

# Procedure en criteria voor de veiligheid van praktijkproeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen

R-2015-15A





# **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

M.J. Boele, MSc, C.W.A.E. Duivenvoorden, MSc, A.T.G. Hoekstra, MSc &  
dr. S. de Craen

Den Haag, 2015

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2015-15A
Titel:	Procedure en criteria voor de veiligheid van praktijkproeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen
Ondertitel:	Achtergrond en aanpak van het SWOV-veiligheidsadvies
Auteur(s):	M.J. Boele, MSc, C.W.A.E. Duivenvoorden, MSc, A.T.G. Hoekstra, MSc & dr. S. de Craen
Projectleider:	Dr. S. de Craen
Projectnummer SWOV:	S15.04
Trefwoorden:	Behaviour; safety; test; test method; vehicle; automatic; road user; road traffic; SWOV
Projectinhoud:	Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft een testprocedure opgesteld die bij een aanvraag voor een praktijkproef met zelfrijdende voertuigen op de openbare weg wordt gehanteerd. SWOV geeft binnen deze procedure advies over de veiligheid van de aangevraagde praktijkproef wat betreft de gedragsaspecten. Dit rapport beschrijft de achtergrond van dit veiligheidsadvies en de methode om te kunnen beoordelen of proeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen zo veilig mogelijk worden uitgevoerd. Een korte samenvatting van deze methode is ook beschikbaar in het Engels in SWOV-rapport <a href="#">R-2015-15</a> .
Aantal pagina's:	36 + 7
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2015

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

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV  
Postbus 93113  
2509 AC Den Haag  
Telefoon 070 317 33 33  
Telefax 070 320 12 61  
E-mail [info@swov.nl](mailto:info@swov.nl)  
Internet [www.swov.nl](http://www.swov.nl)

## Samenvatting

Er komen steeds meer systemen in voertuigen die (delen van) de rijtaak overnemen. In de meest verregaande vorm zal dit uiteindelijk leiden tot de volledig zelfstandig rijdende auto. De rol van de mens zal verschuiven van die van bestuurder naar die van 'toezichthouder', en uiteindelijk naar die van passagier. Verondersteld wordt dat deze systemen het risico op menselijk falen (*human error*) kunnen verkleinen en hierdoor de veiligheid van autorijden kunnen vergroten. Tegelijkertijd zal de menselijke factor zijn invloed blijven houden op de systemen. Immers, in de rol van toezichthouder wordt van de mens nog steeds verwacht dat hij kan ingrijpen als het systeem daar om vraagt of als het systeem faalt. Daarnaast is nog onduidelijk hoe andere weggebruikers op deze nieuwe systemen zullen reageren.

Om innovaties op het gebied van zelfrijdende voertuigen te stimuleren, faciliteert Nederland het testen van zelfrijdende voertuigen op de openbare weg. Omdat verkeersveiligheid hierbij de belangrijkste randvoorwaarde is, heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu SWOV gevraagd mee te denken over hoe praktijkproeven met zelfrijdende voertuigen zo veilig mogelijk kunnen worden uitgevoerd.

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft een *Testprocedure Zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse openbare weg* opgesteld, die bij een aanvraag voor een praktijkproef wordt gehanteerd. De procedure bestaat uit drie nauw met elkaar samenhangende onderdelen: voertuig, weg en mens (gedrag). Bij beoordeling van een praktijkproef is de Dienst Wegverkeer (RDW) verantwoordelijk voor het onderdeel voertuig, de wegbeheerder of CROW Taskforce Dutch Roads voor het onderdeel weg en SWOV voor het onderdeel gedrag. De testprocedure is zodanig opgezet dat er na elke beoordeelde praktijkproef ruimte is voor verbetering op basis van de opgedane ervaring. De testprocedure zal daardoor steeds in ontwikkeling zijn.

Om richting te geven aan het veiligheidsadvies binnen bovengenoemde procedure heeft SWOV in dit rapport verkend welke ervaringen er al zijn met (deels) geautomatiseerde voertuigen en hoe de testprocedures in het buitenland zijn opgezet. De centrale vraag in dit project is: Hoe kunnen we beoordelen of proeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen zo veilig mogelijk worden uitgevoerd?

### Waarover geeft SWOV advies?

Het advies van SWOV over een praktijkproef met (deels) zelfrijdende voertuigen zal uit twee delen bestaan:

1. beschrijving van de risico's van de praktijkproef met als doel te komen tot risicominimalisering bij de uitvoering ervan;
2. beschrijving van de leerkansen uit de praktijkproef, dat wil zeggen een beoordeling van de mogelijkheden om met de gegevens uit de praktijkproef of met behulp van een gerichte evaluatie (een aantal) voor de verkeersveiligheid relevante vragen te beantwoorden.

Het SWOV-advies zal zich vooral richten op de factor mens; waarbij veiligheid het criterium is. De menselijke factor wordt beoordeeld in interactie met de

andere twee aspecten. Bij de interactie mens-voertuig gaat het om onderwerpen als taakbelasting en 'transition of control'. Dit laatste houdt in dat de bestuurder de taken van de (deels) zelfrijdende auto weer over moet kunnen nemen en vice versa. Bij de interactie mens-weg kan gedacht worden aan vraagstukken zoals: Hoe reageren andere weggebruikers op het zelfrijdende voertuig? Wat is een veilige snelheid?

### Hoe komt SWOV tot een advies?

Voor een beschrijving van de risico's van een praktijkproef met (deels) zelfrijdende voertuigen heeft SWOV op basis van literatuur en expertkennis een 'risicomatrix' opgesteld (zie *Tabel 3* op pagina 24). Deze beschrijft hoe mogelijke risico's van automatisering kunnen worden – of nu al worden – afgedekt. Langs de eerste dimensie van de matrix zijn deze risico's gegroepeerd in de volgende categorieën:

1. risico's bij **interactie met het systeem/voertuig**;
2. risico's bij **interactie met andere weggebruikers**;
3. risico's door **locatie en moment** van de praktijkproef; hierbij zijn de route en de plaats op de weg belangrijke aandachtspunten.

De risico's worden (mede) bepaald door de mate van automatisering van het systeem en de rol die de mens daar (nog) bij speelt. Voor het beoordelen van de praktijkproeven zijn (langs de tweede dimensie van de matrix) daarom drie niveaus van automatisering onderscheiden:

**a. Gedeeltelijke automatisering – bestuurder in actie**

Op dit niveau neemt het systeem tijdelijk (delen van) de rijtaak over – namelijk sturen ofwel versnellen/remmen. De bestuurder voert alle overige dynamische taken uit: het monitoren van de rijomgeving en het systeem. De bestuurder is achtervang en signaleert als er actie nodig is.

**b. Conditionele automatisering – bestuurder is belangrijk**

De rijtaak wordt door het systeem uitgevoerd. De bestuurder voert de overige dynamische taken uit: het monitoren van de rijomgeving en als achtervang optreden als het systeem dit aangeeft. De bestuurder is hiermee toezichthouder geworden.

**c. Volledige automatisering – bestuurder is niet belangrijk**

Het systeem neemt alle rijtaken over, monitort de rijomgeving en het systeem. Het systeem signaleert als het zelf in actie moet komen. De bestuurder heeft geen rol in dit voertuig. De bestuurder is hiermee passagier geworden.

Voor elke proef waarover SWOV zal adviseren, wordt beoordeeld welke expertise nodig is en wordt een team van experts gevormd met verschillende achtergronden. Met dit team wordt de risicomatrix langsgelopen en wordt gekeken welke risico's van toepassing zijn. Vervolgens wordt een waarde gegeven aan het risico: hoe groot is het risico, en hoe groot zijn eventuele gevolgen? De resultaten van deze exercitie worden schriftelijk aan de RDW gestuurd. De RDW gebruikt dit advies om te beslissen over de ontheffing voor het betreffende voertuig, en daarmee voor het toestaan van de proef op de openbare weg.

# Summary

## **Procedure and criteria for the safety of trials on public roads with (partially) self-driving vehicles; Background and approach of the SWOV road safety advice**

Vehicles are increasingly fitted with systems that take over (parts of) the driving task. In the most far-reaching form this will eventually lead to the fully self-driving vehicle. The human role will shift from driver to 'supervisor', and eventually to passenger. These systems are assumed to reduce the risk of human error and to therefore increase safety. At the same time, the human factor will still influence the systems. After all, in the role of supervisor, human intervention is still necessary on a system's request or in the case of system failure. Furthermore, it is still unclear how other road users will react to the new systems.

To stimulate innovations concerning self-driving vehicles, the Netherlands facilitates the testing of self-driving vehicles on public roads. As road safety is the main prerequisite, the Ministry of Infrastructure and the Environment asked SWOV for advice on how to carry out trials with self-driving vehicles in the safest possible way.

