worden! Vanuit de Verkeerscentrale lopen we naar de locatie van de proef, dit zal ongeveer 5 minuten lopen zijn.

De proeven zelf vinden plaats in de Wijkertunnel (<http://nl.wikipedia.org/wiki/Wijkertunnel>) en deze wordt speciaal voor deze proef afgesloten. Ondanks deze afsluiting blijft het een omgeving die niet primair bedoeld is voor zo'n grote groep mensen die het te voet betreden. Daarom verzoeken we iedereen altijd zijn oranje veiligheidsvestje aan te houden en altijd de aanwijzingen op te volgen van de begeleiders. Deze begeleiders zijn te herkennen aan de gele veiligheidsvestjes. In de tunnel is een sanitaire voorziening opgenomen.

De tijden

19.30 – 20.30 Verzamelen Verkeerscentrale
20.30 – 21.00 Laatste briefing over de proeven
21.00 – 21.30 Naar de tunnel en opstellen voor de Proef 1
21.30 – 22.30 Uitvoering Proef 1
22.30 – 23.00 Pauze met warme drank en opstellen voor de Proef 2
23.00 – 23.45 Uitvoering Proef 2
23.45 – 00.00 Terug naar de Verkeerscentrale en formele afsluiting
00.00 – 00.30 Borrel en napraten voor de liefhebbers

Het kledingadvies

Er gelden GEEN speciale kledingvoorschriften. Veiligheidshelmen, -schoenen of anderen zijn NIET nodig. Veiligheidsvestjes worden bij registratie uitgedeeld. Wel adviseren we iedereen zich warm aan te kleden, eventueel een muts mee te nemen en rekening te houden met een stevige wind. Ook al staan we overdekt, het blijft gewoon een buitenlocatie met bijbehorende temperaturen!

De routebeschrijving

Zoals eerder vermeldt begint en eindigt de avond bij de Verkeerscentrale NoordWest-Nederland. Parkeren kan op het terrein van de centrale of tegenover op de openbare parkeerplaats. Als bijlage bij deze mail zit een routebeschrijving naar de Verkeerscentrale.

Adres:

Amsterdamseweg 25
1981 LE Velsen Zuid

Afmelding

Mocht het blijken dat u vrijdagavond toch verhinderd bent, wilt u dat dan ons z.s.m. laten weten via XXXXXX? We hebben namelijk mensen op de reservelijst staan.

We hopen iedereen de 28ste te zien en dan gezamenlijk een succesvolle en ook leuke proef te doen!

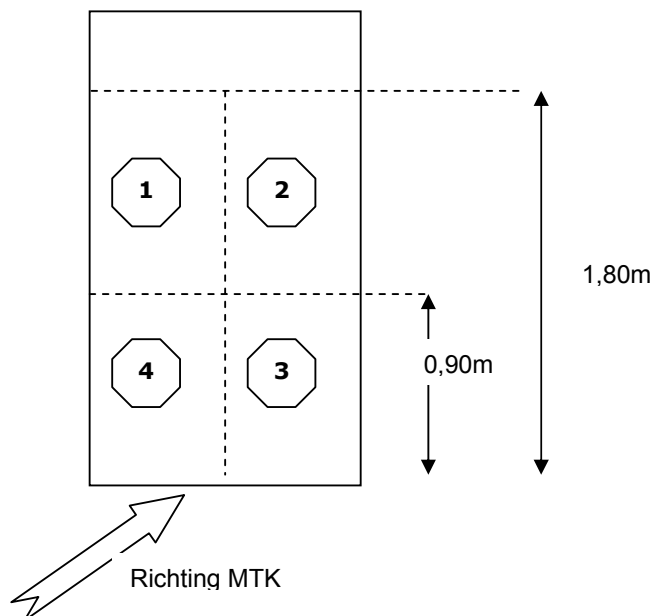
Michiel Vroon en Ronald Mante

Bijlage D Vragenlijsten deelnemers en registratieformulieren

Registratie meting luchtsnelheid door geopende vluchtdeur, bij onderdeel passage vluchtdeur, Test Wijkertunnel , 28 september 2012

Proefonderdeel [nummer]	1 (luchtsnelheid circa 12 m/s)
Uitvoerder meting [naam]	
Meetinstrument [identificatie]	
Tunnelbuis [identificatie]	
Nummer Vluchtdeur (te passeren door deelnemers test)	
Stand overdrukventilatie MTK	
Andere geopende vluchtdeuren (om gewenste luchtsnelheid te krijgen door vluchtdeur te passeren door deelnemers test)	
Meting 1 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 2 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 3 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 4 luchtsnelheid [m/s]	

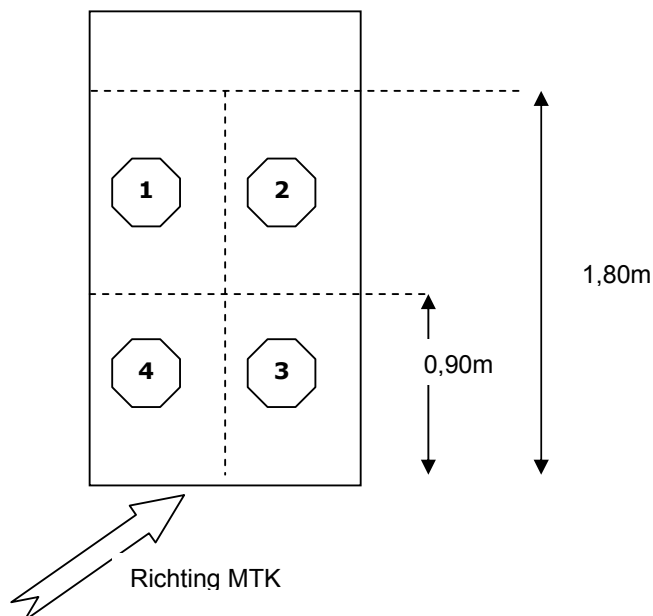
Locatie metingen



Registratie meting lichtsnelheid door geopende vluchtdeur, bij onderdeel passage vluchtdeur, Test Wijkertunnel , 28 september 2012

Proefonderdeel [nummer]	2 (lichtsnelheid circa 9 m/s)
Uitvoerder meting [naam]	
Meetinstrument [identificatie]	
Tunnelbuis [identificatie]	
Nummer Vluchtdeur (te passeren door deelnemers test)	
Stand overdrukventilatie MTK	
Andere geopende vluchtdeuren (om gewenste lichtsnelheid te krijgen door vluchtdeur te passeren door deelnemers test)	
Meting 1 lichtsnelheid [m/s]	
Meting 2 lichtsnelheid [m/s]	
Meting 3 lichtsnelheid [m/s]	
Meting 4 lichtsnelheid [m/s]	

