

# Advies praktijkproef

Elektrische bus met waterstof-aanhanger

R-2020-5

# SWOV



## Auteurs

Dr. ir. R.J. Jansen

Dr. ir. A. Dijkstra

Ir. W.J.R. Louwerse

C. Mons, MSc

Ir. J.W.H. van Petegem

Ongevallen **voorkomen**  
Letsel **beperken**  
Levens **redden**



## Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2020-5
Titel:	Advies praktijkproef
Ondertitel:	Elektrische bus met waterstof-aanhanger
Auteur(s):	Dr. ir. R.J. Jansen, dr. ir. A. Dijkstra, ir. W.J.R. Louwerse, C. Mons, MSc & ir. J.W.H. van Petegem
Projectleider:	Dr. ir. R.J. Jansen
Projectnummer SWOV:	E20.06
Opdrachtgever:	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Trefwoord(en):	Vehicle; automatic; behaviour; road user; traffic; safety; test; test method; road traffic; risk assessment; accident prevention; Netherlands; SWOV
Projectinhoud:	Vervoerder Connexion is voornemens een praktijkproef uit te voeren met vier waterstofbussen, die op de lijndiensten 436 en 437 tussen Rotterdam en respectievelijk Ouddorp en Dirksland zullen gaan rijden. Bij deze praktijkproef is het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) eindverantwoordelijk voor de ontheffing. Deze notitie beschrijft het SWOV advies aan IenW over de mens-/gedragsaspecten van de praktijkproef met de waterstofbussen.
Aantal pagina's:	19 + 10
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2020 Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

**De informatie in deze publicatie is openbaar.  
Overname is toegestaan met bronvermelding.**

### SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Beuzidenhoutseweg 62, 2594 AW Den Haag – Postbus 93113, 2509 AC Den Haag  
070 – 317 33 33 – [info@swov.nl](mailto:info@swov.nl) – [www.swov.nl](http://www.swov.nl)

 [@swov\\_nl](https://twitter.com/swov_nl) / [@swov](https://twitter.com/swov)  [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Beschrijving van de proef</b>	<b>7</b>
2.1	Gebruikte informatie	7
2.2	De proef	8
2.2.1	De voertuigen	8
2.2.2	De chauffeurs en taakomschrijving	10
2.2.3	Weg en route	12
2.3	Samenvatting en aannames	14
<b>3</b>	<b>Beoordeling van de risico's</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Het SWOV-advies over de praktijkproef met waterstofbussen</b>	<b>19</b>
<b>Bijlage A</b>	<b>SWOV-formulier praktijkproef waterstofbussen</b>	<b>20</b>
<b>Bijlage B</b>	<b>Risicomatrix</b>	<b>25</b>

## 1 Inleiding

De doelstelling van het Europese project '3Emotion' is om ervaring op te doen en inzicht te verkrijgen in de technisch economische performance van waterstofbussen. Hiermee kan een geïnformeerde keuze worden gemaakt bij de opschaling van het zogenoemde 'zero-emissie-busvervoer' in Nederland. De provincie Zuid-Holland heeft vervoerder Connexxion verzocht vier nieuwe waterstofbussen aan te schaffen als onderdeel van het wagenpark. Iedere waterstofbus betreft een combinatie van twee voertuigen: 1) een elektrische bus en 2) een aanhanger met een brandstofcel op basis van waterstof voor een groter bereik. Hoewel de afzonderlijke voertuigen binnen de scope van de reguliere wetgeving vallen, is dit niet het geval voor de voertuigcombinatie. Voor het uitvoeren van een praktijkproef op de openbare weg is daarom een ontheffing nodig.

In de periode van april tot en met december 2019 zijn ten behoeve van de toelating van de voertuigen de volgende activiteiten uitgevoerd:

- In een risicoanalyse van TÜV Rheinland (hierna: TÜV) is de bus-techniek en de interactie van de bus met de omgeving bestudeerd; deze risicoanalyse is beoordeeld door de Rijksdienst Wegverkeer (RDW). De conclusie van de RDW is dat de inzet van de bussen veilig is.
- De RDW heeft op basis van deze conclusie kentekens voor de bussen vrijgegeven.
- Er is afstemming geweest tussen IenW, de wegbeheerders (Rijkswaterstaat, provincie Zuid-Holland, gemeente Rotterdam), veiligheidsregio's (Rotterdam Rijnmond en Zuid-Holland Zuid) en de tunnelbeheerder van de Heinenoordtunnel om een akkoord te krijgen voor toelating van de bussen op de beoogde route en om met hen operationele afspraken te maken over de inzet van de bussen.
- Rijkswaterstaat (RWS) heeft de kaders van het experiment waarbinnen de bussen de openbare weg mogen betreden vastgelegd in een conceptvrijstelling.

SWOV is gevraagd om het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) te adviseren over de mens-/gedragsaspecten van de proef, zodat zij deze kunnen meewegen in hun (eind)oordeel voor de ontheffing. Het doel van het SWOV-advies is om de mogelijke risicofactoren te beschrijven en te wegen, om zo te kunnen komen tot een bredere afweging dan op basis van het voertuig alleen en daarmee de veiligheid van de waterstofbussen op de openbare weg te bevorderen.

Dit SWOV-advies bevat een inventarisatie van de mogelijke verkeersveiligheidsrisico's bij gebruik van waterstofbussen ten opzichte van het gebruik van reguliere bussen<sup>1</sup>, een inschatting van de ernst van deze risico's en een advies over hoe deze risico's beperkt kunnen worden. We gaan er hierbij van uit dat de systemen werken zoals beschreven in de beschikbare documentatie. Het SWOV-advies beperkt zich tot de omstandigheden van deze specifieke praktijkproef. Met andere woorden, het zegt niets over de verkeersveiligheidseffecten van deze voertuigen op een andere locatie, op een ander moment, of over een bredere toepassing van dit soort technologieën in ons



1. Reguliere bussen betreffen in deze context gelede en ongelede bussen zonder aanhanger (want die komen in Nederland als lijnbus niet voor), zelfstandig (dus zonder aanhanger) van energie voorzien door fossiele brandstof, elektriciteit en/of waterstof.

verkeerssysteem. Verder worden in dit SWOV-advies geen risico's geïnventariseerd met betrekking tot de lading van de aanhanger, aangezien dergelijke risico's reeds zijn geïnventariseerd door TÜV en beoordeeld door de RDW.

Dit SWOV-advies volgt in grote lijn de werkwijze die gevolgd wordt bij SWOV-adviesrapporten voor (deels) zelfrijdende voertuigen.<sup>2</sup> In die werkwijze worden de voor de praktijkproef geïnventariseerde risico's gecategoriseerd aan de hand van een risicomatrix met vooraf opgestelde aandachtsgebieden. Het huidige advies omvat diezelfde aandachtsgebieden, behalve degenen die uitsluitend betrekking hebben op voertuigautomatisering. Een toelichting op de geselecteerde aandachtsgebieden en een inventarisatie van risico's volgen in *Hoofdstuk 3*, nadat de proef is beschreven in *Hoofdstuk 2*. Tot slot zullen de geïnventariseerde risico's in *Hoofdstuk 4* nader worden geduid.



2. Boele, M.J., et al. (2015). *Procedure en criteria voor de veiligheid van praktijkproeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen. Achtergrond en aanpak van het SWOV-veiligheidsadvies*. R-2015-15A. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Den Haag.

## 2 Beschrijving van de proef

### 2.1 Gebruikte informatie

Voor dit advies is gebruikgemaakt van de volgende documenten:

- Rebelgroep-presentatie *Toelichting 3Emotion project*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 31 januari 2020;<sup>3</sup>
- Document *Routes 3Emotion bussen*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- RDW-document *Beoordeling risicoanalyse ACR\_B19\_2019\_1.6.pdf*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond-document *Pilotproject waterstofbussen op de lijn Rotterdam-Zuidplein – Ouddorp. Veiligheidsadvies: 3809/073*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- RWS-document *Proef waterstofbussen en passage Heinenoordtunnel*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- RWS-document *Instemming met proef waterstofbussen*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- Provincie Zuid-Holland-document *Kennisname van voornemen verlenen beschikking inzake waterstof range extenders*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- Document *Convenant inzake project rijden met waterstofbussen in het openbaar vervoer*, Staatscourant Nr.42774, 30 november 2015, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- RWS-document *Richtlijnen monitoring H2-busprojecten*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- Gemeente Rotterdam-document *Bevestiging kennisname Pilot Waterstof*, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- Document *Bevestiging kennisname verlenen beschikking waterstofbussen*, College van B&W Goeree-Overflakkee, per e-mail ontvangen van Bjorn Decoster (IenW), op 12 februari 2020;
- SWOV-formulier *Benodigde informatie voor advies praktijkproef waterstofbussen*, zoals ingevuld door Rebelgroep voor het waterstofbus-project en per e-mail ontvangen van Wouter Tettero (Rebelgroep), op 18 februari 2020;
- VDL-document *Chauffeursinstructie - Instrumenten en bediening*, per e-mail ontvangen van Wouter Tettero (Rebelgroep), op 24 februari 2020;
- Document *191107 - Gedetailleerde Routebeschrijving 436 437 v6 incl tankritten*, per e-mail ontvangen van Wouter Tettero (Rebelgroep), op 24 februari 2020;
- TÜV-document *Item definition, ODD and HARA fort he VDL hydrogen system trailer*, versie 1.4, per e-mail ontvangen van Wouter Tettero (Rebelgroep), op 24 februari 2020;
- SWOV-document *Vorbereiding SWOV-adviesrapport waterstofbussen: vragen en verzoek om aanvullende informatie*, naar aanleiding van de eerder aan SWOV toegestuurde informatie,



<sup>3</sup> Rebelgroep is ingehuurd door Connexxion om namens de vervoerder het projectmanagement uit te voeren.

ingevuld door en per e-mail ontvangen van Wouter Tettero (Rebelgroup), op 24 februari 2020;

- VDL-document *Systeemboek H2 Range Extender Extea*, versie DD2832\_00, per e-mail ontvangen van Wouter Tettero (Rebelgroup), op 26 februari 2020.