The Ministry of Infrastructure and the Environment has drawn up a *Procedure for testing Self-driving vehicles on public roads in the Netherlands*; this procedure is used as a guideline when permission is asked for field trials on public roads. The procedure consists of three closely interrelated components: vehicle, road and human (behaviour). When assessing a field trial, RDW, Vehicle Technology and Information Centre, is responsible for the vehicle component, the road authority or CROW Taskforce Dutch Roads is responsible for the road component, and SWOV is responsible for the (human) behaviour component. The test procedure has been designed in such a way that improvements can be made based on the experience gained in each trial. The test procedure is therefore continuously under development.

To give direction to the safety advice in the above procedure, the present SWOV report explores experiences with (partially) automated vehicles and with test procedures in other countries. The central question in this project is: How can we ascertain that tests with (partially) self-driving vehicles on public roads are carried out in the safest possible way?

### **What does the SWOV advice cover?**

The SWOV advice on field trials with (partially) self-driving vehicles will consist of two parts:

1. description of the risks of field trials, with the aim of minimizing the risks while executing field trials;
2. description of the learning opportunities offered by the field trial. That is, an assessment of the opportunities to use data from the trial or to use a structured evaluation to answer (some of the) relevant questions regarding road safety.

The SWOV advice will mainly focus on the human factor; with safety being the core issue. The human factor is assessed in interaction with the other two aspects. The interaction man-vehicle involves topics like mental workload and transition of control. The latter means that the driver should be able to take control of the (partially) self-driving car again and vice versa. The interaction man-road raises issues such as: How do other road users react to the self-driving vehicle? What is a safe speed?

### What does SWOV use as the basis for an advice?

Based on literature and expert knowledge, SWOV developed a 'risk matrix' describing potential risks of a field trial with (partially) self-driving vehicles (see *Table 3* page 24). The risk matrix describes how potential risks will be – or already have been – mitigated. Along the first dimension of this matrix a number of risks have been placed in the following categories:

1. risks due to the **interaction with system/vehicle**;
2. risks due to the **interaction with other road users**;
3. risks due to **location and moment** of the trial; the route and the place on the road are important considerations.

These risks are (co-)determined by the level of automation of the system and the role the driver (still) plays. To assess the field trials, three levels are distinguished (along the second dimension of the matrix):

**a. Partial automation – driver is active**

At this level, the system temporarily takes over (parts of) the driving task – either steering or accelerating/braking. The driver performs all other dynamic driving tasks: monitoring the driving environment and the system. The driver functions as a fallback and signals when action is necessary.

**b. Conditional automation – driver is important**

The driving task is performed by the system. The driver performs the other dynamic driving tasks: monitoring the driving environment and acts as a fallback if this is indicated by the system. The driver is now the supervisor.

**c. Full automation – driver is not important**

The system takes over all driving tasks, monitors the driving environment and also monitors the system itself. The system detects if it is necessary to take action. The driver has no role in this vehicle and has now become a passenger.

For each trial that SWOV will advise on, we will first determine what expertise is needed and form a team of experts from different backgrounds. This team will use the risk matrix to determine which risks apply. A score is then attributed to the risk: how high is the risk, and how large are possible consequences. The results of this exercise are sent to RDW in writing. RDW uses this advice to decide on the exemption for the vehicle concerned, and thus on whether to allow the trial on public roads.



# Inhoud

<b>1. Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1. Aanleiding voor dit rapport	9
1.2. Testen van nieuwe (voertuig)systemen	9
1.3. Testprocedure Zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse openbare weg	11
1.4. Waarover geeft SWOV advies?	12
1.5. Doelstelling van deze studie	13
1.6. Leeswijzer	13
<b>2. Eerdere ervaringen op het gebied van (deels) geautomatiseerde voertuigen</b>	<b>14</b>
2.1. Welke (deels) zelfrijdende voertuigen zijn er al in Nederland	14
2.2. Hoe zijn proeven op de openbare weg in het buitenland geregeld?	15
2.2.1. Frankrijk	16
2.2.2. Verenigd Koninkrijk	16
2.2.3. Verenigde Staten	17
2.2.4. Zweden	18
2.2.5. Overzicht van testprocedures in het buitenland	19
2.3. Conclusie	19
<b>3. Criteria voor proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen</b>	<b>21</b>
3.1. Niveaus van automatisering	21
3.1.1. Gedeeltelijke automatisering – bestuurder in actie	22
3.1.2. Conditionele automatisering – bestuurder is belangrijk	22
3.1.3. Volledige automatisering – bestuurder is niet belangrijk	23
3.2. Risicomatrix	23
3.3. Potentiële risico's	25
3.3.1. Interactie met systeem of voertuig	25
3.3.2. Interactie met andere weggebruikers	27
3.3.3. Locatie en moment van praktijkproef	29
<b>4. Procedure SWOV-advies bij aanvraag praktijkproef</b>	<b>31</b>
4.1. Stappen per adviesaanvraag	31
4.2. Ontwikkelperspectief – het borgen van kennis uit de praktijkproef	32
<b>5. Tot slot</b>	<b>33</b>
<b>Literatuur</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage A SAE-categorisering van niveaus van automatisering</b>	<b>37</b>
<b>Bijlage B Samenstelling risicomatrix</b>	<b>38</b>
<b>Bijlage C Voorbeeldadvies</b>	<b>39</b>



# 1. Inleiding

## 1.1. Aanleiding voor dit rapport

Er komen steeds meer systemen in voertuigen die (delen van) de rijtaak overnemen. In de meest verregaande vorm zal dit uiteindelijk leiden tot de volledig zelfstandig rijdende auto. De rol van de mens zal verschuiven van die van bestuurder naar die van 'toezichthouder' en uiteindelijk zelfs naar die van passagier. De veronderstelling is dat deze systemen het risico op menselijk falen (*human error*) kunnen verkleinen en hierdoor de veiligheid van autorijden kunnen vergroten. Tegelijkertijd zal de menselijke factor zijn invloed hebben op het effect van de systemen. Immers, in de rol van toezichthouder wordt van de mens nog steeds verwacht dat hij kan ingrijpen als het systeem daar om vraagt of als het systeem faalt. Daarnaast is nog onduidelijk hoe andere weggebruikers op deze nieuwe systemen zullen reageren. Het is van belang dat nieuwe systemen eerst worden getest voordat ze op grote schaal worden ingevoerd. Allereerst om hun beoogde werking te testen, maar ook om te bepalen of ze onbedoelde bijwerkingen hebben.

De minister van Infrastructuur en Milieu heeft de wens uitgesproken Nederland wereldwijd op de kaart te zetten als land waar innovaties op het gebied van zelfrijdende voertuigen kunnen plaatsvinden. Daarom wordt grootschalig testen van zelfrijdende voertuigen op de openbare weg mogelijk gemaakt. Een belangrijke voorwaarde bij het testen op de openbare weg is de verkeersveiligheid. Het is uiteindelijk de taak van de Dienst Wegverkeer (RDW) om te bepalen of er ontheffing voor deze voertuigen op de openbare weg verleend kan worden.

SWOV is door het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) gevraagd mee te denken over hoe proeven op de openbare weg zo veilig mogelijk kunnen worden uitgevoerd. Daarbij richt SWOV zich op de factor mens in interactie met het (deels) zelfrijdende voertuig, niet alleen als bestuurder, maar ook als 'andere' weggebruiker. Vragen die aan de orde kunnen komen zijn: Hoe reageren andere weggebruikers op het zelfrijdende voertuig? Wat is een veilige snelheid? Wat gebeurt er als het systeem faalt?

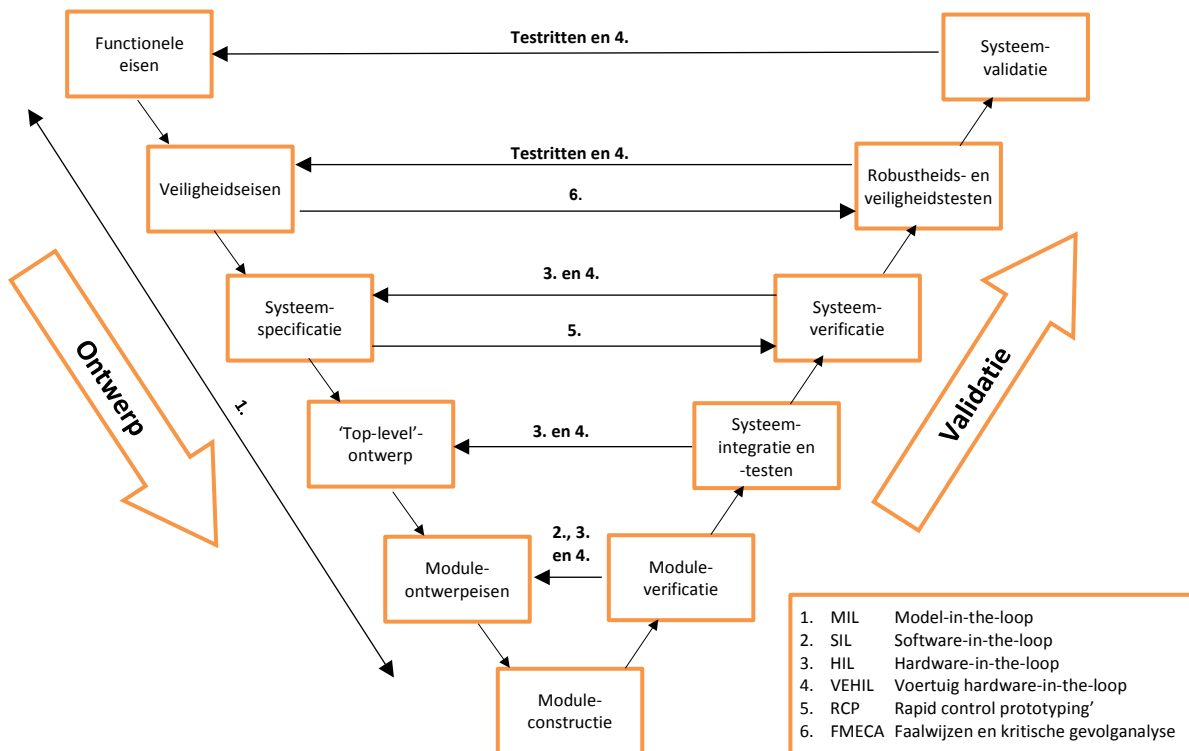
## 1.2. Testen van nieuwe (voertuig)systemen