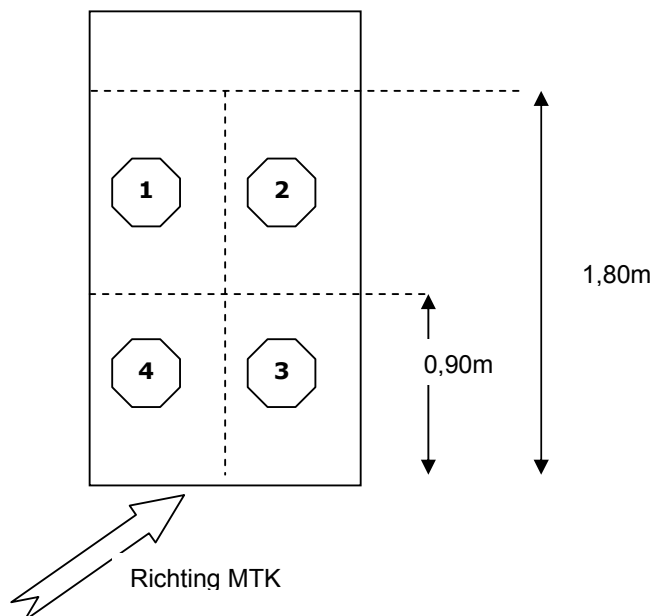
Locatie metingen



Registratie meting luchtsnelheid door geopende vluchtdeur, bij onderdeel passage vluchtdeur, Test Wijkertunnel , 28 september 2012

Proefonderdeel [nummer]	3 (luchtsnelheid circa 6 m/s)
Uitvoerder meting [naam]	
Meetinstrument [identificatie]	
Tunnelbuis [identificatie]	
Nummer Vluchtdeur (te passeren door deelnemers test)	
Stand overdrukventilatie MTK	
Andere geopende vluchtdeuren (om gewenste luchtsnelheid te krijgen door vluchtdeur te passeren door deelnemers test)	
Meting 1 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 2 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 3 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 4 luchtsnelheid [m/s]	

Locatie metingen



Vragenlijst Onderdeel Passage Vluchtdeur, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	1
2	Deelnemer [nummer]	
3	Is het u gelukt de vluchtdeur te passeren? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Ja [u kunt vraag 4 overslaan] <input type="checkbox"/> Nee [vul alleen vraag 4 en 7 nog in]
4	Als het niet is gelukt: waarom niet?	
5	Als het wel is gelukt: hoeveel moeite kostte het u? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Geen enkele moeite <input type="checkbox"/> Kostte wel wat inspanning, maar verder geen probleem <input type="checkbox"/> Kostte behoorlijke moeite, maar met iets meer tegenwind zou het denk ik ook nog wel gelukt zijn <input type="checkbox"/> Het is me maar net gelukt, bij nog meer tegenwind zou ik het denk ik niet meer hebben gehaald
6	Zou u er bij deze tegenwind nog in geslaagd zijn om iemand te helpen bij het passeren van de vluchtdeur? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nee <input type="checkbox"/> Weet niet
7	Verdere opmerkingen die u wilt maken [u kunt desgewenst verder schrijven op de achterzijde]	

Vragenlijst Onderdeel Passage Vluchtdeur, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	2
2	Deelnemer [nummer]	
3	Hebt u de vluchtdeur geopend? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Ja, zonder hulp begeleider <input type="checkbox"/> Ja, maar met hulp begeleider <input type="checkbox"/> Nee, andere deelnemer heeft deur geopend (al dan niet met hulp begeleider)
4	Is het u gelukt de vluchtdeur te passeren? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Ja [u kunt vraag 5 overslaan] <input type="checkbox"/> Nee [vul alleen vraag 5 en 8 nog in]
5	Als het niet is gelukt: waarom niet?	
6	Als het wel is gelukt: hoeveel moeite kostte het u? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Geen enkele moeite <input type="checkbox"/> Kostte wel wat inspanning, maar verder geen probleem <input type="checkbox"/> Kostte behoorlijke moeite, maar met iets meer tegenwind zou het denk ik ook nog wel gelukt zijn <input type="checkbox"/> Het is me maar net gelukt, bij nog meer tegenwind zou ik het denk ik niet meer hebben gehaald
7	Zou u er bij deze tegenwind nog in geslaagd zijn om iemand te helpen bij het passeren van de vluchtdeur? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nee <input type="checkbox"/> Weet niet
8	Verdere opmerkingen die u wilt maken [u kunt desgewenst verder schrijven op de achterzijde]	

Vragenlijst Onderdeel Passage Vluchtdeur, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	3
2	Deelnemer [nummer]	
3	<p>Hebt u de vluchtdeur geopend?</p> <p>[Juiste antwoord aankruisen]</p>	<input type="checkbox"/> Ja, zonder hulp begeleider <input type="checkbox"/> Ja, maar met hulp begeleider <input type="checkbox"/> Nee, andere deelnemer heeft deur geopend (al dan niet met hulp begeleider)
4	<p>Is het u gelukt de vluchtdeur te passeren?</p> <p>[Juiste antwoord aankruisen]</p>	<input type="checkbox"/> Ja [u kunt vraag 5 overslaan] <input type="checkbox"/> Nee [vul alleen vraag 5 en 8 nog in]
5	Als het niet is gelukt: waarom niet?	
6	<p>Als het wel is gelukt: hoeveel moeite kostte het u?</p> <p>[Juiste antwoord aankruisen]</p>	<input type="checkbox"/> Geen enkele moeite <input type="checkbox"/> Kostte wel wat inspanning, maar verder geen probleem <input type="checkbox"/> Kostte behoorlijke moeite, maar met iets meer tegenwind zou het denk ik ook nog wel gelukt zijn <input type="checkbox"/> Het is me maar net gelukt, bij nog meer tegenwind zou ik het denk ik niet meer hebben gehaald
7	<p>Zou u er bij deze tegenwind nog in geslaagd zijn om iemand te helpen bij het passeren van de vluchtdeur?</p> <p>[Juiste antwoord aankruisen]</p>	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nee <input type="checkbox"/> Weet niet
8	Verdere opmerkingen die u wilt maken [u kunt desgewenst verder schrijven op de achterzijde]	

Registratie waarnemingen Onderdeel Passage Vluchtdeur, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	1
2	Waarnemer [naam]	
3	Deelnemers die er wel in geslaagd zijn de vluchtdeur te passeren [nummers deelnemers invullen]	
4	Deelnemers die er niet in geslaagd zijn de vluchtdeur te passeren [nummers deelnemers invullen]	
5	Opmerkingen, bijzonderheden e.d. (o.a. welke deelnemers hebben hulp nodig gehad tijdens of na proef)	