Daar waar de verschillende documenten tegenstrijdige informatie geven, zijn we uitgegaan van de laatst verstrekte informatie.

## 2.2 De proef

De proef omvat vier waterstofbussen die met passagiers zullen rijden volgens de route en dienstregeling van lijnen 436 en 437 tussen Rotterdam-Zuidplein en respectievelijk Ouddorp en Dirksland. De waterstofbussen vervangen vanaf het verlenen van de ontheffing tot 31 december 2022 vier reguliere dieselbussen op dezelfde lijnen.

### 2.2.1 De voertuigen

Iedere waterstofbus betreft een voertuigcombinatie bestaande uit een VDL SLV 120 Electric batterij-elektrische bus (hierna te noemen: Citea-bus) met daarachter een VDL Extea H2 Range Extender aanhanger (hierna: Extea-aanhanger, zie *Afbeelding 1* en *Afbeelding 2*). De totale lengte van de voertuigcombinatie bedraagt 14,2 meter.

*Afbeelding 1. Zijaanzicht van de waterstofbus (bron: Rebelgroup (2019). Toelichting 3Emotion project, presentatie 10 mei 2019).*



*Afbeelding 2 Achterzijde van de waterstofbus. Tijdens de praktijkproef zullen er Nederlandse kentekens worden gebruikt (bron: SWOV-formulier Benodigde informatie voor advies praktijkproef waterstofbussen).*





De lengte van de Citea-bus valt binnen de wettelijke maximale lengte van een 2-assige bus (13,5 m) en de lengte van de voertuigcombinatie valt binnen de wettelijke maximale lengte van een 3-assige bus (15 m) en een enkelvoudig gelede bus (18,75 m).<sup>4</sup>

### **Kenmerken van de Extea aanhanger**

In de aanhanger bevindt zich een frame met daarin een brandstofcel met waterstof. Door het verbranden van het waterstof wordt elektriciteit gegenereerd, waardoor de batterij van de bus opgeladen blijft. Mocht de brandstofcel een storing hebben dan schakelt deze automatisch uit, zonder dat de chauffeur daarvoor hoeft in te grijpen. Bij uitschakeling van de brandstofcel is er nog energie in de batterij aanwezig, waarmee de bus kan doorrijden. De bus zal dus niet plotseling stilvallen bij het automatisch uitschakelen van de brandstofcel.

Uit de toegestuurde documentatie blijkt dat de aanhanger met de dissel onder- en bovenaan de bus is bevestigd, waardoor de aanhanger niet onafhankelijk van de bus kan kantelen. De aanhanger is voorzien van een knik-beveiliging. Deze geeft bij achteruitrijden een waarschuwing wanneer de aanhanger tegen de bus dreigt te botsen en stopt indien nodig de bus. Verder is de aanhanger uitgerust met een ABS remsysteem (waardoor geremd kan worden zonder dat de wielen blokkeren) en elektronische stabiliteitscontrole (om te voorkomen dat de voertuigcombinatie kantelt en/of schaart tijdens abrupte stuurbewegingen op hoge snelheid). Voordat de voertuigen in gebruik worden genomen, monteert VDL een stootbalk onder de aanhanger om te voorkomen dat andere weggebruikers bij een aanrijding onder het voertuig bekneld raken. De stootbalk bevindt zich op ongeveer 40 cm van de grond en valt gelijk met de achterzijde van de aanhanger.

### **Dynamiek van de voertuigcombinatie**

Op het SWOV-formulier staat aangegeven dat het rijgedrag gelijk is aan dat van een standaard batterij-elektrische bus. Net als bij de reguliere bussen die momenteel op lijn 436 en lijn 437 worden ingezet, is de acceleratie en deceleratie standaard afgestemd op het rijden met staande en zittende passagiers zonder gordel. Vanwege de variabele belading (afhankelijk van het aantal passagiers) is de acceleratie standaard begrensd om te voorkomen dat een lege waterstofbus oncomfortabel kan worden. Op basis van bovenstaande informatie nemen wij aan dat de waterstofbussen met een vergelijkbare acceleratie op zullen trekken als reguliere bussen en dat de waterstofbussen met een vergelijkbare deceleratie zullen remmen als reguliere bussen.

Op het SWOV-formulier is aangegeven dat de totale massa van de passagiers bij maximale benutting van de Citea-bus groter is dan de massa van de Extea-aanhanger. Aangezien de Citea-bus goedgekeurd is voor gebruik op de openbare weg en de Extea-aanhanger is uitgerust met een remsysteem, nemen wij aan dat de voertuigcombinatie (i.e., de waterstofbus) bij maximaal remmen de wettelijke minimum remvertraging op kan brengen.

### **Informatiepaneel voor de bestuurder**

Volgens de chauffeursinstructie start de Extea-aanhanger tegelijkertijd op met het inschakelen van de hoofdschakelaar van het voertuig. Op het informatiepaneel van de Citea-bus bevindt zich een extra bovenbalk in het scherm, waarop informatie over de Extea aanhanger wordt gepresenteerd, zie *Afbeelding 3*. Van links naar rechts wordt er op deze bovenbalk weergegeven:

- een status-led (groen: geen waarschuwingen of storingen, oranje: waarschuwing, rood: *error*);
- een omschrijving van de modus waarin de Extea-aanhanger zich bevindt (in dit geval: *Extea operationeel*);
- het percentage waarmee de tanks nog gevuld zijn met waterstof (hier: 41%);
- een indicatie van de richtingaanwijzers, die behalve op de Citea-bus ook op de Extea-aanhanger aanwezig zijn.



4. CROW (2010). *Karakteristieken van voertuigen en mensen*. Artikelnummer: 279, CROW, Ede.

Afbeelding 3  
Informatiepaneel van de  
Citea-bus. Informatie over  
de Extea-aanhanger wordt  
gepresenteerd in de  
bovenste blauwe balk  
(bron: VDL-document  
Chauffeursinstructie -  
Instrumenten en  
bediening).



In geval van een waarschuwing (oranje status-led) of een *error* (rode status-led) wordt er een bericht getoond in de binnenste cirkel van het informatiepaneel (hier: *Waarschuwing range extender*). Extea-gerelateerde berichten worden op dezelfde manier getoond als berichtgeving over de Citea-bus. Volgens de chauffeursinstructie kan het informatiepaneel in totaal 23 verschillende waarschuwingen en 15 verschillende *errors* weergeven voor de Citea-bus. Specifiek voor de Extea-aanhanger bestaan er 1 waarschuwing en 1 *error*. De documentatie verschaft geen inzicht in hoe vaak de waarschuwingen en *errors* voorkomen. In dit advies nemen wij aan dat berichtgeving over de Extea-aanhanger niet vaker voorkomt dan berichtgeving over de Citea-bus.

Een waarschuwing (van de Citea-bus of de Extea-aanhanger) verschijnt bij een technische storing die nog geen onmiddellijke aandacht vereist. De chauffeur mag doorrijden, maar *“men moet bij de eerste gelegenheid actie ondernemen om de storing te verhelpen.”*<sup>5</sup> Bij *errors* *“moet het voertuig zo spoedig mogelijk op een veilige plaats tot stilstand worden gebracht en de motor worden afgezet.”*<sup>6</sup> Vervolgens moet de hoofdschakelaar worden uitgeschakeld. Een *error* van de Extea-aanhanger resulteert in het uitschakelen van de waterstofcel. Afhankelijk van de ernst van de *error* gebeurt het uitschakelen gecontroleerd (spanningen en lucht- en gasstromen worden afgebouwd voordat ze stoppen en de naloopcyclus wordt doorlopen) of direct (noodtoestand). In het laatste geval wordt het bericht *noodtoestand* weergegeven op het informatiepaneel. In beide gevallen kan de Citea-bus met de restcapaciteit van de eigen batterij blijven rijden, ondanks (plotseling) uitschakelen van de waterstofcel. Om de Extea-aanhanger handmatig uit te schakelen kan men ofwel het voertuig uitschakelen, ofwel een drukknop op het schakelaarpaneel links van het stuurwiel gebruiken. Op dit paneel worden ook andere functionaliteiten van de Citea-bus bediend (bijvoorbeeld de hoofdschakelaar, luchtvering en interieurverlichting).

## 2.2.2 De chauffeurs en taakomschrijving

### Ervaring met de route

De praktijkproef zal worden uitgevoerd door buschauffeurs die bekend zijn met de routes van lijn 436 en lijn 437, omdat zij daar momenteel met reguliere bussen rijden. In bijlage C van de risico-analyse van TÜV geeft Connexion aan dat de chauffeurs de routes eerst zonder reizigers rijden voordat de waterstofbussen daadwerkelijk in de dienstregeling ingezet worden. Bij de routes van lijn 436 en lijn 437 bestaat de mogelijkheid dat er omgereden moet worden als de Heinenoordtunnel en/of Haringvlietbrug gesloten zijn voor verkeer (zie *Paragraaf 2.2.3*). Tevens zal er buiten de dienstregeling van/naar een tankstation met waterstof moeten worden gereden (zie *Paragraaf 2.2.3*). Uit de toegestuurde documentatie kan niet worden opgemaakt of de chauffeurs ervaring hebben met de omgeleide route en/of de tankroute.