Wereldwijd wordt er geëxperimenteerd met zelfrijdende auto's. Het is niet altijd gemakkelijk om nieuwe systemen te testen, omdat op het moment van testen vaak alleen prototypes beschikbaar zijn. Nieuwe systemen worden veelal ontworpen en gevalideerd met behulp van het zogenoemde V-diagram (Gietelink et al., 2006; Koch, 2015). Voor het ontwerp wordt een 'top-down-benadering' gebruikt en voor de validering een 'bottom-upbenadering' (zie *Afbeelding 1*).

Er zijn verschillende testmethoden in de verschillende fasen van ontwikkeling van nieuwe voertuigsystemen. Met simulatiemodellen (Gietelink et al., 2006) kan een testomgeving worden gecreëerd, waarbij de testscenario's gecontroleerd kunnen worden aangepast. Verder kunnen prototypes en dummies – op een testcircuit – gebruikt worden om kritische situaties na te

bootsen. Effecten op het (rij)gedrag kunnen ook in rijnsimulatoren worden onderzocht. In een rijnsimulator kan in een gecontroleerde setting de gedragsverandering van bestuurders als gevolg van rijden met nieuwe systemen, worden gemeten. Hiermee kan inzicht worden verschaft in de mens-machine-interactie en in het effect van nieuwe systemen op parameters die de verkeersveiligheid beïnvloeden (Hoetink, 2003).

Toch blijft het uiteindelijk van belang om nieuwe systemen ook in praktijkproeven uit te testen. Kleinschalig, bijvoorbeeld op testcircuits, maar ook grootschalig in veldstudies (Field Operational Tests; FOT-Net, 2010). In deze studies worden deelnemers gerekruteerd die gedurende langere tijd gebruikmaken van de nieuwe systemen in hun eigen voertuigen.



Afbeelding 1. 'V-diagram' (overgenomen en vrij vertaald uit Gietelink et al., 2006).

Ook voor (deels) zelfrijdende voertuigen geldt dat er tussen de tekentafel en het moment dat ze op de markt komen, ergens de stap gezet zal moeten worden om ze te testen op de openbare weg. Fabrikanten en projectontwikkelaars die een nieuw (deels) zelfrijdend-voertuigstelsel op de Nederlandse openbare weg willen testen kunnen hiervoor een aanvraag indienen bij de RDW.

lenM heeft samen met de RDW, Rijkswaterstaat en SWOV een *Testprocedure Zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse openbare weg* (lenM, in voorbereiding) opgesteld. Alle aanvragen voor proeven met zelfrijdende voertuigen op de openbare weg worden volgens deze testprocedure behandeld.

### 1.3. Testprocedure Zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse openbare weg

De testprocedure (IenM, in voorbereiding) gaat uit van maatwerk en wordt omgeven door waarborgen die ervoor moeten zorgen dat er op verantwoorde wijze proeven op de openbare weg kunnen worden uitgevoerd. Deze waarborgen zijn te categoriseren in drie nauw met elkaar samenhangende onderdelen:

#### 1. **Voertuig**

Het voertuig met de nieuwe systemen moet op zichzelf veilig zijn en het gedrag van het voertuig moet aantoonbaar vergelijkbaar zijn met dat van een conventioneel voertuig zonder de nieuwe geautomatiseerde systemen.

#### 2. **Weg**

Afhankelijk van het type praktijkproef bepalen de wegbeheerders op welke wegen en onder welke condities testen kunnen worden uitgevoerd.

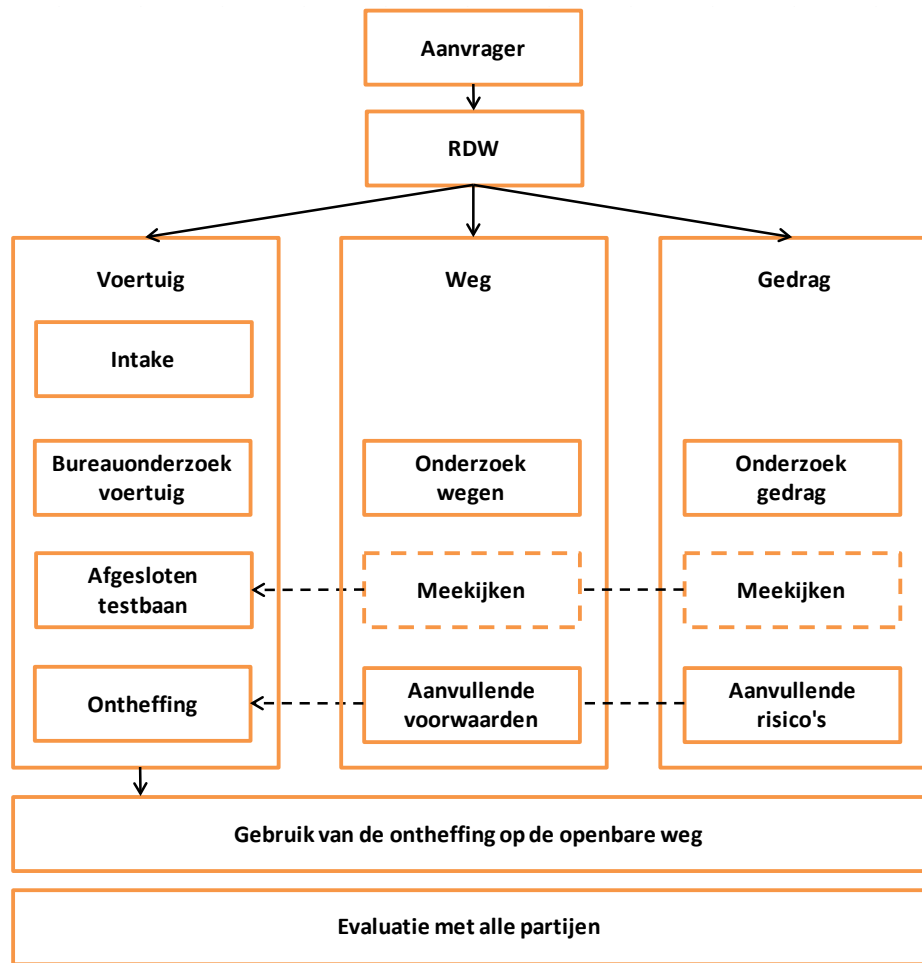
#### 3. **Gedrag**

Vooraf aan een proef moet duidelijk zijn met welke gedrags- en verkeersveiligheidsaspecten rekening moet worden gehouden als voertuigen zich onder voorwaarden in het reguliere (gemengde) verkeer gaan begeven.

In de testprocedure is de RDW verantwoordelijk voor het voertuigaspect en is deze bovendien aanspreekpunt voor de aanvrager van de praktijkproef. De verantwoordelijkheid voor de infrastructuur, de weg, ligt bij de betreffende wegbeheerders. Zij worden ondersteund door de CROW Taskforce Dutch Roads. SWOV is verantwoordelijk voor het gedragsaspect.

In *Afbeelding 2* is de testprocedure schematisch weergegeven. Volgens deze procedure komt de aanvraag voor een praktijkproef binnen bij de RDW. De RDW informeert CROW en SWOV door middel van de complete testaanvraag. Alle partijen moeten zich een beeld vormen van hoe een proef er in de praktijk uit gaat zien. Dit betekent dat in sommige gevallen de locatie vooraf zal worden bezocht. Ook zal SWOV meekijken met het testen van het voertuig op de testbaan. Alle partijen beoordelen de aanvraag en geven hun advies aan de RDW. De RDW toetst de samenhang van de adviezen, formuleert een eindconclusie en communiceert deze met de testaanvrager.

Het toepassen van de testprocedure is een leerproces voor alle partijen. Deze is zodanig opgezet dat er ruimte is voor verbetering. Elke praktijkproef levert input voor verbetering van de testprocedure.