Registratie waarnemingen Onderdeel Passage Vluchtdeur, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	2
2	Waarnemer [naam]	
3	Deelnemers die er wel in geslaagd zijn de vluchtdeur te passeren [nummers deelnemers invullen]	
4	Deelnemers die er niet in geslaagd zijn de vluchtdeur te passeren [nummers deelnemers invullen]	
5	Opmerkingen, bijzonderheden e.d. (o.a. welke deelnemers hebben hulp nodig gehad tijdens of na proef)	

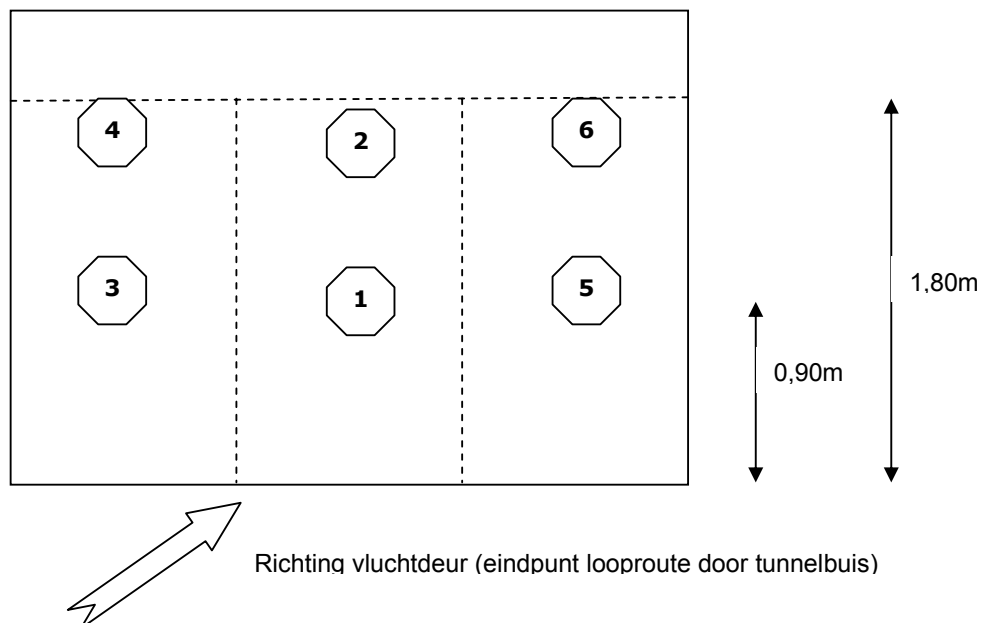
Registratie waarnemingen Onderdeel Passage Vluchtdeur, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	3
2	Waarnemer [naam]	
3	Deelnemers die er wel in geslaagd zijn de vluchtdeur te passeren [nummers deelnemers invullen]	
4	Deelnemers die er niet in geslaagd zijn de vluchtdeur te passeren [nummers deelnemers invullen]	
5	Opmerkingen, bijzonderheden e.d. (o.a. welke deelnemers hebben hulp nodig gehad tijdens of na proef)	

Registratie meting lichtsnelheid in tunnelbuis, bij onderdeel totale vluchtroute, Test Wijkertunnel , 28 september 2012

Proefonderdeel [nummer]	4 (lichtsnelheid circa 10 m/s)
Uitvoerder meting [naam]	
Meetinstrument [identificatie]	
Tunnelbuis [identificatie]	
Meting t.p.v. beginpunt of eindpunt looproute door tunnelbuis [vluchtdeurnummer vermelden]	Meting bij beginpunt looproute, t.p.v. vluchtdeur W10Z
Meting 1 lichtsnelheid [m/s]	
Meting 2 lichtsnelheid [m/s]	
Meting 3 lichtsnelheid [m/s]	
Meting 4 lichtsnelheid [m/s]	
Meting 5 lichtsnelheid [m/s]	
Meting 6 lichtsnelheid [m/s]	

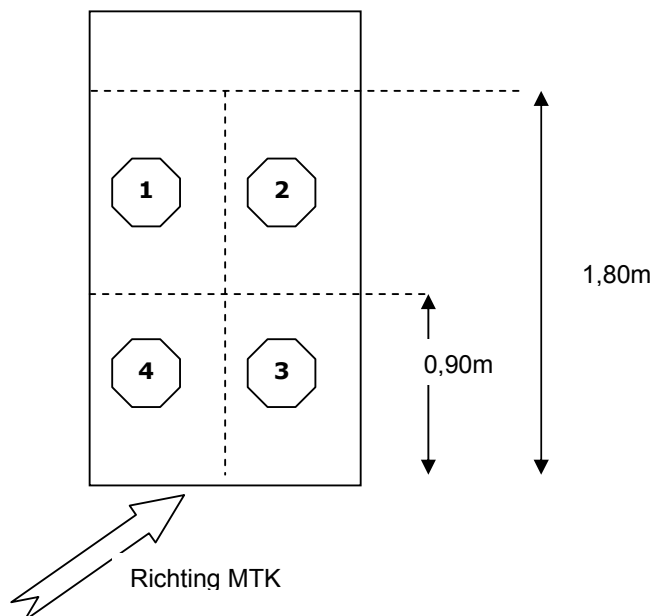
Locatie metingen



Registratie meting luchtsnelheid door geopende vluchtdeur, bij onderdeel passage vluchtdeur, Test Wijkertunnel , 28 september 2012

Proefonderdeel [nummer]	4 (luchtsnelheid circa 12 m/s)
Uitvoerder meting [naam]	
Meetinstrument [identificatie]	
Tunnelbuis [identificatie]	
Nummer Vluchtdeur (te passeren door deelnemers test)	
Stand overdrukventilatie MTK	
Andere geopende vluchtdeuren (om gewenste luchtsnelheid te krijgen door vluchtdeur te passeren door deelnemers test)	
Meting 1 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 2 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 3 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 4 luchtsnelheid [m/s]	

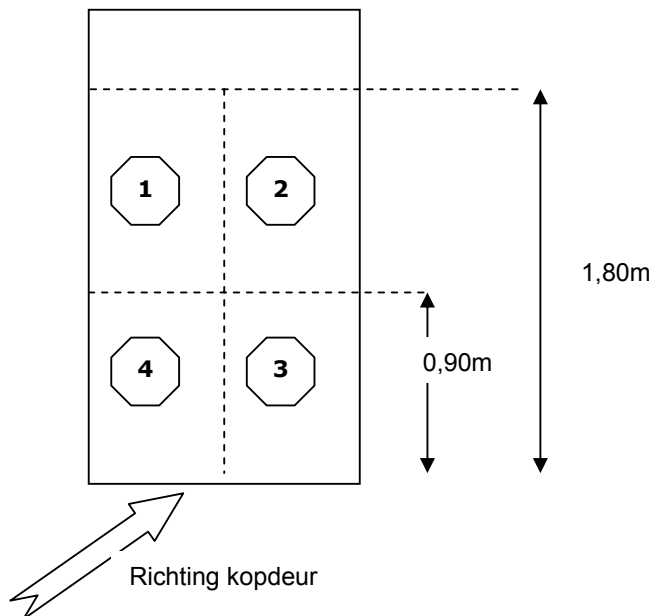
Locatie metingen



Registratie meting luchtsnelheid in MTK, bij onderdeel totale vluchtroute, Test Wijkertunnel , 28 september 2012