5. VDL-document *Chauffeursinstructie - Instrumenten en bediening*, p. 48.

6. VDL-document *Chauffeursinstructie - Instrumenten en bediening*, p. 51.

### **Ervaring met het voertuig**

Op het SWOV-formulier is aangegeven dat de chauffeurs ervaring hebben met het besturen van een standaard batterij-elektrische bus en dat de besturing hiervan gelijk is aan de besturing van de waterstofbussen. De chauffeurs beschikken over een rijbewijs om beroepsmatig met een bus plus aanhanger te mogen rijden.<sup>7</sup> Specifiek voor het rijden met een Extea-aanhanger hebben de chauffeurs een theorie- en praktijktraining doorlopen onder begeleiding van een instructeur van VDL. De inhoud van deze training staat niet beschreven in de toegestuurde documentatie. De RDW merkt hierover op: *“Hoewel de chauffeur een trainingsprogramma moet doorlopen, is de inhoud hiervan niet bekend. We zien het risico dat de chauffeur niet goed weet om te gaan met het voertuig in bijzondere of stressvolle situaties.”*<sup>8</sup>

### **Protocollen**

Connexion heeft protocollen opgesteld voor de omgang met incidenten en onvoorziene omstandigheden bij/met reguliere bussen, waaronder de omgang met weersomstandigheden (zie *Paragraaf 2.2.3*). Op het SWOV-formulier staat aangegeven dat er voor de waterstofbussen geen andere protocollen gelden dan voor de reguliere bussen, omdat de waterstofbussen zich niet anders gedragen. Tevens staat aangegeven dat de chauffeurs bekend zijn met deze protocollen.

Naast reactieve protocollen (bij incidenten) bestaan er preventieve protocollen ter voorkoming van incidenten. Zo beschrijft de chauffeursinstructie bij gebruik van de Extea-aanhanger een aantal controlestappen die moeten worden uitgevoerd alvorens te gaan rijden, bijvoorbeeld of de koppelingen onbeschadigd zijn, of de achteruitrijcamera goed werkt en of het brandstofniveau van de Extea-aanhanger groter is dan 15 procent. Verder stelt Rijkswaterstaat een aantal preventieve procesafspraken voor *“ter voorkoming van een incident”*, zoals *“het niet inrijden van een tunnel bij een storingssignalering”*, *“bij een storingssignalering, indien de veiligheid dit toestaat, de tunnel uitrijden”*, *“niet inhalen in de wegtunnel”* en *“uitsluitend gebruikmaken van de (derde) meest rechter rijstrook.”*<sup>9</sup>

Over de door Rijkswaterstaat voorgestelde preventieve procesafspraken heeft SWOV aan Rebelgroep gevraagd of dit advies in het protocol voor de chauffeurs is opgenomen. Rebelgroep bevestigde dat het advies onderdeel wordt van de training voor de chauffeurs. De RDW merkt over de risico-analyse van TÜV op dat diverse risico's worden gemitigeerd door te verwijzen naar het handboek voor de chauffeur en signaleert hierover een risico: *“...dat er hiermee van uitgegaan wordt dat de chauffeur dit te allen tijde ook zal uitvoeren. [...] Het betreft hiermee extra taken en opdrachten voor de buschauffeur [...] Het is onbekend voor de RDW of hier extra tijd voor gereserveerd wordt ten opzichte van de dienstregeling voor reguliere bussen. Er kan een situatie ontstaan dat de chauffeur zich onder druk gezet kan voelen om bepaalde acties niet uit te voeren of niet wil aangeven dat hij de dienstregeling zou willen stoppen.”*<sup>10</sup> SWOV heeft hierop gevraagd of er extra tijd gereserveerd wordt voor de extra activiteiten die gepaard gaan met het gebruik van waterstofbussen t.o.v. reguliere bussen. De reactie van Rebelgroep hierop was: *“Iedere dienst bevat o.a. zogenaamde opstaptijd. In die tijd dient de chauffeur een aantal handelingen te verrichten. Tijdens de aanvang van de proefperiode wordt beproefd of die tijd voldoende is. Zo niet, zal deze naar behoeven worden aangepast.”*<sup>11</sup>

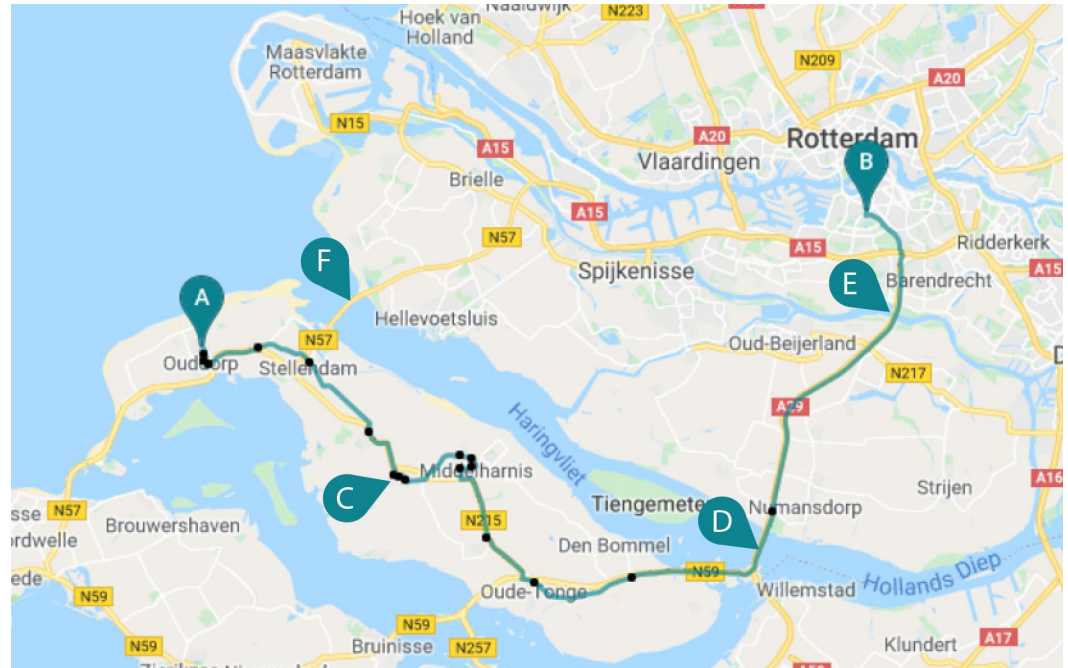


7. Hoewel in de documentatie niet staat aangegeven om welk rijbewijs dit precies gaat, gaan wij er in dit adviesrapport van uit dat het hier rijbewijs DE + Code 95 betreft.
8. RDW-document *Beoordeling risicoanalyse ACR\_B19\_2019\_1.6.pdf*, p. 8.
9. RWS-document *Proef waterstofbussen en passage Heinenoordtunnel*, p. 4.
10. RDW-document *Beoordeling risicoanalyse ACR\_B19\_2019\_1.6.pdf*, p. 7-8.
11. SWOV-document *Voorbereiding SWOV-adviesrapport waterstofbussen: vragen en verzoek om aanvullende informatie*, p. 3.

### 2.2.3 Weg en route

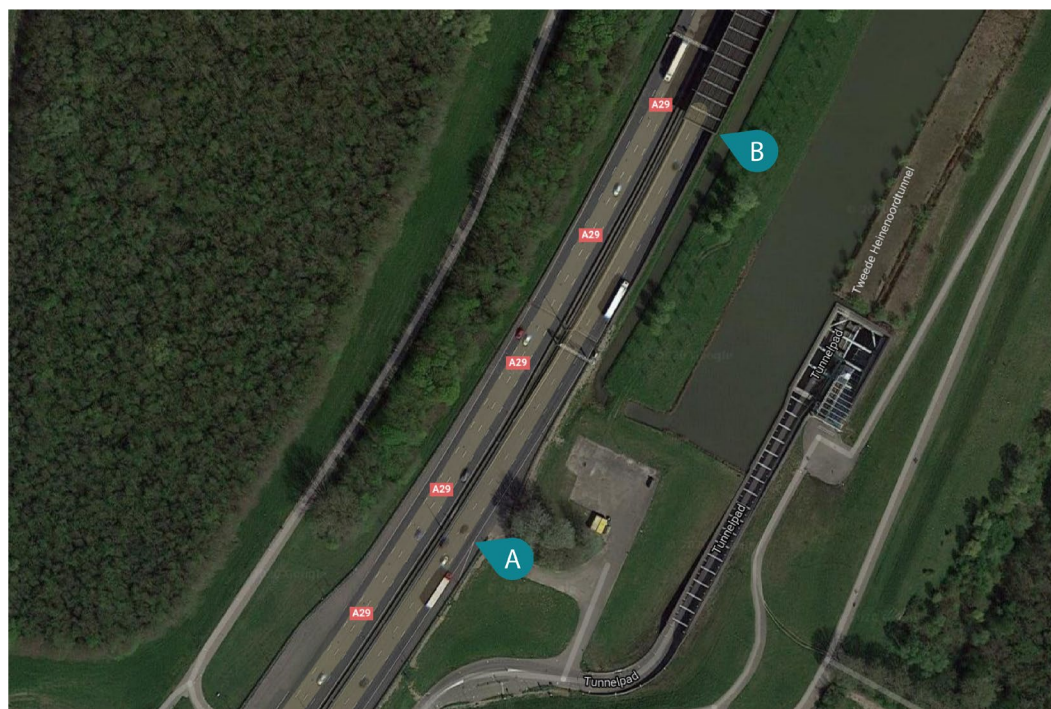
In de toegestuurde documentatie wordt onderscheid gemaakt tussen twee commerciële ritten en vier materiaalritten. De commerciële ritten betreffen de dienstregeling en bijbehorende route van lijn 436 tussen Ouddorp en Rotterdam-Zuidplein (zie *Afbeelding 4*) en van lijn 437 tussen Dirksland en Rotterdam-Zuidplein. De route van lijn 437 volgt vanaf Dirksland dezelfde route als lijn 436, behalve dat lijn 436 extra stopt in Middelharnis. Voor het rijden in de Heinenoordtunnel (locatie D in *Afbeelding 4*) met een met waterstof gevulde aanhanger is toestemming gegeven door de wegbeheerder.