Afbeelding 2. Schematische weergave van de testprocedure (lenM, in voorbereiding).

#### 1.4. Waarover geeft SWOV advies?

SWOV zal zich bij de beoordeling van een testaanvraag voornamelijk richten op de factor mens, waarbij veiligheid het belangrijkste criterium is. De menselijke factor wordt beoordeeld in interactie met de andere twee aspecten. Bij de interactie mens-voertuig gaat het om onderwerpen als taakbelasting en 'transition of control'. Dit houdt in dat de bestuurder de taken van de (deels) zelfrijdende auto weer over moet kunnen nemen en vice versa. Bij de interactie mens-weg (en medeweggebruikers) kan gedacht worden aan vraagstukken zoals: Hoe reageren andere weggebruikers op het zelfrijdende voertuig? Wat is een veilige snelheid? In een aantal gevallen kan er een overlap zijn met het advies vanuit andere aspecten: voertuig en weg. Bijvoorbeeld de vraag over een veilige snelheid is erg afhankelijk van de locatie, de weg. Deze vraag is dus ook vanuit de positie van de wegbeheerder te beantwoorden. In zo'n geval zal SWOV vanuit haar expertise adviseren. Zoals in *Paragraaf 1.3* is toegelicht, is het aan de RDW om de verschillende adviezen te wegen.

## 1.5. Doelstelling van deze studie

De centrale vraag in dit project is: Hoe kunnen we beoordelen of proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen op de openbare weg zo veilig mogelijk kunnen worden uitgevoerd? De focus van SWOV ligt hierbij op het in beeld brengen van het gedragsaspect en de mogelijke veiligheidsconsequenties daarvan. Deze centrale vraag is in dit rapport benaderd aan de hand van de volgende vragen:

1. Hoe zijn of worden praktijkproeven op de openbare weg in het buitenland geregeld?
2. Op basis van welke criteria kan het gedragsaspect van de praktijkproeven worden beoordeeld?

## 1.6. Leeswijzer

Dit rapport geeft in *Hoofdstuk 2* een overzicht van (deels) zelfrijdende voertuigen die in Nederland rijden (niet op de openbare weg). Ook bevat dat hoofdstuk een beknopt overzicht van buitenlandse ervaringen met proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen op de openbare weg. In *Hoofdstuk 3* worden de criteria voor het veiligheidsadvies beschreven in de vorm van een risicomatrix. Aan de hand hiervan kunnen zo veel mogelijk risico's worden benoemd die zich bij uiteenlopende proeven zouden kunnen manifesteren. *Hoofdstuk 4* laat zien hoe SWOV deze risicomatrix zal gebruiken bij het beoordelen van aanvragen van praktijkproeven op de openbare weg. Ook is in dit rapport een voorbeeldadvies over een testaanvraag opgenomen (*Bijlage C*). *Hoofdstuk 5* bevat een aantal (samenvattende) slotopmerkingen.

## 2. Eerdere ervaringen op het gebied van (deels) geautomatiseerde voertuigen

Voor we ingaan op de aanpak van een veiligheidsadvies, hebben we in dit hoofdstuk verkend welke kennis er al bestaat op het gebied van (deels) geautomatiseerde voertuigen. Dit overzicht is zeker niet allesomvattend, maar schetst een beeld van beschikbare kennis en ervaringen op het gebied van:

- zelfrijdende voertuigen die in Nederland buiten de openbare weg rijden (zogenoeten ‘*people movers*’), en
- buitenlandse ervaringen met proeven met zelfrijdende voertuigen op de openbare weg.

### 2.1. Welke (deels) zelfrijdende voertuigen zijn er al in Nederland

In Nederland rijdt al een aantal zelfrijdende voertuigen. Niet op de openbare weg, maar vaak op een apart afgebakend traject of (haven)terrein. Over het algemeen worden deze voertuigen ingezet om kosten te besparen.

In Rotterdam rijdt de ParkShuttle, een computergestuurd vervoerssysteem zonder chauffeur. De shuttle rijdt tussen metrostation Kralingse Zoom en bedrijventerrein Rivium in Capelle a/d IJssel. Het voertuig rijdt niet op de openbare weg, maar over een volledig vrije baan die beveiligd wordt door overwegbomen en hekwerken rondom de baan. Afgezien van een onderzoek onder gebruikers van deze *people mover* (Bootsma & Koolen, 2001) is er geen informatie gevonden over studies die het voertuig op verkeersveiligheid hebben getest.

In Eindhoven rijdt de *people mover* Phileas. Phileas is een bus die geleid wordt en dienstdoet als openbaarvervoermiddel. Deze brengt passagiers van Eindhoven Airport naar het treinstation van Eindhoven. De bus, waarin nog wel een chauffeur meerrijdt, rijdt op een virtueel geleidingssysteem, via magneetjes die om de 4 meter in het betonnen wegdek zijn gegoten. De bus is (overwegend) zelfsturend. De chauffeur hoeft alleen in geval van nood in te grijpen. Voorafgaand aan de introductie van Phileas is het voertuig onder andere in een simulatorstudie met ervaren chauffeurs getest (De Waard et al., 2003). Een gedeelte van de rit werd automatisch gereden en een gedeelte handmatig. Chauffeurs werden geconfronteerd met kritische situaties tijdens de automatische rit, waarbij ingrijpen door de chauffeur vereist was. Als de tijdsmarge om te reageren ruim was, bleek de chauffeur in staat tijdig te reageren. Echter, in tijdkritische situaties bleek dit niet altijd het geval. Eenmaal geconfronteerd met dit soort onverwachte situaties, bleken de chauffeurs snel te leren. Vanwege het automatische karakter van het voertuig ligt ingrijpen door de chauffeur niet voor de hand. Een van de conclusies die de onderzoekers naar aanleiding van dit onderzoek dan ook hebben getrokken is dat chauffeurs getraind moeten worden in dit soort situaties.

In de Rotterdamse haven rijden ook automatische voertuigen (*automated guided vehicles* - AGV) . Deze AGV's worden ingezet om containers van de kadekranen naar een tijdelijke opslag op de kade te vervoeren. Dit proces



gebeurt volledig automatisch en wordt vanuit een controlekamer op de terminal gemonitord en begeleid door procesoperators.

Recentelijk is er een werkdocument (ASTM International, 2015) beschikbaar gekomen die richtlijnen geeft voor het evalueren van AGV's. In het document is letterlijk opgenomen dat de evaluatie niet gericht is op veiligheid. Sterker nog, veiligheid wordt genoemd als de verantwoordelijkheid van de gebruiker, die moet bepalen op welke manier met de AGV omgegaan moet worden.

De drie genoemde systemen rijden in Nederland op een apart traject of terrein. Behalve bij de Phileas, is – naar ons weten – niet bekend hoe deze systemen voorafgaand aan de introductie op verkeersveiligheid zijn getest.

## 2.2. Hoe zijn proeven op de openbare weg in het buitenland geregeld?

In diverse landen binnen en buiten Europa worden proeven op de openbare weg uitgevoerd met zelfrijdende voertuigen. We worden overstelpt met nieuwsberichten over zelfrijdende auto's die al vele duizenden kilometers hebben gemaakt. In enkele landen, zoals in de Verenigde Staten, gebeurt dit al op de openbare weg. De vraag is hoe de besluitvorming rondom deze proeven in verschillende landen tot stand is gekomen. We hebben daarom onze collega's – met kennis op het gebied van verkeersveiligheid – in Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Verenigde Staten en Zweden benaderd en hun de volgende vragen gesteld:

1. Zijn proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen op de openbare weg toegestaan in uw land?  
Zo ja, onder welke condities?
2. Hoe is verkeersveiligheid in de besluitvorming rondom proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen opgenomen?
3. Welk instituut/orgaan is betrokken bij de goedkeuring van deze proeven?
4. Worden de proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen op (verkeers-) veiligheid geëvalueerd?  
Of zijn hier plannen voor?

Hieronder wordt per land de huidige situatie beschreven. Daar waar de verkregen informatie niet volledig was, hebben we informatie toegevoegd uit de rapportage van de Britse overheid (Department for Transport, 2015a). *Tabel 1 in Paragraaf 2.2.5* geeft een overzicht van de verzamelde informatie per land. Deze verkenning beperkt zich tot de landen die qua verkeersbeeld vergelijkbaar zijn met Nederland. De ontwikkelingen op dit gebied in andere landen, zoals Japan, volgen we met belangstelling.