Proefonderdeel [nummer]	4 (luchtsnelheid ca. 3,5m/s)
Uitvoerder meting [naam]	
Meetinstrument [identificatie]	
Vluchtdeur waar meting plaatsvindt (meten in doorsnede 5m benedenstrooms van iedere geopende vluchtdeur) [nr. vluchtdeur invullen]	
Stand overdrukventilatie MTK	
Geopende vluchtdeuren [nummers geopende deuren invullen]	
Meting 1 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 2 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 3 luchtsnelheid [m/s]	
Meting 4 luchtsnelheid [m/s]	

Locatie metingen MTK



Vragenlijst Onderdeel Totale Vluchtroute, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	4
2	Deelnemer [nummer]	
3	Is het u gelukt het eindpunt van de vluchtroute te bereiken? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Ja [u kunt vraag 4 overslaan] <input type="checkbox"/> Nee [vul alleen vraag 4 en 6 nog in]
4	Als het niet is gelukt: waarom niet?	<input type="checkbox"/> Ik heb de vluchtdeur niet kunnen bereiken, door een te harde tegenwind in de tunnel <input type="checkbox"/> Ik heb de vluchtdeur niet kunnen passeren, door een te harde tegenwind in de deuropening <input type="checkbox"/> Ik heb het eindpunt in de vluchtgang niet bereikt, door een te harde tegenwind in het vluchtkanaal
5	Als het wel is gelukt: hoeveel moeite kostte het u? [Juiste antwoord aankruisen]	<input type="checkbox"/> Geen enkele moeite <input type="checkbox"/> Kostte wel wat inspanning, maar verder geen probleem <input type="checkbox"/> Kostte behoorlijke moeite, maar met iets meer tegenwind zou het denk ik ook nog wel gelukt zijn <input type="checkbox"/> Het is me maar net gelukt, bij nog meer tegenwind zou ik het denk ik niet meer hebben gehaald
6	Verdere opmerkingen die u wilt maken [u kunt desgewenst verder schrijven op de achterzijde]	

Registratie waarnemingen Onderdeel Totale Vluchtroute, Loop door tunnel naar Vluchtdeur, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	4
2	Waarnemer [naam]	
3	Deelnemers die er wel in geslaagd zijn de vluchtdeur te bereiken [nummers deelnemers invullen]	
4	Deelnemers die er niet in geslaagd zijn de vluchtdeur te bereiken [nummers deelnemers invullen]	
5	Opmerkingen, bijzonderheden e.d. (o.a. welke deelnemers hebben hulp nodig gehad tijdens of na proef)	

Registratie waarnemingen Onderdeel Totale Vluchtroute, Passage Vluchtdeur, Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	4
2	Waarnemer [naam]	
3	Deelnemers die er wel in geslaagd zijn de vluchtdeur te passeren [nummers deelnemers invullen]	
4	Deelnemers die er niet in geslaagd zijn de vluchtdeur te passeren [nummers deelnemers invullen]	
5	Opmerkingen, bijzonderheden e.d. (o.a. welke deelnemers hebben hulp nodig gehad tijdens of na proef)	

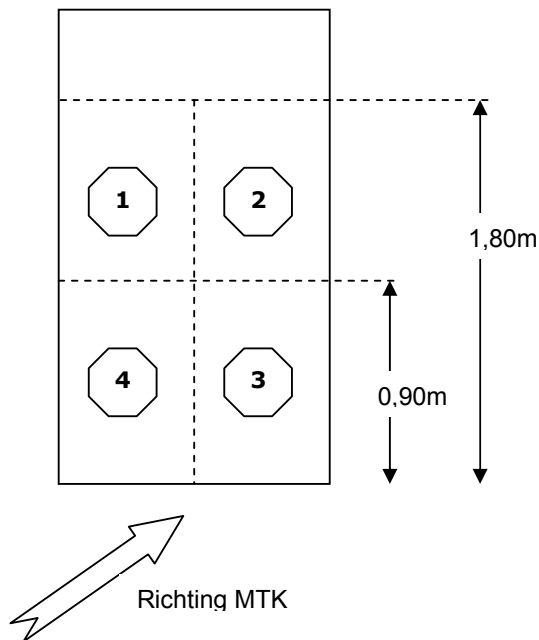
Registratie waarnemingen Onderdeel Totale Vluchtroute, Loop door MTK naar eindpunt Proef Wijkertunnel , 28 september 2012

1	Proefonderdeel [nummer]	4
2	Waarnemer [naam]	
3	Deelnemers die er wel in geslaagd zijn het eindpunt te bereiken [nummers deelnemers invullen]	
4	Deelnemers die er niet in geslaagd zijn het eindpunt te bereiken [nummers deelnemers invullen]	
5	Opmerkingen, bijzonderheden e.d. (o.a. welke deelnemers hebben hulp nodig gehad tijdens of na proef)	