*Afbeelding 4* De route van lijn 436 van Ouddorp (A) naar Rotterdam-Zuidplein (B) en de route van lijn 437 van Dirksland (C) naar Rotterdam-Zuidplein (B). Lijn 437 stopt niet in Middelharnis. Wanneer er niet via de Haringvlietbrug (D) of Heinenoordtunnel (E) kan worden gereden, rijdt lijn 436 via de Haringvlietdam (F) (afbeelding aangepast van document 191107 - Gedetailleerde Routebeschrijving 436 437 v6 incl tankritten).



Bij het naderen van de Heinenoordtunnel rijdt men in beide richtingen op een autosnelweg met drie rijstroken en een vluchtstrook per rijrichting. *Afbeelding 5* geeft de situatie weer vanuit zuidelijke richting. De tunnel zelf bevat geen vluchtstroken; deze houden op (locatie A in *Afbeelding 5*) wanneer de rijbaan begint af te dalen naar de tunnel (locatie B). In de procesafspraken van RWS (zie *Paragraaf 2.2.2*) staat dat de waterstofbus de tunnel niet mag inrijden bij een stringssignalering van de waterstofbus. Dit zou betekenen dat de waterstofbus wordt geacht op de rijbaan te stoppen, indien een stringssignalering pas wordt opgemerkt na het passeren van het einde van de vluchtstrook (maar voor het inrijden van de tunnel).

Afbeelding 5 Satellietfoto van de zuidelijke ingang van de Heinenoordtunnel. De vluchtstrook houdt op (A) voordat men de tunnel (B) inrijdt.



TÜV constateert dat de bushalte aan de Staakweg in Dirksland 12 meter lang is, waardoor de waterstofbus bij het halteren 2,2 meter uitsteekt (zie Afbeelding 6). De toegang tot de Staakweg wordt daardoor geblokkeerd voor bestemmingsverkeer naar/van serviceflat Vroonlande. TÜV oordeelt dat de kans op een aanrijding klein is, omdat de waterstofbus niet altijd bij de halte zal hoeven stoppen, omdat de hoeveelheid verkeer van/naar serviceflat Vroonlande beperkt is en omdat auto's bij een snelheidslimiet van 30 km/uur vanwege de lage aanrijdsnelheid snel tot stilstand kunnen komen. Het oordeel van TÜV betekent overigens niet dat het risico zich niet zal manifesteren. De RDW geeft aan geen advies te kunnen geven over dit risico, omdat "...de RDW niet bekend is met de wijze hoe veel verkeer er rijdt en hoe de reactie van andere verkeer is bij blokkeren van een wegdeel." <sup>12</sup> Uit Afbeelding 6 valt op te maken dat de voetgangersoversteekplaats niet conform de CROW-richtlijnen is aangelegd. Zo hoort een goed gesitueerde voetgangersoversteekplaats naast een kruispunt te liggen en hoort het minimaal 4 meter breed te zijn.

Afbeelding 6 De bushalte aan de Staakweg is 12 meter lang, terwijl de waterstofbussen 14,2 meter lang zijn (bron: document 191107 - Gedetailleerde Routebeschrijving 436 437. v6 incl tankritten).



De materiaalritten worden zonder passagiers gereden. Het gaat om de volgende ritten:

- ritten van stalling Heinenoord naar de commerciële route;
- ritten van stalling Dirksland naar de commerciële route;



12. RDW-document *Beoordeling risicoanalyse ACR\_B19\_2019\_1.6.pdf*, p. 9.

- › ritten van stalling Heinenoord of Rotterdam-Zuidplein naar het Air Liquide tankstation nabij Rhoon om te waterstof te tanken;<sup>13</sup>
- › een rit naar VDL Valkenswaard in geval van schade of groot onderhoud. Bijlage C van de risico-analyse van TÜV vermeldt dat de waterstofbus hierbij op een dieplader wordt vervoerd.

#### Externe omstandigheden

Op het SWOV-formulier staat aangegeven dat de waterstofbussen in elke weersomstandigheid kunnen rijden waar reguliere bussen ook in kunnen rijden. In bijlage C van de risico-analyse van TÜV schrijft Connexxion dat de verkeersleiding chauffeurs vroegtijdig informeert bij een code rood of oranje vanuit het KNMI. In sommige gevallen wordt vooraf besloten (delen van) de route niet te rijden. In andere gevallen wordt de chauffeur ter plekke gevraagd om te oordelen of verder rijden veilig is. Connexxion geeft aan dat de dienstregeling van de reguliere bussen op lijn 436 en lijn 437 een aantal keer is gestopt vanwege sneeuw en ijzel, maar tot nu toe niet vanwege harde wind. Verder betoogt Connexxion dat de Extea-aanhanger bij zijwind niet kan omvallen vanwege de dubbel uitgevoerde dissel en dat dit ook geldt voor de route over de Haringvlietbrug, waar een deel van de wind wordt weggenomen door een afscheiding aan beide kanten.

Over de windgevoeligheid merkt de RDW op dat er niet gevalideerd is dat het gedrag van een waterstofbus gelijk is aan het gedrag van een reguliere bus en dat eveneens niet gevalideerd is dat de afscheidingen op de Haringvlietbrug de invloed van zijwind op het voertuig verkleinen. Verder merkt de RDW op dat de verantwoordelijkheid om te rijden bij de chauffeur wordt gelegd, terwijl de chauffeur geen meetbare kaders worden geboden ter ondersteuning van de beslissing om wel of niet te rijden.

## 2.3 Samenvatting en aannames

Hieronder vatten wij de praktijkproef samen:

- › Het betreft een experiment met vier waterstofbussen.
- › Iedere waterstofbus betreft een voertuigcombinatie bestaande uit een VDL Citea batterij-elektrische bus en een VDL Extea-aanhanger met een waterstofcel.
- › De waterstofbussen zullen op de dienstregeling van lijn 436 (Ouddorp – Rotterdam-Zuidplein) en lijn 437 (Dirksland – Rotterdam-Zuidplein) vier reguliere bussen vervangen.

In dit advies hebben we de volgende aannames gedaan:

- › De waterstofbussen trekken even hard op en remmen even hard af als reguliere bussen.
- › De waterstofbussen kunnen bij maximaal remmen de wettelijke minimum remvertraging opbrengen.
- › Waarschuwingen en *errors* voor de Extea-aanhanger komen niet vaker voor dan waarschuwingen en *errors* voor de Citea-bus.
- › De chauffeurs beschikken over rijbewijs DE + Code 95.
- › Er wordt alleen waterstof getankt bij het waterstoftankstation in Rhoon.



13. In document 191107 - *Gedetailleerde Routebeschrijving 436 437 v6 incl tankritten* wordt aangegeven dat elke bus één keer per dag getankt wordt bij het waterstoftankstation in Rhoon, terwijl er in document *Routes 3Emotion bussen* ook een alternatieve tankmogelijkheid in Helmond wordt beschreven. In bijlage C van de risico-analyse van TÜV wordt stelt Connexxion dat Helmond als alternatief tankstation buiten de scope valt. Wij nemen in dit advies daarom aan dat er alleen waterstof wordt getankt in Rhoon.

### 3 Beoordeling van de risico's

Om de risico's in deze proef te beoordelen is een expertteam (allen SWOV-onderzoekers) met de onderstaande expertises samengesteld:

- Dr. ir. A. Dijkstra (civiel ingenieur; expertise wegontwerp en verkeerskundige analyse);
- Dr. ir. R.J. Jansen (industriële ontwerper; expertise mens-productinteractie en cognitieve psychologie);
- Ir. W.J.R. Louwerse (verkeerskundige; expertise diepteonderzoek naar verkeersongevallen, gekwalificeerd verkeersveiligheidsauditor);
- C. Mons, MSc (psycholoog; expertise cognitieve psychologie);
- Ir. J.W.H. van Petegem (verkeerskundig ingenieur; expertise relatie tussen wegontwerp en verkeersveiligheid).

In een consultatie met deze experts op 3 maart 2020 zijn potentiële risico's in kaart gebracht. Daarnaast zijn risico's in dit advies meegenomen die de RDW heeft beschreven op basis van de risicoanalyse van TÜV, voor zover deze betrekking hebben op mens-/gedragsaspecten van de proef.