### 2.2.1. Frankrijk

Sinds een jaar werkt de Franse overheid samen met de voertuigindustrie om proeven op de openbare weg mogelijk te maken.<sup>1</sup> In een werkgroep zijn drie ministeries vertegenwoordigd: Economie, Ecologie (waaronder Vervoer valt) en Binnenlandse Zaken. Het ministerie van Binnenlandse Zaken is verantwoordelijk voor verkeersveiligheid. Naast de SAE-niveaus voor automatisering (zie *Paragraaf 3.1* voor een toelichting) gebruikt men ook een eenvoudiger systeem: 'hands on, eyes on', 'hands off, eyes on/off'. Dit systeem beschrijft welk gedrag van de bestuurder in het geautomatiseerde voertuig wordt verwacht (bijvoorbeeld wel of niet meekijken). Met de huidige wetgeving kan een nieuw 'hands on, eyes on'-voertuig gewoon getest worden. Voor het testen van de tweede variant (hands off, eyes on) is een voorlopige procedure opgezet. De huidige procedure bestaat voor een voertuigfabrikant uit twee delen:

1. Het invullen van een vragenlijst waarin het experiment in het kort wordt beschreven (welk voertuig, wanneer het testen plaatsvindt, besturing, bestuurder, passagiers, voertuigcategorie en voertuigveiligheid). Verder dient hier beschreven te worden of, en zo ja hoe, een risicoanalyse heeft plaatsgevonden. Als er een risicoanalyse heeft plaatsgevonden, moet worden aangegeven of dit door een externe partij is gevalideerd, wat de belangrijkste risico's van het experiment zijn en welke maatregelen er getroffen zijn om deze risico's te beperken. Verder moet worden aangegeven of de aanvrager de wegbeheerder en eventueel de politie heeft geraadpleegd.
2. Het tweede deel bestaat uit het opbouwen van een dossier, waarin het experiment in detail wordt beschreven en een dossier waarin de voertuigveiligheid wordt besproken.

Deze documenten worden naar het ministerie van Ecologie gestuurd. Vanuit dit ministerie volgt dan goedkeuring of niet om het voertuig te testen. Het is de verwachting dat de Franse overheid eind 2015 of begin 2016 de huidige procedure om zal zetten in wetgeving. Er ligt al een aantal aanvragen voor proeven op de openbare weg, maar tot op heden zijn die proeven nog niet uitgevoerd.

### 2.2.2. Verenigd Koninkrijk

Met de huidige wetgeving in Groot-Brittannië is het mogelijk om zelfrijdende voertuigen op de openbare weg te testen (Department for Transport, 2015a). Een belangrijke voorwaarde is echter dat er altijd een gekwalificeerde bestuurder in het voertuig aanwezig is, die te allen tijde de besturing van het voertuig weer over kan nemen. Deze is verantwoordelijk voor de veilige werking van het voertuig en het voertuig moet gebruikt worden conform de wegenverkeerswet. Het testen van voertuigen in Groot-Brittannië is niet beperkt tot testbanen of bepaalde (afgebakende) wegen.

In een *Code of Practice* (Department for Transport, 2015b) zijn duidelijke richtlijnen opgesteld voor het verantwoord testen van sterk en volledig geautomatiseerde voertuigen op de openbare weg. De code bespreekt de vereisten voor testrijder en/of operator. Deze dienen in het bezit te zijn van een geldig en geschikt rijbewijs en getraind te zijn in het besturen van het

---

<sup>1</sup> Bron: Yves Page, verkeersveiligheidsexpert bij Groupe Renault

voertuig. Daarnaast worden de voertuigvereisten besproken. Zo is het verplicht het voertuig uit te rusten met een *data recording system*: alle data die met sensoren geregistreerd worden, moeten ook worden vastgelegd. Verder komen aspecten als verzekering, informeren van de wegbeheerder en andere autoriteiten, en *cyber security* aan de orde. Er zijn verder geen certificaten of vergunningen nodig voor het uitvoeren van een proef op de openbare weg.

### 2.2.3. Verenigde Staten

Informatie over de situatie in de Verenigde Staten is afkomstig uit het rapport van de Britse overheid (Department for Transport, 2015a). In de Verenigde Staten hebben – tot op heden – vier staten de wetgeving aangepast, zodat die het testen van automatische voertuigen toestaat. Echter, deze vier staten hebben elk hun eigen, onderling verschillende eisen.

In Nevada moet de vergunningaanvrager kunnen aantonen dat het voertuig waar toestemming voor wordt aangevraagd minimaal 10.000 mijl heeft gereden, de volledige automatiseringstechniek moet worden beschreven, een gedetailleerd veiligheidsplan moet zijn opgesteld, en tot slot ook de manier waarop testrijders worden ingehuurd. Het is echter niet duidelijk wat het veiligheidsplan moet inhouden.

De wetgeving in Florida heeft andere voorwaarden gesteld aan het testen van automatische voertuigen, zoals veiligheidsmechanismen voor het aan- en uitzetten van de apparatuur, indicatoren die aangeven wanneer het voertuig in de automatische modus staat en de bestuurder kunnen alarmeren als het systeem faalt. Een andere vereiste is een verzekering ter waarde van vijf miljoen dollar.

Ook in California dienen de aanvragers van de vergunning aan behoorlijk wat eisen te voldoen. De voertuigen moeten net als in Florida aan diverse voertuigeisen voldoen. Er moet ook worden omschreven aan welke eisen bestuurders moeten voldoen. Ook moeten aanvragers een plan hebben hoe er met overtredingen en het puntensysteem moet worden omgegaan.

De vierde staat is Michigan. De aangepaste wetgeving in Michigan staat toe dat geautomatiseerde voertuigen door bepaalde partijen onder bepaalde voorwaarden getest mogen worden; er is echter nog niet aangegeven welke partijen of voorwaarden dit dan zijn. In de wetgeving is opgenomen dat er begin 2016 een rapport beschikbaar komt dat ingaat op de aanpassingen in de wetgeving.

Ondanks de actieve houding van deze vier staten, heeft de National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) haar zorgen geuit over de individuele aanpassingen van de wetgeving voor het testen van automatische voertuigen. De NHTSA (2013) heeft een voorlopige verklaring uitgebracht over het beleid ten aanzien van automatische voertuigen. Een van de NHTSA-aanbevelingen is om zelfrijdende voertuigen (sterk en volledig geautomatiseerd) vooralsnog alleen voor testdoeleinden en alleen met getrainde bestuurders in te zetten.

#### 2.2.4. Zweden

Het testen van sterk geautomatiseerde voertuigen op de openbare weg is in Zweden al gestart in en rond Gotenburg.<sup>2</sup> Deze test is een onderdeel van het Volvo 'Drive Me'-project. Hiervoor is circa 50 kilometer openbare weg geselecteerd. Voor de selectie van deze wegen zijn de volgende criteria gebruikt:

- snelheidslimiet van 70 km/uur
- gescheiden rijbanen
- wegen met weinig of geen voetgangers of fietsers op de route
- zichtbare belijning

Een ander criterium om mee te doen aan de test is dat de systemen van de auto moeten zijn verbonden met een verkeerscentrale. De operators in de centrale geven niet alleen actuele verkeersinformatie door, maar kunnen de bestuurders ook doorgeven wanneer de automatisering uitgezet moet worden. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij slechte weersomstandigheden zoals dikke mist of sneeuw, of als het wegdek glad is. De voertuigen worden nu nog door ingenieurs getest, maar de verwachting is dat deze sterk geautomatiseerde auto's vanaf 2017 door burgers gebruikt kunnen worden. Volvo werkt voor dit project samen met de Zweedse overheid (Transportstyrelsen).

Naast dit project met personenauto's, loopt er ook nog een project met zware vrachtwagens. Scania heeft gepland om in 2016 geautomatiseerd transport voor de mijnbouwindustrie in te gaan zetten. Een volgende stap van Scania is het in colonne (*platoon*) rijden op lange afstanden. Deze testen zijn gepland voor 2018.

De huidige wetgeving in Zweden dient waarschijnlijk aangepast te worden voor wat betreft rijbewijsregels en aansprakelijkheid om het testen van sterk geautomatiseerde voertuigen op de openbare weg mogelijk te maken (Department for Transport, 2015a). Het testen is nu beperkt tot de regio rondom Gotenburg met ingenieurs als testrijders.

---

<sup>2</sup> Bron: Hamid Zarghampour, transport specialist bij Trafikverket (Swedish Transport Administration)

### 2.2.5. Overzicht van testprocedures in het buitenland

Vraag	F	UK	USA	S
Zijn proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen op de openbare weg toegestaan het land?	Ja, mits toestemming is verleend door ministerie van Ecologie	Ja	Ja, in vier staten	Ja, <i>Drive-me</i>
Zo ja, onder welke condities?	Testen wordt afgestemd met wegbeheerders en politie.	Een bestuurder moet in het voertuig aanwezig zijn en te allen tijde de controle kunnen overnemen. Voertuig moet verzekerd zijn.	De staten hebben geen eensluidende condities.	Er zijn speciale wegsegmenten toegewezen rondom Gotenburg.
Hoe wordt verkeersveiligheid in de besluitvorming rondom proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen meegenomen?	Dit is niet duidelijk	In de <i>Code of Practice</i> staan aanbevelingen om veiligheid rondom het testen te waarborgen. Een belangrijke voorwaarde is dat de testrijder en testoperator getraind zijn in het besturen en/of leiden van het voertuig.	Onbekend	De wegen rondom Gotenburg voldoen aan bepaalde eisen. Bij sneeuw, mist en gladheid wordt er niet gereden.
Welk instituut/orgaan is betrokken bij de goedkeuring van deze proeven?	Overheid	Goedkeuring is niet nodig. <i>Code of practice</i> is opgesteld.	NHTSA heeft een voorlopige verklaring opgesteld rondom het testen van automatische voertuigen.	Swedish Transport Agency
Worden de proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen met betrekking tot (verkeers)veiligheid geëvalueerd?	Ja Learning by doing	Ja, Learning by doing	Onbekend	Onbekend
Of zijn hier plannen voor?	n.v.t.	n.v.t.	Onbekend	Onbekend

Tabel 1. Overzicht van testprocedures in Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Verenigde Staten en Zweden.