Bijlage E Metingen lichtsnelheden

E.1 Eerste onderdeel proef: passage vluchtdeur

Locatie metingen lichtsnelheid door vluchtdeur

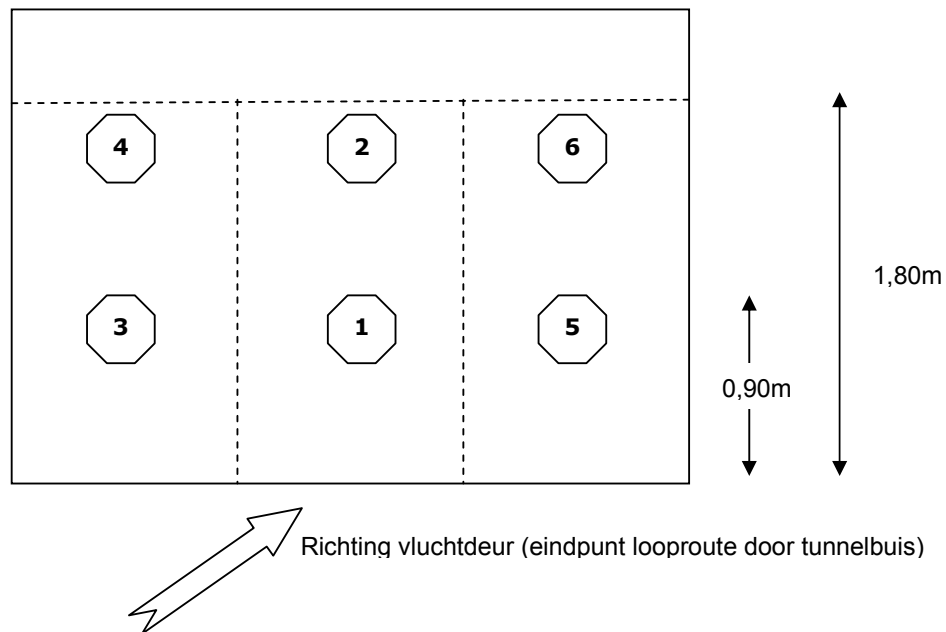


Metingen lichtsnelheid

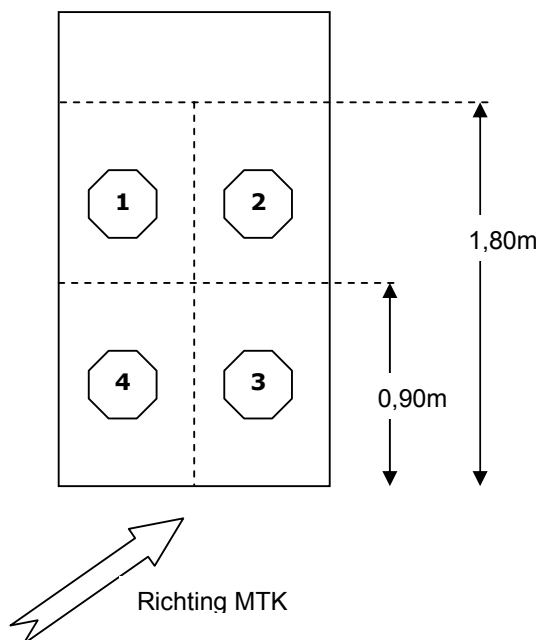
Onderdeel proef	12m/s	9m/s	6m/s
Tunnelbuis	West	West	West
Vluchtdeur	W30N	W30N	W30N
Andere geopende vluchtdeuren	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Stand overdrukventilatie	Noord 100%, Zuid 50%	Noord 100%, Zuid 25%	Noord 100%, Zuid 0%
Stand tunnelventilatie	Uitgeschakeld	Uitgeschakeld	Uitgeschakeld
Meting 1 lichtsnelheid	12,31m/s	10,14m/s	6,42m/s
Meting 2 lichtsnelheid	11,70m/s	9,39m/s	6,87m/s
Meting 3 lichtsnelheid	12,05m/s	9,07m/s	7,34m/s
Meting 4 lichtsnelheid	13,28m/s	10,39m/s	8,38m/s
Gemiddelde lichtsnelheid	12,34m/s	9,75m/s	7,25m/s

E.2 Tweede onderdeel van de proef: totale vluchtweg

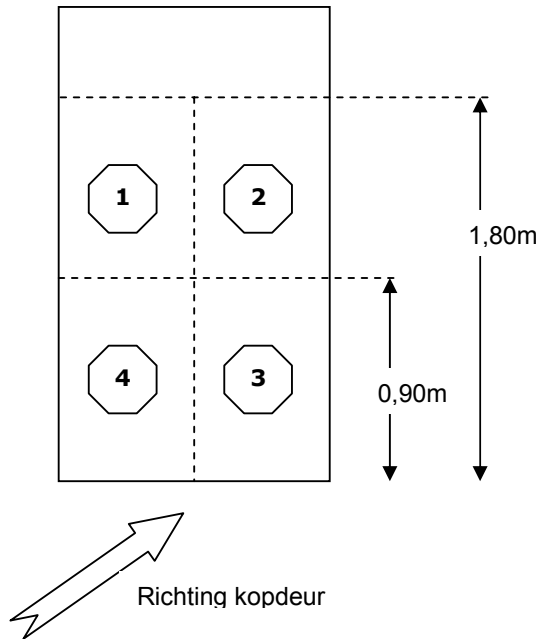
Locatie metingen lichtsnelheid in tunnelbuis



Locatie metingen lichtsnelheid door vluchtdeur



Locatie metingen luchtsnelheid in MTK



Metingen luchtsnelheid

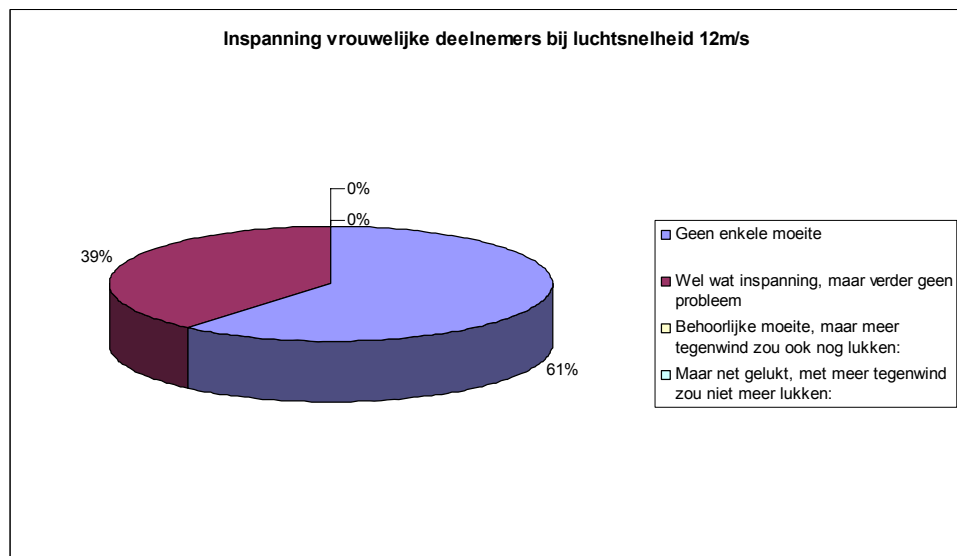
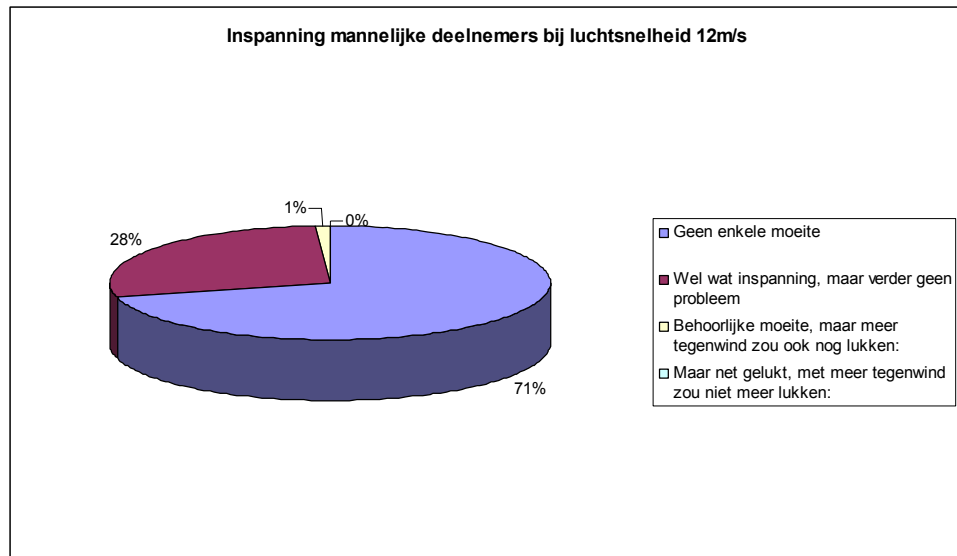
- Tunnelbuis: West
- Vluchtdeur: W10N
- Andere geopende vluchtdeuren: n.v.t.
- Stand overdrukventilatie: Noord 100%, Zuid 50%
- Stand tunnelventilatie bij ingeschakeld: 100%