#### Risicomatrix

Voor het advies is gebruikgemaakt van de door SWOV ontwikkelde risicomatrix voor het beoordelen van praktijkproeven met (deels) zelfrijdende voertuigen (zie *Bijlage B*). Eerst is voor iedere regel van de risicomatrix bepaald of de vraagstelling betrekking kan hebben op manueel bestuurde voertuigen. Zo is de vraag of de taak voor de bestuurder (bijvoorbeeld het interpreteren van systeemberichten) mentaal te belastend is relevant voor zowel (deels) zelfrijdende als manueel bestuurde voertuigen. De vraag of de bestuurder tijdig geïnformeerd wordt door het voertuig om de rijtaken over te nemen is daarentegen enkel van toepassing op (deels) zelfrijdende voertuigen, omdat de chauffeur van een manueel bestuurd voertuig zich reeds met de rijtaak bezighoudt. Vervolgens is de praktijkproef met waterstofbussen beoordeeld op de resterende regels van de risicomatrix.

*Tabel 1* op de volgende pagina's toont de uitgewerkte risicomatrix voor deze praktijkproef. De potentiële risico's zijn verdeeld in vier categorieën:

1. Risico's die kunnen spelen bij de interactie van de chauffeurs(s) met het systeem in het testvoertuig.
2. Risico's die kunnen spelen bij de interactie tussen het testvoertuig (en zijn chauffeur) en andere verkeersdeelnemers.
3. Risico's die samenhangen met de locatie en het moment van de praktijkproef. Hierbij zijn de route en de plaats op de weg belangrijke uitgangspunten.
4. Algemene risico's die samenhangen met de projectinrichting en management.

De kolommen van de matrix beschrijven het volgende:

- In de eerste kolom staat het beoordelingscriterium.
- In de tweede kolom volgt een toelichting op het criterium.
- In de derde kolom staat aangegeven of het potentiële risico van toepassing is op deze praktijkproef. Hiervoor is consensus gezocht tussen de experts.

- De vierde kolom vermeldt een volgnummer voor potentiële risico's.
- In de laatste kolom wordt aangegeven wat de kans is dat het potentiële risico zich tot een kritische situatie ontwikkelt en wat dan de gevolgen in termen van letsel zijn (\* = klein, \*\* = middelgroot en \*\*\* = groot). Elke expert heeft hiervoor een individuele inschatting gegeven. Voor de uiteindelijke inschatting op *kans en gevolg* is de modus (de beoordeling die het vaakst voorkomt) bepaald.<sup>14</sup>

Alle door de experts geconstateerde potentiële risico's zijn in donkerblauw weergegeven.<sup>15</sup> Als een beoordelingscriterium niet van toepassing is op de praktijkproef, of reeds is afgedekt, is dit in grijsblauw weergegeven. In de derde kolom is aangegeven waarom dit niet van toepassing is en/of geen risico vormt. De 'kans/gevolg'-beoordeling is niet kwantitatief, en geeft dus geen oordeel over het absolute risico of de gevolgen in termen van letsel. De beoordeling wordt gebruikt als indicatie welke potentiële risico's volgens de experts het meest relevant zijn. Conform de procedure bij SWOV-adviesrapporten voor (deels) zelfrijdende voertuigen worden potentiële risico's als relevant beschouwd wanneer ze met minstens 2 x 2 sterren zijn beoordeeld. Uit *Tabel 1* valt op te maken dat dit voor geen van de potentiële risico's het geval is.

Tabel 1. Risicomatrix zoals ingevuld voor de Waterstofbus-praktijkproef.

	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	#	Kans	Gevolg
<b>1. Interactie met systeem/testvoertuig</b>					
Opleiding	Is de chauffeur opgeleid / geïnformeerd om met het systeem om te gaan in de gegeven situatie?	<i>"Hoewel de chauffeur een trainingsprogramma moet doorlopen is de inhoud hiervan niet bekend. We zien het risico dat de chauffeur niet goed weet om te gaan met het voertuig in bijzondere of stressvolle situaties."</i> (RDW)	1	*	**
Nieuwe / andere vaardigheden	Moet de chauffeur nieuwe of andere verrichtingen uitvoeren (bijvoorbeeld inhalen met gekoppelde vrachtwagen, extreem lang voertuig)?	Chauffeurs hebben bij aanvang van iedere dienst een opstaptijd om technische controles te verrichten, waaronder aanvullende controles voor de Extea-aanhanger. In de loop van de proef wordt geëvalueerd of de huidige opstaptijd toereikend is voor het uitvoeren van de aanvullende technische controles voor de Extea-aanhanger.	2	*	**
		Het risico bestaat dat er tot de evaluatie met een te korte opstaptijd wordt gewerkt, waardoor chauffeurs eerder en harder optrekken na halteren om de dienstregeling te halen. Staande passagiers en passagiers die hun zitplaats nog niet hebben bereikt kunnen hierdoor ten val komen.	3	*	**
Mentale taakbelasting	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?	De taak verschilt qua mentale belasting niet dusdanig van reguliere bussen dat er sprake is van een vergroot risico.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.



14. Bij een 'gelijke stand' in het oordeel van de experts is het hoogst aantal sterren aangehouden.

15. Wij kunnen niet garanderen dat de genoemde lijst met (potentiële) risico's uitputtend is.



	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	#	Kans	Gevolg
Falen systeem	Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt?	Vanuit de chauffeursinstructie zou er bij een (oranje) waarschuwing melding doorgereden mogen worden totdat zich een veilige plek aandient om te stoppen. Volgens de richtlijnen van RWS mag de chauffeur de Heinenoordtunnel echter niet inrijden bij storings-signalering van de bus. In de documentatie staat niet aangegeven hoe snel een (oranje) waarschuwing-melding kan escaleren tot een (rode) <i>error</i> -melding. Door de conflicterende instructies bestaat het risico dat er bij een (oranje) waarschuwing melding doorgereden wordt, waardoor de chauffeur, de passagiers en medeweggebruikers aan potentieel gevaar worden blootgesteld.	4	*	***
Oneigenlijk gebruik van het systeem	Hoe wordt oneigenlijk gebruik (bijvoorbeeld in-/uitschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?	De Extea-aanhanger kan tijdens het rijden worden uitgezet met een schakelaar op het bedieningspaneel links van het stuurwiel. De Citea-bus kan dan door blijven rijden op de interne batterij.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Onverwachte gebeurtenis	Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekende dieren/ voetganger / object, file op het traject, lekke band)?	Het protocol voor reguliere bussen bij onverwachte gebeurtenissen wordt opgevolgd.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

## 2. Interactie met andere weggebruikers

Afleiding	Zijn de kenmerken van de voertuigen zo opvallend dat overige wegverkeer hierdoor kan worden afgeleid?	Nee. De waterstofbus lijkt qua uiterlijke kenmerken (lak, teksten en ritnummer) op een reguliere bus.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Voorspelbaarheid	Reageert het voertuig conform verwachtingen van andere weggebruikers?	Door de niet-doorlopende carrosserie (t.o.v. de 'harmonica' van een gearticuleerde bus) bestaat de mogelijkheid dat voetgangers zich tussen de Citea-bus en Extea-aanhanger begeven. Voor voetgangers met de verwachting over te kunnen stekken nadat een reguliere lijnbus is gepasseerd (of nadat men een lijnbus zelf heeft gepasseerd), blinden met een blindegeleidestok en voor spelende kinderen bij een bushalte bestaat het risico dat zij tussen de Citea-bus en Extea-aanhanger terechtkomen.	5	*	***
		Volgens de richtlijnen van RWS mag de chauffeur de Heinenoordtunnel niet inrijden bij storings-signalering van de bus. Het kan voor de chauffeur onduidelijk zijn of de tunnel begint bij het einde van de vluchtstrook (waar de rijbaan afdaalt naar de tunnel), of bij het begin van de tunnel. Het risico bestaat dat de chauffeur na het passeren van het einde van de vluchtstrook bij een (oranje) waarschuwing melding of (rode) <i>error</i> -melding een noodstop op de rijbaan uitvoert, waardoor een kop-staartbotsing kan worden veroorzaakt met achterliggend verkeer.	6	*	***

## 3. Locatie en tijden praktijkproef

Plaats op de weg: massa, snelheid en omvang	Is de voorgestelde plaats op de weg de meest veilige als het voertuig mengt met ander verkeer?	Bij een botsing met een waterstofbus bestaat het risico dat voetgangers of fietsers tussen de Citea-bus en Extea-aanhanger terechtkomen.	7	*	***
---	--	--	---	---	-----