### 2.3. Conclusie

Op een aantal locaties in Nederland rijden zelfrijdende voertuigen rond. Deze rijden echter niet op de openbare weg, maar op een apart traject of (haven)terrein. Alleen voor de *people mover* Phileas uit Eindhoven is vooraf een voor verkeersveiligheid belangrijk aspect onderzocht, namelijk of de chauffeurs in staat waren adequaat te reageren in een noodsituatie. Dit bleek niet altijd het geval, maar de chauffeurs bleken wel snel te leren. Een van de conclusies die de onderzoekers naar aanleiding van dit onderzoek dan ook hebben getrokken is dat chauffeurs getraind moeten worden in dit soort situaties.

Het is vooralsnog niet duidelijk op basis van welke veiligheidscriteria de praktijkproeven met automatische voertuigen in het buitenland plaatsvinden. Er is veel aandacht voor de wetgeving en hoe deze is of wordt aangepast om het testen op de openbare weg mogelijk te maken. In de ons beschikbare informatie wordt vooral gesproken over veiligheidscriteria in relatie tot de voertuigtechniek. Een voorbeeld hiervan is dat het voertuig de bestuurder

tijdig moet waarschuwen als het systeem faalt. Een andere voorwaarde die regelmatig terugkomt is dat de bestuurder van het automatische voertuig getraind moet zijn in de beheersing van het voertuig. Tot slot is het niet geheel duidelijk welke instanties betrokken zijn bij de goedkeuring van de proeven op de openbare weg en wat hun rol is in het proces.

### 3. Criteria voor proeven met (deels) zelfrijdende voertuigen

Om tot een gestructureerde aanpak van advies over de praktijkproeven te komen, hebben we gebruikgemaakt van de FMEA-methode, zoals deze is beschreven in het ADVISORS-project (ADVISORS, 2003). De FMEA-methode is een systeem voor het analyseren van een productontwerp om potentiële fouten te identificeren en stappen te ondernemen om deze tegen te gaan of op zijn minst de risico's te kunnen minimaliseren. Dit wordt gedaan door met een team van experts in verschillende stappen na te gaan wat er fout zou kunnen gaan.

Volgens deze methode hebben we in dit project een risicomatrix samengesteld met zo veel mogelijk risico's die bij alle uiteenlopende proeven zouden kunnen spelen. Dit hoofdstuk beschrijft deze matrix en *Bijlage B* beschrijft de wijze waarop deze is samengesteld. Voor elke concrete aanvraag van een praktijkproef wordt een procedure doorlopen om aan de hand van deze risicomatrix tot een specifiek advies voor die betreffende proef te komen (zie volgend hoofdstuk). Naar verwachting zal de aard van de praktijkproeven zeer uiteenlopend zijn, van vrachtwagens die gekoppeld (in colonne) over de autosnelweg rijden tot een busje dat volledig zelfstandig door het (stads)verkeer rijdt. Om deze variatie overzichtelijk te houden maken we een onderscheid in verschillende niveaus van automatisering (zie *Paragraaf 3.1*). In *Paragraaf 3.2* wordt de risicomatrix beschreven. *Paragraaf 3.3* geeft een toelichting op de geïdentificeerde risico's.

#### 3.1. Niveaus van automatisering

Diverse instanties onderscheiden verschillende niveaus van automatisering, bijvoorbeeld de Duitse BASt (Gasser & Westhoff, 2012) en de NHTSA (2013) uit de VS. De meest gebruikte categorisering van niveaus van automatisering is die van de Society of Automotive Engineers (SAE, 2014). De SAE onderscheidt zes niveaus van automatisering (*Bijlage A*), lopend van 'geen automatisering' tot 'volledige automatisering'. Voor elk niveau is omschreven wie (de mens of het systeem) de rijtaak uitvoert, wie de weg-omgeving monitort en wie de achtervang is in geval van nood. Een volledige beschrijving van alle SAE-niveaus van automatisering is opgenomen in het rapport *Borgen van verkeersveiligheid tijdens de automatisering van het verkeerssysteem* (Van Nes & Duivenvoorden, in voorbereiding).

Voor de beoordeling van praktijkproeven hanteren we in dit rapport drie niveaus van automatisering (zie *Tabel 2*), geïnspireerd op de SAE-niveaus van automatisering. In onze indeling wordt het belangrijkste verschil tussen de niveaus gevormd door wat de bestuurder nog zelf moet doen (sturen, versnellen/remmen, monitoren, achtervang zijn, en signaleren of actie nodig is). Deze rol van de bestuurder bepaalt voor een groot deel de risico's die tijdens praktijkproeven kunnen spelen.

SWOV	Omschrijving	Sturen of versnellen/remmen	Monitoren rijomgeving	Achternvang	Signalering
<b>Gedeeltelijke automatisering</b>	Het systeem neemt tijdelijk (delen van) de rijtaak over, ofwel sturen ofwel versnellen/remmen. De bestuurder voert de overige dynamische rijtaken uit: monitoren van de rijomgeving en het systeem. <b>Bestuurder signaleert als er actie nodig is.</b>	<b>Bestuurder</b> en systeem	<b>Bestuurder</b>	<b>Bestuurder</b>	<b>Bestuurder</b>
<b>Conditionele automatisering</b>	Het systeem voert alle rijtaken uit. De bestuurder voert de overige dynamische rijtaken uit: monitoren van de rijomgeving en het systeem. <b>Systeem signaleert als er actie van de bestuurder nodig is.</b>	Systeem	<b>Bestuurder</b>	<b>Bestuurder</b>	Systeem
<b>Volledige automatisering</b>	Het systeem voert alle rijtaken uit, monitort de rijomgeving en het systeem. <b>Systeem signaleert als het zelf in actie moet komen</b>	Systeem	Systeem	Systeem	Systeem

Tabel 2. Niveaus van automatisering bij beoordeling praktijkproeven.

### 3.1.1. Gedeeltelijke automatisering – bestuurder in actie

Bij gedeeltelijke automatisering neemt het systeem tijdelijk ofwel het sturen ofwel versnellen/remmen over. De bestuurder voert alle overige dynamische taken wel zelf uit, zoals het monitoren van de rijomgeving en van het systeem. Bovendien treedt de bestuurder op als achternvang als het systeem daar om vraagt en kan hij het systeem 'overrulen'. Het systeem kan door de bestuurder 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 bestuurder 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.

### 3.1.2. Conditionele automatisering – bestuurder is belangrijk

Bij conditionele automatisering wordt de volledige rijtaak door het systeem uitgevoerd. De bestuurder monitort de rijomgeving, fungeert als achternvang 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 bestuurder tijdig kan ingrijpen als het systeem of de verkeerssituatie hierom vraagt, de bestuurder fungeert als achternvang.

Dit niveau van automatisering wordt bijvoorbeeld gebruikt bij vrachtwagens die gekoppeld in colonne op de weg rijden. Dit wordt ook wel *platooning trucks* genoemd. In een gekoppelde colonne heeft de voorste vrachtwagen de leidende rol en een lager automatiseringsniveau.



### 3.1.3. Volledige automatisering – bestuurder 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 bestuurder. De bestuurder 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* (zie ook *Paragraaf 2.1*). Deze voertuigen brengen passagiers van A naar B over een aan het voertuig toegewezen pad, zonder aanwezigheid van een bestuurder. Voor een SWOV-advies over een praktijkproef hanteren we dit niveau van volledige automatisering uiteraard voor voertuigen die op de openbare weg zullen rijden.

## 3.2. Risicomatrix

*Tabel 3* toont de risicomatrix met 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 drie categorieën risico's:

1. Risico's die kunnen spelen bij de interactie tussen de bestuurder (of operator) en het geautomatiseerde systeem in het voertuig.
2. Risico's die kunnen spelen de interactie tussen het voertuig (en zijn bestuurder) 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.

De risicomatrix dient als leidraad bij het beoordelen van de testaanvraag voor de praktijkproef. In *Paragraaf 3.3* zijn de potentiële risico's in meer detail beschreven.