Onderdeel vluchtroute	Tunnelbuis bij ventilatie uitgeschakeld	Tunnelbuis bij ventilatie ingeschakeld	Vluchtdeur	MTK
Meting 1 luchtsnelheid	-2,49m/s	7,43m/s	12,24m/s	3,5m/s (zwaaimeting)
Meting 2 luchtsnelheid	-2,73m/s	7,66m/s	10,72m/s	
Meting 3 luchtsnelheid	-2,91m/s	7,56m/s	11,63m/s	
Meting 4 luchtsnelheid	-3,15m/s	7,68m/s	13,13m/s	
Meting 5 luchtsnelheid	-3,63m/s	8,92m/s	n.v.t.	n.v.t.
Meting 6 luchtsnelheid	-3,54m/s	9,37m/s	n.v.t.	n.v.t.
Gemiddelde luchtsnelheid	-3,08m/s	8,10m/s	11,93m/s	3,5m/s

Bijlage F Resultaten vragenlijsten

In het navolgende worden de resultaten van de vragenlijsten gepresenteerd, voor zover deze niet al zijn opgenomen in hoofdstuk 4.

F.1 Eerste onderdeel proef: passage vluchtdeur

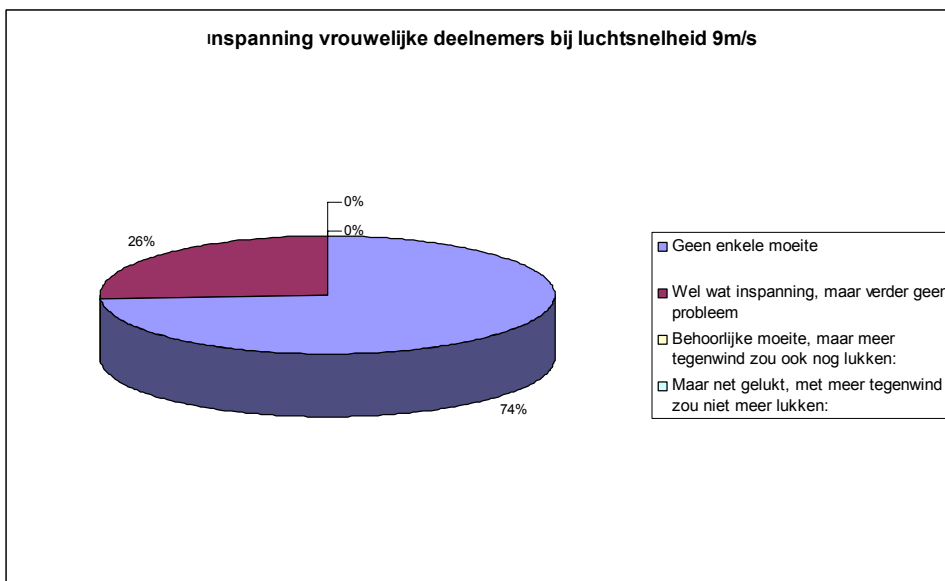
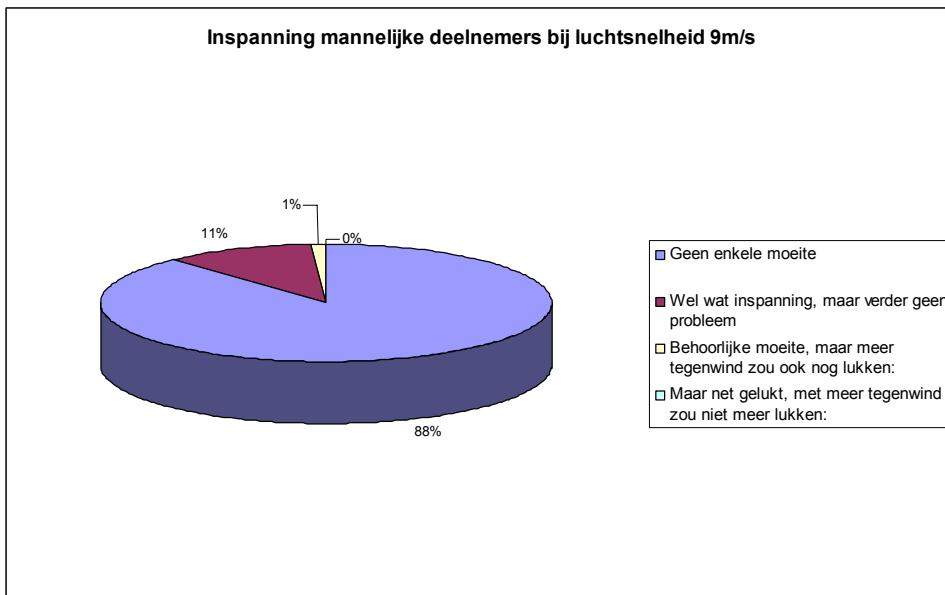


Aanvullende opmerkingen deelnemers op vragenlijsten bij luchtsnelheid 12m/s

1. "Als je geen verwonding hebt is het eenvoudig om te vluchten."
2. "Was vluchtdeur maximaal open? Invloed personen in vluchtgang op luchtstroom door open deur? Luchtsnelheid bij toetreden tunnelgebouw leek hoger dan snelheid door vluchtdeur." (*)
3. "Wel wat wiebelig over de drempel heen stappen."
4. "Niet veel inspanning benodigd."
5. "Kort moment van drukverschil gevoeld."
6. "Hogere snelheid moet makkelijk kunnen. Snelheid in vluchtgang is snel laag."
7. "Tijdens opstap drukverschil/wind het meest voelbaar."
8. "Even wennen aan de spontane verandering van de windsnelheden in de deurpost, het aanpassen hierop was snel gelukt."
9. "Veel wind is niet uitnodigend. Het lijkt een beetje op vliegtuig verlaten zonder parachute."
10. "Op het strand waait het vaak harder."
11. "Ik werd wel wat instabiel door mijn lengte (1,95m). De jongen naast mij (#95) had geen last."
12. "Wind acceptabel. Ik had wel moeite mijn auto achter te laten... ;-)"
13. "Het is meer het "schrik" effect van de wind die opeens tegen je aanbotst."
14. "Hoe vergaat het onze invalide medemens?"
15. "De inspanning bij vraag 5 bestond voornamelijk in het (kortstondig) zoeken naar evenwicht op de drempel van de vluchtdeur. Geen houvast gezocht of nodig gehad aan bijvoorbeeld de zijkant."
16. "Opstapje was verrassend." (2x)
17. "Veel weerstand bij tunnel inlopen. Daarna niet meer."
18. "Dit was prima, het is vergelijkbaar met wind op hoogte."
19. "Geen probleem."
20. "Niet beangstigend om doorheen te lopen."