	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	#	Kans	Gevolg
Route: snelheid en obstakelbeveiliging	Is de snelheid van het voertuig conform de omstandigheden? (bv niet te langzaam of te snel voor de omstandigheden) Zijn wegmeubilair en andere obstakels voldoende afgeschermd?	<i>"Het [TÜV, red.] rapport geeft als risico aan dat bij bushalte Dirksland de achterzijde van de aanhangwagen de toegangsweg blokkeert naar serviceflat Vroonlande."</i> (RDW) Dit kan tot een afdekongeval leiden, bijvoorbeeld wanneer een automobilist die vanaf de hoofdweg linksaf de zijstraat inrijdt (in de richting van serviceflat Vroonlande) niet tijdig ziet dat er zich een fietser achter de Extea-aanhanger bevindt. Een ander voorbeeld van een afdekongeval op deze locatie is wanneer een voetganger zich over de fout gesitueerde voetgangersoversteekplaats haast om de bus te halen, waar zich op dat moment vanuit de richting van de serviceflat een voertuig achter de aanhanger langs manoeuvreert.	8	*	**
Externe omstandigheden: weer en verkeer	Is er voldoende rekening gehouden met de verwachte weersomstandigheden en verkeersdrukte?	Ja. Het protocol voor omgang met weersomstandigheden voor reguliere bussen wordt opgevolgd.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<b>4. Algemeen</b>					
Projectinrichting & management	Is er een protocol voor incidenten?	Ja. Het protocol voor reguliere bussen bij onverwachte gebeurtenissen wordt opgevolgd. Er zijn afspraken gemaakt met de veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

## 4 Het SWOV-advies over de praktijkproef met waterstofbussen

De potentiële risico's in de risicomatrix van *Tabel 1* worden als relevant risico beschouwd wanneer zowel de *Kans* als het *Gevolg* met minstens 2 sterren zijn beoordeeld.<sup>16</sup> Hoewel alle potentiële risico's qua *Gevolg* als middelgroot (twee sterren) tot groot (drie sterren) worden beoordeeld, wordt de *Kans* dat de beschreven situaties zich voordoen in alle gevallen als klein (één ster) beschouwd. Deze beoordeling geldt zowel voor de potentiële risico's die door de SWOV-experts zijn opgesteld als voor de door de RDW beschreven (potentiële) risico's. Het gezamenlijk oordeel van de SWOV-experts is daarmee dat er geen relevante risico's in de praktijkproef met waterstofbussen aanwezig zijn. We zien dan ook geen concrete beperkingen die in de ontheffing zouden moeten worden opgenomen.

In dit adviesrapport is een aantal aannames gemaakt, waaronder de aanname dat waarschuwingen en *errors* voor de Extea-aanhanger niet vaker voorkomen dan waarschuwingen en *errors* voor de Citea-bus. Mocht deze aanname niet blijken te kloppen – de meldingen voor de Extea-aanhanger komen juist (veel) vaker voor – dan zou de *Kans* voor de potentiële risico's #4 en #6 in de risicomatrix van *Tabel 1* mogelijk hoger dan één ster worden ingeschat, waardoor er sprake zou zijn van een relevant risico. Het is daarom van belang om gedurende de praktijkproef te monitoren hoe vaak er waarschuwingen en *errors* voor de Extea-aanhanger verschijnen op het informatiepaneel van de chauffeur en hoe dit aantal zich verhoudt tot de overige waarschuwingen en *errors*.

Tot slot willen we benadrukken dat de lijst met risico's niet uitputtend is en dat niet alle risico's geheel weggenomen kunnen worden. Het experimenteren met innovatieve vervoerswijzen op de openbare weg zal altijd gepaard gaan met een bepaalde mate van risico.



16. Beoordeling conform: Boele, M.J., et al. (2015). Procedure en criteria voor de veiligheid van praktijkproeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen. Achtergrond en aanpak van het SWOV-veiligheidsadvies. R-2015-15A. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Den Haag.

## Bijlage A SWOV-formulier praktijkproef waterstofbussen

## BENODIGDE INFORMATIE VOOR ADVIES PRAKTIJKPROEF WATERSTOFBUSSEN

PROJECT / PROEF		
Naam project	3Emotion (4 waterstofbussen Zuid-Holland)	
Leg in één alinea uit wat het doel van de proef is en beantwoord daarbij de volgende vragen: – Gaat het om een demonstratie of experiment? – Welk scenario wordt gedemonstreerd/getest?	Het gaat om een demonstratieproject. Onder de vlag van het Europese 3Emotion project worden 4 waterstofbussen in de operatie van Connexxion ingezet in de concessie Hoekse Waard – Goeree Overflakkee.	
Voor welke functionaliteit (en) wordt er ontheffing aangevraagd?	De inzet van 4 waterstofbussen welke volwaardig op de commerciële buslijnen 436 en 437 worden ingezet in de HWGO concessie.	
Locatie van de proef	Welke plaats, provincie?	Provincie Zuid-Holland. Concessiegebied Hoeksche Waarde Goeree Overflakkee, lijnen 436 en 437
	Over welk type wegen rijdt het voertuig (snelweg, provinciale weg, enz.)?	Snelwegen, provinciale wegen en binnen de bebouwde kom.
	Met welke snelheid rijdt het voertuig op deze wegen?	Maximaal 100 km/u op de snelweg. Op de overige wegen de maximaal toegestane snelheidslimieten.
	Welk ander verkeer maakt gebruik van deze wegen (fietsers, voetgangers, auto's, vrachtverkeer, enz.)?	De waterstofbussen zullen als volwaardige bussen in de operatie worden opgenomen en 4 dieselbussen vervangen. Al het toegestane wegverkeer kan gebruik maken van de wegen op de route.
	Wat is de exacte route van het voertuig (straatnamen en route kaart)?	Connexxion Dienstlijnen HWGO 436 en 437. Deze lijnen rijden tussen Ouddorp via de N215 en A29 naar Rotterdam Zuidplein. Als onderdeel van de risicoanalyse die de TÜV in december 2019 heeft opgeleverd is er een gedetailleerde routebeschrijving van de lijnen 436 en 437 gemaakt.
	Met welk type wegen <i>kruist</i> de route (snelweg, provinciale weg, enz.) en wat zijn hier de snelheidslimieten?	De bussen zullen als volwaardige bussen in de operatie worden ingezet. De route kruist verschillende typen wegen (snelweg, provinciale weg en gemeentelijke wegen). Als onderdeel van de risicoanalyse die de TÜV in december 2019 heeft opgeleverd is er een gedetailleerde routebeschrijving van de lijnen 436 en 437 gemaakt. Alle mogelijke verkeersgebeurtenissen waar de waterstofbussen mee in aanraking kunnen komen zijn hierin beschreven alsook ook de type wegen en de daar geldende snelheidslimieten.
	Welk ander verkeer maakt gebruik van deze <i>kruisende</i> wegen (fietsers, voetgangers, auto's, vrachtverkeer, enz.)?	De waterstofbussen zullen als volwaardige bussen in de operatie worden ingezet. Hierdoor kan het alle mogelijke wettelijk toegestane weggebruikers tegenkomen op diens route.
Op welke dag of in welke periode vindt de proef plaats?	Van 01/01/2020 Tot 31/12/2022	
Onder welke omstandigheden wordt <i>NIET</i> gereden? (spits, dag/nacht, weekdays/weekenden, regen, mist, etc)	De bussen kunnen in elke weersomstandigheid rijden, gelijkwaardig aan een dieselbus. De RDW adviseert aan te sluiten bij al bekende standaarden zoals die gelden voor ADR vervoer en LZV. Indien deze beperking van inzet onderdeel wordt van de beschikking dan zal Connexxion zich hieraan conformeren.	

VOERTUIG			
Voertuig-specificaties	Model	Citea SLV 120 Electric met range extender	
	Massa	Ledig	15.722 kg (dit wijkt niet af van een 'standaard' waterstofbus die onder geel kenteken zijn toegelaten)
		Met lading	Maximaal toelaatbaar gewicht 19.500 kg
	Afmetingen (lxbxh)	14 meter x 2.55 meter x 3.29 meter	
Constructiesnelheid	Maximaal 100 km/uur		

	Remvertraging voertuigcombinatie	De acceleratie en deceleratie is standaard afgestemd op het rijden met Staande en Zittende passagiers zonder gordel. Omdat de bus altijd een andere belading heeft (gewicht passagiers >> aanhanger) is de acceleratie standaard begrensd om te voorkomen dat een lege bus 'oncomfortabel' kan worden. Wel is de bus voorzien van een aangepast stabilisatieprogramma waarmee de uitwijkmanoeuvres zijn uitgevoerd. Dit is speciaal afgestemd op rijden met aanhangers.
	Hoe verschilt het uiterlijk van het voertuig ten opzichten van de huidige voertuigen in het wegbeeld?	Het uiterlijk van de bus is gelijk aan een standaard 12 meter bus met het verschil dat er een range extender aan de bus is gekoppeld (zie foto onderaan dit document).
Gedrag van het voertuig in vergelijking met een gemiddelde bestuurder	Hoe wijkt het voertuig af van de <i>formele</i> verkeersregels en -tekens?	Het voertuig wijkt niet af van de formele verkeersregels. De bus is een standaard batterij-elektrisch bus van VDL zoals die reeds op de openbare weg is toegelaten in grootschalig wordt ingezet. De waterstofmodule bevindt zich in een afkoppelbare range extender achter de bus.
	Hoe wijkt het voertuig af van de <i>informele</i> verkeersregels en -tekens? <b>Bijvoorbeeld:</b> Rijdt het voertuig (veel) langzamer dan de maximum snelheid?	Het voertuig wijkt niet af van informele verkeersregels. Het rijgedrag is gelijk aan een standaard elektrische bus.

## BEMANNING VOERTUIG

Hoeveel projectmedewerkers (bestuurder/operator /steward) zijn er structureel in het voertuig aanwezig?	Er is structureel een chauffeur in het voertuig aanwezig.
Hoeveel projectmedewerkers (operator) houden zich structureel op afstand met het voertuig bezig?	Voor het rijden met de bussen zijn geen extra projectmedewerkers aanwezig. Wel wordt in het kader van het 3Eomotion project data verzameld over de prestaties van de bussen (gereden afstand, verbruik, beschikbaarheid, etc.). Voor het onderhoud van de bussen zijn de reeds aangestelde monteurs opgeleid om kleine reparaties uit te voeren.