	Gedeeltelijke automatisering	Conditionele automatisering	Volledige automatisering
<b>1. Interactie met systeem/voertuig</b>			
– Opleiding <sup>a)</sup>	Is de bestuurder opgeleid/geïnformeerd om met het systeem om te gaan?		Is de operator opgeleid om beslissingen te kunnen nemen?
– Nieuwe/andere vaardigheden	Moet de bestuurder nieuwe of andere verrichtingen uitvoeren (bijvoorbeeld inhalen met gekoppelde vrachtwagen, extreem lang voertuig)?		Heeft de operator genoeg informatie om de juiste beslissing te nemen?
– Mentale taakbelasting <sup>b)</sup>	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?		
– Situation Awareness <sup>c)</sup>	Blijft de bestuurder 'in the loop' (bewust van de verkeerssituatie)? Wordt de bestuurder 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>d)</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>e)</sup>	Hoe wordt oneigenlijk gebruik (bijvoorbeeld in-/uitschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?		
– Onverwachte gebeurtenis	Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekend wild / voetganger / object, file op het traject, lekke band)?		
<b>2. Interactie met andere weggebruikers</b>			
– Informatie <sup>f)</sup>		Zijn andere weggebruikers geïnformeerd over de praktijkproef?	
– Voorspelbaarheid <sup>g)</sup>		Reageert het voertuig conform verwachtingen van andere weggebruikers?	
– Verkeersregels <sup>g)</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>h)</sup>	Wat is de kans dat andere weggebruikers op onwenselijke wijze gedrag van automatische voertuigen overnemen (bijvoorbeeld te korte volgafstand (<5m) in navolging van platooning trucks)		
<b>3. Locatie en moment van praktijkproef <sup>i)</sup></b>			
– 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?		
– 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?		
<sup>a)</sup> Larsson et al. (2014); <sup>b)</sup> De Waard (1996); <sup>c)</sup> Endsley (1995); Endsley & Kaber (1999); <sup>d)</sup> Strand et al. (2014); <sup>e)</sup> Marinik et al. (2014); <sup>f)</sup> Hoekstra & Wegman (2012); <sup>g)</sup> Houtenbos (2008); Sivak & Schoettle (2015); <sup>h)</sup> Gouy et al. (2014); Skottke et al., (2014); <sup>i)</sup> Wegman & Aarts (2005).			

Tabel 3. Matrix met potentiële bedreigingen per automatiseringsniveau.

### 3.3. Potentiële risico's

In deze paragraaf worden de potentiële risico's in de matrix verder toegelicht aan de hand van literatuur en voorbeelden.

#### 3.3.1. *Interactie met systeem of voertuig*

##### **Opleiding**

Zowel de bestuurder van het (deels) zelfrijdende voertuig als de operator, in het geval van een volledig geautomatiseerd voertuig, moeten voldoende opgeleid zijn om het proefvoertuig te besturen. Beiden moeten op de hoogte zijn van de technieken in het voertuig en precies weten hoe deze werken. Eerder onderzoek (Larsson, Kircher & Andersson Hultgren, 2014) naar het gebruik van Adaptive Cruise Control (ACC) liet zien, dat automobilisten die gewend zijn ACC te gebruiken sneller reageren op onverwachte situaties dan automobilisten die voor het eerst met zo'n systeem rijden. Het is dus van belang om nieuwe systemen te testen met goed getrainde bestuurders en/of operators. In de Britse *Code of Practice* is een goed getrainde bestuurder en/of operator zelfs een vereiste om een praktijkproef op de openbare weg te mogen uitvoeren (Department for Transport, 2015b).

In de meeste gevallen wordt de proef uitgevoerd door aangewezen testrijders, maar het is ook mogelijk dat er een aanvraag komt voor een proef met 'lekenbestuurders' (bijvoorbeeld proefpersonen die een systeem gaan testen). In dat geval is het ook van belang dat zij goed weten hoe het systeem gebruikt moet worden en hoe ze moeten handelen in bijzondere situaties.

##### **Nieuwe/andere vaardigheden**

Bestuurders en operators moeten in geval van nood de controle over het proefvoertuig weer over kunnen nemen. Dit vraagt nieuwe en/of andere vaardigheden dan de gebruikelijke rijvaardigheden. Bijvoorbeeld bij vrachtwagens die in een *platoon* rijden, moet de eerste chauffeur over een lange afstand (circa drie vrachtwagens) kunnen inschatten of de weg vrij is om van baan te wisselen. Een ander voorbeeld is een volledig zelfrijdend voertuig, waarbij een operator op afstand mee kan kijken in de rol van verkeersleider. Op basis van de verkregen informatie moet de operator op afstand beslissingen nemen. Dit vergt nieuwe vaardigheden waarin bestuurders en/of operators goed getraind moeten zijn.

##### **Mentale taakbelasting**

Een van de doelen van zelfrijdende voertuigen is om de bestuurder te ontlasten. Automatisering kan de mentale taakbelasting verlagen. Echter, als de bestuurder zich niet meer intensief met de rijtaak hoeft bezig te houden, zal hij andere dingen kunnen gaan doen (De Waard, 1996). Het risico bestaat dat hij hierdoor niet snel en adequaat genoeg kan reageren als het proefvoertuig en/of de situatie hier om vraagt. Tijdens een praktijkproef moet voldoende aandacht worden besteed aan de mogelijkheid en het risico van een te lage of te hoge mentale taakbelasting van een bestuurder.

##### **Situation Awareness**

Bij gedeeltelijk geautomatiseerde systemen verandert de rol van de mens in interactie met het voertuig. Het is van belang dat de bestuurder van het proefvoertuig weet hoe het systeem werkt en dat hij 'in the loop' blijft; dat wil

zeggen te allen tijde weet wat er om hem heen gebeurt, zodat hij tijdig en adequaat kan ingrijpen, mocht het systeem falen. Als men zich niet voldoende bewust is van de situatie (situation awareness; Endsley, 1995) zal het meer tijd kosten om weer 'in the loop' te komen en kunnen er risicovolle situaties ontstaan (Endsley & Kaber, 1999). In een recente studie is onder andere onderzocht op welke manier de controle over het voertuig weer teruggegeven kan worden aan de bestuurder als zij enige tijd in een sterk geautomatiseerde auto (SAE-niveau 4) hebben gereden (Merat et al., 2014). Uit die studie bleek dat bestuurders die wisten dat zij na 6 minuten de rijtaak weer over moesten nemen beter presteerden op die taak dan bestuurders die de controle (onverwachts) moesten overnemen als het systeem registreerde dat zij hun ogen van de weg haalden. Dit soort onderzoek is van belang voor ontwerpers van automatische voertuigen en voor de beoordeling van een praktijkproef.

### **Falen systeem**

Recent onderzoek (bijvoorbeeld Strand et al., 2014) laat zien dat auto-bestuurders moeite hebben om in kritische situaties de controle over het voertuig over te nemen als het systeem het laat afweten. Hoe hoger het niveau van automatisering, hoe lastiger dit wordt. In deze simulatorstudie van Strand et al. (2014) reden bestuurders in een geautomatiseerd voertuig en kregen ze te maken met een plotselinge file, terwijl het remsysteem (deels) faalde. Autobestuurders in een sterk geautomatiseerd voertuig hadden meer moeite met het overnemen van de remtaak dan bestuurders die in een semi-geautomatiseerd voertuig reden.

Bij gedeeltelijke automatisering (of SAE-niveau 2 en 3) worden sommige rijtaken door de bestuurder en andere door het systeem uitgevoerd. Er ontstaat een potentieel risico als zowel de bestuurder als het systeem veronderstelt dat de ander verantwoordelijk is voor de taak (Marinik et al., 2014). Op alle niveaus van automatisering is er een potentieel risico dat het voor de bestuurder niet duidelijk is wat zijn taken en verantwoordelijkheden in het voertuig zijn (Marinik et al., 2014).

### **Oneigenlijk gebruik van het systeem**

Automatiseringssystemen zijn bedoeld om de bestuurder te helpen bij de uitvoering van de rijtaak. Bij gedeeltelijke en conditionele automatisering kiest de bestuurder er zelf voor om het systeem aan te zetten op trajecten waar dit mogelijk is. De bestuurder moet echter beschikbaar blijven als achtervang en in actie komen als het systeem hier om vraagt. De bestuurder kan echter besluiten iets anders te gaan doen, waarbij hij niet meer in staat is de rijomgeving te monitoren of adequaat te reageren als het systeem hier om vraagt. In dit geval wordt het systeem oneigenlijk gebruikt (Marinik et al., 2014).

Wanneer professionele testrijders de praktijkproeven uitvoeren verwachten we geen oneigenlijk gebruik van het systeem. Wanneer echter proefpersonen (leken) een systeem mogen uittesten, moet er rekening mee worden gehouden dat zij het systeem – bewust of onbewust – anders gebruiken dan bedoeld.

### **Onverwachte gebeurtenis**

In het verkeer kan er altijd iets gebeuren wat niet was voorzien. Het is niet mogelijk deze onverwachte gebeurtenissen te voorzien, evenmin als de

risico's ervan. Wel kan in een protocol worden opgenomen wat er tijdens een praktijkproef moet gebeuren bij een calamiteit, bijvoorbeeld het (tijdelijk) onderbreken van een colonne, of het geheel afbreken van een proef.