N.B.: de opmerkingen van de deelnemers die buiten de scope van de proef vallen en/of die betrekking hebben op tunnelspecifieke zaken, zijn hier niet vermeld, maar wel gedeeld met de tunnelbeheerder.

(*) Reactie Steunpunt Tunnelveiligheid: de proef is zodanig opgezet dat de invloed van de aanwezige mensen in het MTK geen significante invloed hebben op de luchtsnelheid door de geopende vluchtdeur. Tijdens de proef is de luchtsnelheid nog een keer nagemeten om dit te controleren. Resultaat: de luchtsnelheid bleef inderdaad gehandhaafd op circa 12m/s. Zie ook hoofdstuk 4.





Aanvullende opmerkingen deelnemers op vragenlijsten bij luchtsnelheid 9m/s

1. "Deur was al open." (20x) (*)
2. "Luchtsnelheid kwam voor gevoel overeen met eerste proef." (11x)
3. "Bij een stress situatie (niet in de test) heb je meer kracht en zal je nog minder hinder ondervinden."
4. "Beslist geen angstaanjagende drukstoot. Je schrikt niet."
5. "Al een stuk aangenamer bij deze luchtsnelheid."
6. "Wind O.K. Verschil met eerste proef is niet zo heel groot."
7. "Voor mijn gevoel was tegenwind harder in vluchttunnel."
8. "Leek hardere wind dan eerste keer." (2x)
9. "Krijgt iemand van 70 jaar de deur open, zelfs zonder "drukwind?!"
10. "Kan de deur überhaupt open (door een kind of bejaarde)?"

(*) Reactie Steunpunt Tunnelveiligheid: oorspronkelijk wad het de bedoeling dat de deelnemers de vluchtdeur zelf zouden openen, vandaar dat in de vragenlijst een vraag was opgenomen over het openen van de deur. Tijdens de proef bleek echter dat het drukverschil tussen het MTK en de tunnelbuis te hoog was om de deur zonder bovenmatige inspanning te openen. Er werd daarom besloten de deur al open te zetten. Zie verder hoofdstuk 4 voor een verdere beschouwing op de resultaten van de proef.

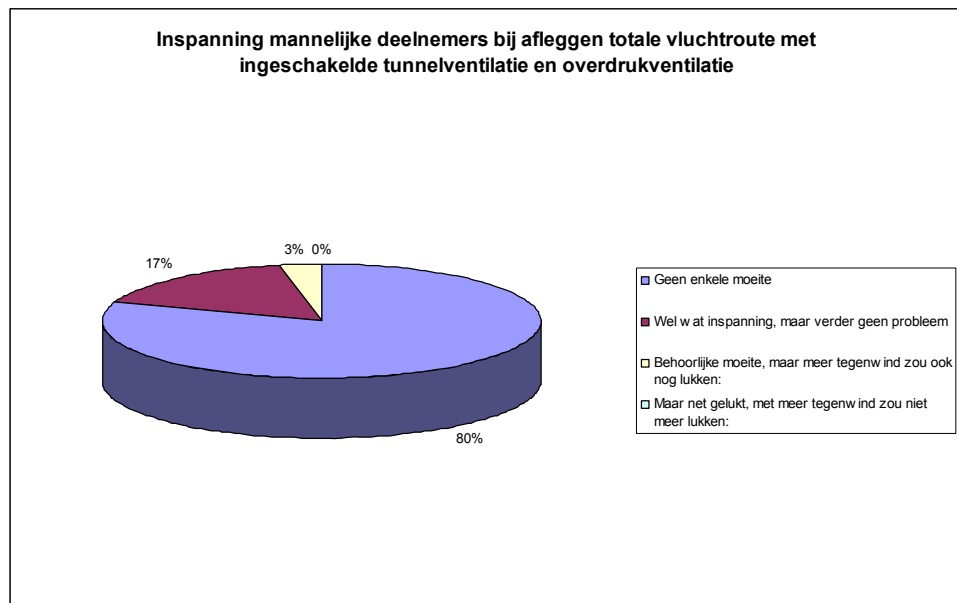
Aanvullende opmerkingen deelnemers op vragenlijsten bij luchtsnelheid 6m/s