Vul hieronder per projectmedewerker in welke rollen en taken deze vervult.

Project-medewerker	Rolomschrijving (bestuurder /operator/steward/anders)	Taakomschrijving (programmeren, dataverzameling, enz.)		Aanwezigheid (in voertuig/ter plekke/externe controlekamer /anders, namelijk...)
		Voor/na de rit, bij stilstand	Tijdens de rit	
1:	Bestuurder	Bus gereed maken voor de operatie en na dienst het voertuig uitzetten.	Besturen van het voertuig	In voertuig
2:				
etc				

Welke informatie wordt tijdens het rijden aan een bestuurder/operator aangeboden (informatie over de werking van het systeem, route, communicatie met andere chauffeurs of een 'control room', enz.)? NB. Graag een foto toevoegen vanuit het perspectief van de bestuurder.

In de basis wordt aan de chauffeur dezelfde informatie aangeboden als bij een standaard batterij-elektrische bus. De chauffeurs zijn hiermee bekend, evenals de protocollen die gelden in geval van incidenten.

Op het dashboard is er een extra bovenbalk in het scherm (zie afbeelding onderaan document). Daarop is van links naar rechts het volgende te zien: indicatie of er een fout is (groen, geel of rood bolletje), dan een korte tekst omschrijving van de modus waarin de Extea zich bevindt (in dit geval Extea Nalooptijd), waterstof % in de tanks, indicatie van de knipperlichten vanwege de aanhanger met knippellichten. Gele en rode meldingen krijgen ook een 'pop up' op het scherm

Daarnaast:

1. De aanhanger is voorzien van ABS. Indien er een ABS storing is op de aanhanger, krijgt de chauffeur een waarschuwing.
2. Wanneer een deur of klep open wordt gezet (dus ook de vulnis) van de aanhanger komt er ook een melding op het scherm.
3. Als laatste voegen wij nu ook een bandenspanningsmonitoring op de aanhanger in. (Geen eis TUV/RDW).

Ingrijpen /Taken overnemen	Wie wordt er geïnformeerd dat het systeem niet meer werkt?	De chauffeur zal direct merken wanneer het systeem (de bus?) niet meer werkt omdat hij de bus dan niet meer of nog maar deels kan besturen.
	Hoe wordt deze persoon geïnformeerd dat het systeem niet meer werkt en hij/zij moet ingrijpen/taken overnemen?	Dit lijkt niet relevant voor deze bus. Lijkt te doelen op een zelfrijdend voertuig, dat is deze bus niet.
	Op welke manier kan deze persoon ingrijpen?	Dit lijkt niet relevant voor deze bus. Lijkt te doelen op een zelfrijdend voertuig, dat is deze bus niet.

	Hoeveel tijd is er om in te grijpen/taken over te nemen? NB. Bij meerdere taken graag per taak omschrijven.	Dit lijkt niet relevant voor deze bus. Lijkt te doelen op een zelfrijdend voertuig, dat is deze bus niet.
Ervaring van de bestuurder /operator	Welke opleiding/training/ informatie heeft de bestuurder/operator gehad om met het systeem om te gaan?	Alle chauffeurs die met de waterstofbussen gaan rijden hebben een theorie en praktijk training doorlopen. Deze training is specifiek gericht op het rijden met deze waterstofbus en wordt gegeven door een instructeur/expert van VDL.
	Welke ervaring heeft de bestuurder/operator met het systeem?	De besturing van de waterstofbussen is in gelijk aan die van een standaard batterij-elektrische bus waarmee de chauffeurs reeds ervaring hebben. Een batterij-elektrische bus wijkt weer niet veel af van een dieselbus. Een deel van de chauffeurs heeft een extra rijbewijs moeten halen om met de range extender achter de bus te mogen rijden.
	Welke ervaring heeft de bestuurder/operator op de Nederlandse weg?	Alle chauffeurs zijn ervaren in het rijden met bussen op de openbare weg, en specifiek op de beoogde route van de waterstofbussen. Daar rijden ze op dit moment met de huidige bussen.
Omschrijf wat de bestuurder moet doen in het geval van onvoorziene situaties (file op het traject, lekke band, onverwachte verkeersdrukte, ziekte of vermoeidheid van bestuurder, enz.)		In geval van onvoorziene situaties handelt de chauffeur volgens de bestaande protocollen zoals die gelden binnen Connexxion. Omdat de waterstofbus zich niet anders gedraagt dan de huidige bussen wordt hierin geen onderscheid gemaakt.
Hoe wordt oneigenlijk gebruik door de bestuurder (bijvoorbeeld in-/uitschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan ?		<p>Oneigenlijk gebruik kan in principe niet. De range extender kan uitgezet worden. Dit is een bewuste handeling die je moet uitvoeren door een rode schakelaar om te zetten. Vervolgens komt er dan een melding op het display.</p> <p>Tevens: De bus is voorzien van een knik-beveiliging. Mocht de chauffeur besluiten achteruit te rijden (mag geloof ik niet binnen de eigen regels van de vervoerder), dan is de aanhanger/bus voorzien van een knik-beveiliging. Deze geeft een waarschuwing en indien nodig de bus stopt. Mocht de brandstofcel een storing hebben dan schakelt deze automatisch uit. Ook hier is het niet van de chauffeur afhankelijk.</p>

### PASSAGIERS/ANDERE WEGGEBRUIKERS

Zullen er passagiers meerijden? Zo ja: Wie zijn dit (notabelen, pers, studenten, projectmedewerkers, enz.)?	De waterstofbussen worden als volwaardige bussen in de operatie ingezet waardoor er passagiers meerijden.
Hoe zijn andere weggebruikers en/of omwonenden geïnformeerd over de praktijkproef?	Er is intensieve afstemming geweest met wegbeheerders, veiligheidsregio's en de tunnelbeheerder van de Heinenoordtunnel over de inzet van de bussen. Andere weggebruikers zijn niet geïnformeerd.
Hoe wordt omgegaan met de mogelijkheid dat andere weggebruikers het voertuig uittesten?	Andere weggebruikers kunnen/mogen het voertuig niet uittesten.

### ORGANISATIE

Omschrijf het protocol bij incidenten: wie neemt bij welke incidenten de beslissing voor doorgang of stilleggen van de proef?		
Testresultaten	Waar is het systeem eerder getest (op een testbaan of openbare weg)? Resultaten graag bijvoegen.	Er is op circuit Lelystad (RDW) gereden en getest (geen beeldmateriaal van ivm verbod op fotografie). Op de foto onderaan dit document is te zien dat Bus 2000 inmiddels 1791 km gereden heeft. Naast de vele testen rond fabriek VDL kan eventueel de tankhistorie opgevraagd worden (Helmond).
	Welke risico-analyses (hazard analysis, risk assessment, FMEA, enz.) zijn er uitgevoerd? Resultaten graag bijvoegen.	Er is een grondige risico analyse door TuV uitgevoerd, in samenspraak met de RDW. Uitkomst van deze analyse is dat de voertuigen veilig ingezet kunnen worden op de beoogde route (advies RDW). De RDW heeft hiertoe kentekenbewijzen voor de voertuigen uitgegeven.





## Bijlage B Risicomatrix

Op basis van expertkennis en literatuur is een 'risicomatrix' opgesteld.<sup>17</sup> Deze beschrijft hoe potentiële risico's die voor verschillende niveaus van automatisering voor verschillende gedragsaspecten te verwachten zijn en hoe ze kunnen worden – of al zijn – afgedekt. Zie het rapport *Veiligheid bij praktijkproeven met (deels) zelfrijdende voertuigen*<sup>18</sup> voor een uitgebreide beschrijving van het samenstellen van de matrix.

De risicomatrix beschrijft de mogelijke risico's bij drie niveaus van automatisering (geïnspireerd op de 'SAE levels' van automatisering)<sup>19</sup>. Het belangrijkste verschil tussen de niveaus wordt gevormd door wat de bestuurder nog zelf moet doen (sturen, versnellen/remmen, monitoren, achtervang zijn en signaleren of actie nodig is):

### 1. Gedeeltelijke automatisering – Chauffeur in actie

Bij gedeeltelijke automatisering neemt het systeem tijdelijk ofwel het sturen ofwel versnellen/remmen over. De chauffeur voert alle overige dynamische taken wel zelf uit, zoals het monitoren van de rijomgeving en van het systeem. Bovendien treedt de chauffeur op als achtervang als het systeem daar om vraagt en kan hij het systeem 'overrulen'. Het systeem kan door de chauffeur geactiveerd en uitgezet worden. Om de geautomatiseerde delen van de rijtaak goed uit te kunnen voeren gebruikt het systeem informatie over de rijomgeving. Een voorbeeld van dit niveau van automatisering zijn systemen die de chauffeur ondersteunen bij het uitvoeren van een lastige of vermoeiende rijtaak, zoals de fileassistent bij het filerijden. De fileassistent houdt een gelijkmatige snelheid en een bepaalde afstand tot de voorligger.

### 2. Conditionele automatisering – Chauffeur is belangrijk

Bij conditionele automatisering wordt de volledige rijtaak door het systeem uitgevoerd. De chauffeur monitort de rijomgeving, fungeert als achtervang als het systeem daar om vraagt, en is hiermee als het ware toezichthouder geworden. Op dit niveau is het voor de veiligheid cruciaal dat de chauffeur tijdig kan ingrijpen als het systeem of de verkeerssituatie hierom vraagt, de chauffeur fungeert als achtervang. Dit niveau van automatisering wordt bijvoorbeeld gebruikt bij vrachtauto's die gekoppeld in colonne op de weg rijden. Dit wordt ook wel 'platooning trucks' genoemd. In een gekoppelde colonne heeft de voorste vrachtauto de leidende rol en een lager automatiseringsniveau.



17. Hierbij is gebruikgemaakt van de FMEA-methode (zoals beschreven in het ADVISORS-project: ADVISORS (2003). Advanced Driver Assistance and Vehicle Control System Implementations, Standardisation, Optimum Use of the Road Network and Safety: Final report. Commission of the European Communities, Brussels.)

18. Boele, M.J., et al. (2015). Procedure en criteria voor de veiligheid van praktijkproeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen. Achtergrond en aanpak van het SWOV-veiligheidsadvies. R-2015-15A. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Den Haag.

19. SAE\_International. (2016). *Surface vehicle recommended practice; Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles (J3016-201609)*. Geraadpleegd op [http://standards.sae.org/J3016\\_201609](http://standards.sae.org/J3016_201609)

### 3. Volledig automatisering – Chauffeur is niet belangrijk

Bij volledige automatisering neemt het systeem alle rijtaken over en monitort het de rijomgeving en zichzelf. Op dit niveau hoeft het systeem niet meer terug te vallen op de chauffeur. De chauffeur heeft geen rol in dit voertuig en is daarmee passagier geworden. Voertuigen op dit niveau kunnen onbemand zijn en hebben soms geen stuur en geen pedalen. Eventueel kan een operator op afstand toezicht houden over het voertuig en zijn omgeving. Een voertuig op dit niveau van automatisering is technisch gezien vergelijkbaar met bijvoorbeeld een automatische ‘people mover’. Deze voertuigen brengen passagiers van A naar B over een aan het voertuig toegewezen pad, zonder aanwezigheid van een chauffeur. Voor een SWOV-advies over een praktijkproef hanteren we dit niveau van volledige automatisering uiteraard voor voertuigen die op de openbare weg zullen rijden.

De risicomatrix toont de potentiële risico’s die wij verwachten op elk van de drie niveaus van automatisering; deze vormen de horizontale dimensie van de matrix. De andere dimensie van de matrix wordt gevormd door de volgende vier categorieën risico’s:

1. Risico’s die kunnen spelen bij de interactie tussen de chauffeur (of operator) en het geautomatiseerde systeem in het voertuig;
2. Risico’s die kunnen spelen de interactie tussen het voertuig (en zijn chauffeur) en andere weggebruikers;
3. Risico’s die samenhangen met de locatie en het moment van de praktijkproef. Hierbij zijn de route en de plaats op de weg belangrijke uitgangspunten;
4. Algemene risico’s die samenhangen met de projectinrichting en management.

De risicomatrix dient als leidraad bij het beoordelen van de testaanvraag voor de praktijkproef.

		Gedeeltelijke automatisering	Conditionele automatisering	Volledige automatisering
<b>1. Interactie met systeem/voertuig</b>				
Opleiding <sup>20</sup>		Is de chauffeur opgeleid / geïnformeerd om met het systeem om te gaan in de gegeven situatie?		Is de operator opgeleid om beslissingen te kunnen nemen?
Nieuwe / andere vaardigheden		Moet de chauffeur nieuwe of andere verrichtingen uitvoeren (bijvoorbeeld inhalen met gekoppelde vrachtwagen, extreem lang voertuig)?		Heeft de operator genoeg informatie om de juiste beslissing te nemen?
Transition of control	Mentale taakbelasting <sup>21</sup>	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?		
	Situation Awareness <sup>22,23</sup>	Blijft de chauffeur 'in the loop' (bewust van de verkeerssituatie)? Wordt de chauffeur tijdig geïnformeerd door het voertuig, zodat hij de rijtaken over kan nemen?		Wordt de operator tijdig geïnformeerd, zodat hij op tijd kan beslissen? (op afstand) overnemen?
Falen systeem <sup>24</sup>		Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt?	Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt? Is er dan genoeg tijd om over te nemen?	Wat gebeurt als het voertuig onverwachts stopt (wordt aangegeven dat er iets aan de hand is)?
Oneigenlijk gebruik van het systeem <sup>25</sup>		Hoe wordt oneigenlijk gebruik (bijvoorbeeld in-/uitschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?		Hoe wordt misbruik (bijvoorbeeld inschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?
Onverwachte gebeurtenis		Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekende dieren/ voetganger / object, file op het traject, lekke band)?		



20. Larsson, A.F.L., Kircher, K. & Andersson Hultgren, J. (2014). *Learning from experience: Familiarity with ACC and responding to a cut-in situation in automated driving*. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 27, Part B, nr. 0, p. 229-237.
21. Waard, D. de (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen RUG, Groningen.
22. Endsley, M.R. (1995). *Toward a theory of situation awareness in dynamic systems*. In: Human Factors, vol. 37, nr. 1, p. 32-64.
23. Endsley, M.R. & Kaber, D.B. (1999). *Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task*. In: Ergonomics, vol. 42, nr. 3, p. 462-492.
24. Strand, N., Nilsson, J., Karlsson, I.C.M. & Nilsson, L. (2014). *Semi-automated versus highly automated driving in critical situations caused by automation failures*. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 27, Part B, nr. 0, p. 218-228.
25. Marinik, A., Bishop, R., Fitchett, V., Morgan, J.F., et al. (2014). *Human factors evaluation of level 2 and level 3 automated driving concepts: Concepts of operation*. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.

	Gedeeltelijke automatisering	Conditionele automatisering	Volledige automatisering
<b>2. Interactie met andere weggebruikers</b>			
Informatie <sup>26</sup>		Zijn andere weggebruikers geïnformeerd over de praktijkproef?	
Afleiding	Zijn de kenmerken van de voertuigen zo opvallend dat overige wegverkeer hierdoor kan worden afgeleid?		
Voorspelbaarheid <sup>27,28</sup>		Reageert het voertuig conform verwachtingen van andere weggebruikers?	
(Anticiperen op) onverwacht gedrag andere weggebruikers		Kan het voertuig anticiperen op onverwachte gedrag van andere weggebruikers?	
Verkeersregels <sup>15,16</sup>		Volgt het voertuig de verkeersregels en – tekens?	
Oneigenlijk gebruik		Is er voldoende rekening gehouden met de mogelijkheid dat andere weggebruikers het voertuig uittesten? (bijvoorbeeld: overige weggebruikers testen of het voertuig inderdaad automatisch remt)	
Kopieergedrag <sup>29,30</sup>		Wat is de kans dat andere weggebruikers op onwenselijke wijze gedrag van automatische voertuigen overnemen (bijvoorbeeld te korte volgfstand (<5m) in navolging van platooning trucks)	
<b>3. Locatie en tijden praktijkproef</b>			
Plaats op de weg: massa, snelheid en omvang <sup>31</sup>		Is de voorgestelde plaats op de weg de meest veilige als het voertuig mengt met ander verkeer?	
Route: snelheid en obstakelbeveiliging		Is de snelheid van het voertuig conform de omstandigheden? (bv niet te langzaam of te snel voor de omstandigheden) Zijn wegmeubilair en andere obstakels voldoende afgeschermd?	
Externe omstandigheden: weer en verkeer		Is er voldoende rekening gehouden met de verwachte weersomstandigheden en verkeersdrukte?	
<b>4. Algemeen</b>			
Projectinrichting & management		Is er een protocol voor incidenten?	



<sup>26</sup> Hoekstra, T. & Wegman, F. (2011). *Improving the effectiveness of road safety campaigns: Current and new practices*. In: IATSS Research, vol. 34, nr. 2, p. 80-86.

<sup>27</sup> Houtenbos, M. (2008). *Expecting the unexpected: a study of interactive driving behaviour at intersections*. Proefschrift TU Delft. SWOV Dissertatiereeks. SWOV, Leidschendam.

<sup>28</sup> Sivak, M. & Schoettle, B. (2015). *Road safety with self-driving vehicles : general limitations and road sharing with conventional vehicles*. UMTRI-2015-2. University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor.

<sup>29</sup> Gouy, M., Wiedemann, K., Stevens, A., Brunett, G., et al. (2014). *Driving next to automated vehicle platoons: How do short time headways influence non-platoon drivers' longitudinal control?* In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 27, Part B, nr. 0, p. 264-273.

<sup>30</sup> Skottke, E.M., Debus, G., Wang, L. & Huestegge, L. (2014). *Carryover effects of highly automated convoy driving on subsequent manual driving performance*. In: Human Factors, vol. 56, nr. 7, p. 1272-1283.

<sup>31</sup> SWOV (2018). *DV3 – Visie Duurzaam Veilig Wegverkeer 2018-2030; Principes voor ontwerp en organisatie van een slachtoffervrij verkeerssysteem*. SWOV, Den Haag.

# Ongevallen voorkomen Letsel beperken Levens redden

## **SWOV**

**Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid**

Postbus 93113

2509 AC Den Haag

Bezuidenhoutseweg 62

070 – 317 33 33

info@swov.nl

www.swov.nl

 [@swov\\_nl](#) / [@swov](#)

 [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)