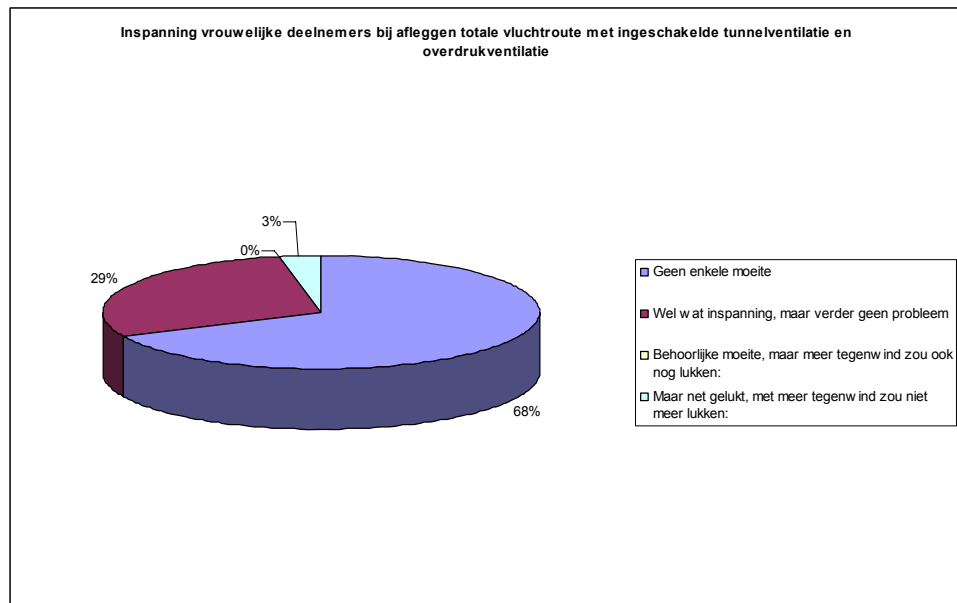
1. "Voelde in vluchttunnel druk op de oren. Niet bij de eerdere keren. Door openen en sluiten van de deur?"
2. "Deze keer voelde ik druk op mijn oren. De eerste 2x niet. Eerste stukje openen deur was zwaarder dan ik had verwacht."
3. "Deze keer vielen mijn oren dicht. Dus druk op de oren in de vluchttunnel."
4. "Het lopen is wel therapeutisch."
5. "Openen deur lastig. Afzetten met andere hand noodzakelijk (alleen bij eerste handeling)."
6. "De hendel was een beetje vervelend, en ronde hendel was handiger geweest."
7. "Drukverschil in vluchtgang merkbaar door openen/sluiten vluchtdeur."
8. "Deur gaat erg zwaar."
9. "Kostte enige moeite om de deur goed open te krijgen. Viel tegen, kost relatief veel kracht."
10. "Deur openen kostte wel enige moeite."
11. "Overdruk doet oren ploppen."
12. "Deur openen is groter probleem dan wind."
13. "Deur gaat eerste stukje gemakkelijk open, daarna wordt het zwaar."
14. "De deur is wel makkelijk te ontgrendelen maar doorschuiven is lastiger maar niet onmogelijk."
15. "Deur zonder overdruk situatie kost vast enige inspanning. Zou eenvoudiger moeten lopen/hendel overhalen."
16. "[Behoorlijke moeite] zit 'm ook in onhandig gebruik deurhendel. Je ziet bij de voorgangers dat er kracht wordt gezet. Dit beïnvloedt de uitvoering en dus de uitkomst van de test. Voetprint op de deurpost voor kleinere kids --> daar dit de clou leek."
17. "Deur open doen kostte behoorlijke moeite, de vluchtdeur passeren niet."
18. "Het is me eigenlijk niet gelukt de deur te openen, een begeleider heeft het gedaan voor mij."
19. "Drukverschillen in gang doen pijn aan de oren. Deur open/dicht/open/dicht."
20. "Openen gaat zwaar, zeker > 100N. Terugloop is sterk, relatief veel kracht op deur open te houden."
21. "Openingskracht > 100N. Geen moeite met wind."
22. "Deur ging moeilijk open. Voldoet niet aan eis (100N max.)."
23. "Last van de oren."
24. "Bij deze proef voelde ik heel erg druk op mijn oren (als hinderlijk ervaren)."
25. "Ik heb de deur met rechter hand en daarna mijn rechter onderarm geopend. Ik had liever een handgreep. Komt door clipboard in andere hand, maar had ook een tas of klein kind kunnen zijn."
26. "Deur lijkt erg zwaar te gaan."
27. "Kreeg last van druk op mijn oren, had ik niet eerder."
28. "Voel druk op de oren."
29. "Voelbare lichte druk op de oren."
30. "Druk op oren (moet klaren)."
31. "Deur openen kostte veel moeite. Als je niet weet dat de deur ontgrendeld is, zou je kunnen denken dat hij niet open kan. In paniek kan je dan snel opgeven."
32. "Oren gaan dicht."
33. "Kost mijn partner wel moeite om deur te openen."

34. "Dochter [113] had veel moeite de vluchtdeur te openen."
35. "Een ronde buishendel met meer grip zou het openen vd wellicht gemakkelijker maken. Een elektrische deur met schopknop is door iedereen te openen."
36. "Deur ging zwaarder dan ik dacht."
37. "Volgens mij is de deur zonder wind al zwaar."
38. "Deur gaat wel zwaar."
39. "Nu mochten we wel de deur open duwen. Het is mijn zoon (12 jaar) gelukt."

N.B.: de opmerkingen van de deelnemers die buiten de scope van de proef vallen en/of die betrekking hebben op tunnelspecifieke zaken, zijn hier niet vermeld, maar wel gedeeld met de tunnelbeheerder.

F.2 Tweede onderdeel proef: totale vluchtweg





Aanvullende opmerkingen deelnemers op vragenlijsten

1. "Deze keer was het wel het lastigst om door de deur te lopen met de wind in de tunnel."
2. "Totaal geen moeite ondervonden!"
3. "Het was een beetje koud."
4. "Ventilatie in tunnelbuis zorgt voor geen enkele hinder bij vluchten naar vluchtdeur. Stond deze maximaal ingeschakeld?"
5. "De intrede in het middentunnelkanaal kostte enige moeite (meer dan bij de laatste 2 oefeningen van proef 1)."
6. "Tegenwind goed voelbaar bij ingeschakelde tunnelventilatie. Na opstap werd het verder windstil."
7. "Bij ingang vluchttunnel wat uit evenwicht."
8. "Het op en neer lopen naar de juiste deur en het late tijdstip verhoogde de vermoeidheid, waardoor inspanning wat meer gevoeld werd. Verassende luchtstroming bij passeren vluchtdeur. Moeilijker dan zonder tunnelventilatie aan."
9. "Het lopen naar de vluchtdeur gaf dichtbij de deur meer weerstand dan bij het begin van de wandeling daarheen. Goed te doen maar wel krachtiger stappen."
10. "Opstap vluchtdeur nog het meest lastig (nog een kleine trede)."
11. "Nauwelijks moeite."
12. "Goed te doen."
13. "Overallconclusie: het zit 'm niet in de wind/overdruk maar in de deur."
14. "Verschillen zijn groot maar makkelijk te overbruggen."
15. "Wind in tunnel lijkt veel harder dan in MTK. Lawaai tunnelventilatie helpt psychologisch om tunnel te willen verlaten."
16. "Inspanning met name door afstand!"
17. "Naar binnen kostte duidelijk meer moeite."
18. "Ik werd bijna door de blazers"

19. "Wat opviel was dat het in de vluchttunnel opeens bijna windstil was."
20. "Bij een echte calamiteit zou ik in de tunnel blijven en naar de uitgang lopen i.p.v. onzekere middentunnelkanaal instappen."
21. "De pijlen die de richting aanduiden zijn erg klein en niet opvallend."
22. "Wind in tunnel was sterk. Moest opletten bij instappen in deur. Veel windturbulentie."

N.B.: de opmerkingen van de deelnemers die buiten de scope van de proef vallen en/of die betrekking hebben op tunnelspecifieke zaken, zijn hier niet vermeld, maar wel gedeeld met de tunnelbeheerder.



Deelnemers betreden tunnel via dienstgebouw, bij aanvang proef



Metten luchtsnelheid door geopende vluchtdeur, met velometer



Na afloop eerste deel proef, passage vluchtdeur bij luchtsnelheid 12m/s



De waarnemingen worden genoteerd