### 3.3.2. *Interactie met andere weggebruikers*

Niet alleen het gedrag van de bestuurder/operator in interactie met het zelfrijdende voertuig is belangrijk, maar ook de interactie tussen het (deels) zelfrijdende voertuig en overige verkeersdeelnemers. Zo kwam onlangs in het nieuws dat de zelfrijdende auto's van Google<sup>3</sup> (Urmson, 2015) bij elf ongevallen betrokken zijn geweest. In alle gevallen ging het alleen om materiële schade. Google benadrukte dat de ongevallen vooral plaatsvonden bij lagere snelheden. In het merendeel van de ongevallen botsten andere voertuigen achterop de Google-auto. Google presenteerde hun ervaringen tot dusver zelf als een ideaal 'learning by doing'-experiment. Het is echter mogelijk dat de Google-auto niet conform de verwachtingen van andere verkeersdeelnemers 'reageerde'. De voorbeelden die Google heeft verschaft, suggereren inderdaad dat een gebrek aan voorspelbaarheid mogelijk een rol gespeeld heeft.

#### **Informatie**

Bij verkeerssituaties waar er interactie is met andere weggebruikers, is het zaak goed na te denken over de te verstrekken informatie. Is het voor weggebruikers duidelijk wat ze kunnen verwachten als ze een nieuw voertuig tegenkomen? Van een vrachtwagen weet je bijvoorbeeld dat hij groot en zwaar is en dus langzaam optrekt en er lang over doet om tot stilstand te komen. Kun je als fietser makkelijk een voertuig inhalen als je niet zo bekend bent met zijn snelheid? Gezien de aard van de vaak lokale proeven ligt het voor de hand om de direct betrokkenen te benaderen via lokale media of bewonersbijeenkomsten (Hoekstra & Wegman, 2011). Daarnaast moet ook worden gedacht aan mensen die op doorreis zijn en met een zelfrijdend voertuig in aanraking kunnen komen. Communicatie met deze groep zou kunnen verlopen via belangrijke knooppunten (treinstation, tankstations, op- en afritten, etc.). Eventueel kan ook gedacht worden aan een communicatiemiddel op het geautomatiseerde voertuig zelf, zoals een lichtkrant, waarbij opgelet moet worden dat de informatie niet te veel afleidt.

#### **Voorspelbaarheid**

Voorspelbaarheid is belangrijk in het verkeer. Verkeersregels, maar ook lichaamstaal, oogcontact, rijervaring en ongeschreven regels maken dat verkeersdeelnemers weten wat ze van elkaar kunnen verwachten (Houtenbos, 2008; Sivak & Schoettle, 2015). Het belang hiervan lijkt in het optimisme over zelfrijdende auto's soms te worden vergeten. Zo merken Sivak & Schoettle (2015) op dat in de huidige verkeerssituaties veel verkeershandelingen door middel van oogcontact en feedback van de ander worden afgehandeld. Deze informele regels zijn niet aanwezig bij interacties met zelfrijdende voertuigen.

Dat oogcontact en feedback van de ander een rol spelen bij de afwikkeling in het verkeer blijkt ook uit de voorbeelden die Google (Urmson, 2015) verschaftte over de situaties waarin het fout of bijna fout ging met hun

---

<sup>3</sup> Google experimenteert met voertuigen op niveau 2 tot een maximum van 120 km/uur op de autosnelweg en met niveau 3 in veilige testomgevingen (Marinik et al., 2014).

zelfrijdende voertuigen. Google wijst er bijvoorbeeld op dat ze hun auto's zo hebben geprogrammeerd dat ze bij groen licht niet meteen gaan rijden, maar standaard even wachten omdat er nog een kruisende verkeersdeelnemer net door rood kan oversteken. De Google-auto anticipeert hiermee op fouten die anderen zouden kunnen maken. Als er echter geen sprake is van ander verkeer is het gedrag van de Google-auto niet voorspelbaar en is het voor het achteropkomend verkeer niet duidelijk waarom de auto stil blijft staan voor een groen verkeerslicht. Dat dit soort situaties een potentieel risico vormen, blijkt uit een van de situaties die Google beschrijft (Urmson, 2015). Hierin stak een fietser de straat over – waarschijnlijk door rood of nog net door groen – waardoor de Google-auto "did not start moving until the cyclist was safely across the intersection." Het is de vraag of een 'gewone' bestuurder dat ook zou doen. Waarschijnlijker is dat deze doorrijdt zodra zijn eigen pad vrij is.

### **Verkeersregels**

Voor een vlotte afhandeling in het verkeer is het van belang dat de voertuigen op alle automatiseringsniveaus de verkeersregels kunnen opvolgen. Dit betekent dat het voertuig de verkeerstekens en –regels kan 'lezen'. Het kan echter ook tot problemen leiden als verkeersregels altijd strikt worden opgevolgd. Verkeersinzicht en improvisatie kunnen dan uitkomst bieden om een ongeval te voorkomen.

Ter illustratie een voorbeeld van Google (Urmson, 2015) waarin de Google-auto strikt de verkeersregels opvolgde en daarmee aanleiding was voor een ongeval. De Google-auto reed conform de verkeersregels binnen de eigen baan, op de rechter verkeersstrook in een bocht naar links. Een auto links van de Google-auto nam de bocht ruim en kwam buiten zijn strook terecht. De Google-auto stopte om deze auto te kunnen ontwijken. Het achteropkomende voertuig in de rechterstrook kwam door deze onverwachte actie in botsing met de Google-auto. Hoewel de Google-auto de verkeersregels volgde door op de eigen strook te blijven, is het te verwachten dat een bestuurder van een conventionele auto geanticipeerd had op de actie van de ander door de bocht ook ruimer te nemen.

Kortom, de voorspelbaarheid van het voertuig en het volgen van de verkeersregels zijn beide potentiële risico's bij de praktijkproef. Het is daarom van belang dat de bestuurder en/of operator de verkeerssituatie blijvend monitort en direct kan ingrijpen als de situatie daar om vraagt.

### **Oneigenlijk gebruik**

De voorbeelden waarbij het geautomatiseerde voertuig in interactie is met andere weggebruikers hebben vooral betrekking op overige gemotoriseerde verkeersdeelnemers. De (deels) geautomatiseerde voertuigen kunnen echter ook in aanraking komen met kwetsbare verkeersdeelnemers, zoals voetgangers en fietsers. Geautomatiseerde voertuigen kunnen deze verkeersdeelnemers detecteren en hierop actie nemen. Maar wat gebeurt er als deze verkeersdeelnemers het voertuig willen 'testen' en onverwachte acties uitvoeren?

Ook om deze reden is het bij het beoordelen van een praktijkproef daarom van belang dat de bestuurder en/of operator de verkeerssituatie blijvend monitort en direct kan ingrijpen als de situatie daar om vraagt.

### **Kopieergedrag**

De systemen in de geautomatiseerde voertuigen zorgen ervoor dat de voertuigen met een kortere volgafstand tot hun voorganger kunnen rijden. Dit bevordert immers de doorstroming. Voorlopig zullen deze voertuigen zich echter mengen met voertuigen zonder die systemen. Dit zou bij de overige verkeersdeelnemers kopieergedrag uit kunnen lokken en mogelijk tot verkeersonveilige situaties kunnen leiden. Recent onderzoek (Gouy et al., 2014) heeft laten zien dat bestuurders van niet-geautomatiseerde voertuigen die gedurende enige tijd naast een *platoon* hebben gereden, de korte volgafstand van deze voertuigen overnemen en deze ook over langere tijd vasthouden. In een ander onderzoek (Skottke et al., 2014) heeft men dit soort kopieergedrag ook gevonden. Bestuurders die enige tijd zelf in een *platoon* met korte volgafstand hebben gereden, behielden dezelfde afstand nadat het automatisch rijden was uitgeschakeld. De onderzoekers noemen twee verklaringen voor deze vorm van gedragsadaptatie. Allereerst kan het zo zijn dat de bestuurders de korte volgafstand als minder bedreigend ervaren, omdat zij immers in de geautomatiseerde periode ook deze volgafstand hebben gehouden. Ten tweede kan het zo zijn dat het een kwestie van context is, immers het overige (geautomatiseerde) verkeer rijdt ook met deze korte volgafstand.

#### 3.3.3. *Locatie en moment van praktijkproef*

Bij de locatie van de praktijkproef is het vooral van belang om twee zaken te bekijken: de plaats op de weg en de route. Dit bepaalt namelijk de veiligheids-eisen die wij stellen of mogen verwachten, gegeven de grootte, het gewicht en de snelheid van het voertuig (Wegman & Aarts, 2005). Immers, tijdens de praktijkproef zal het voertuig interacteren met andere weggebruikers. Het is van groot belang dat dit veilig gebeurt. Net zoals nu in het huidige verkeers-systeem het geval is, zullen we ervoor moeten zorgen dat kwetsbare verkeersdeelnemers zo min mogelijk worden blootgesteld aan ontmoetingen met grote en zware voertuigen en dat grote snelheidsverschillen worden vermeden. Daarnaast is het zaak te kijken naar de momenten waarop de proef wordt gehouden en de externe omstandigheden die dan heersen, met name het weer en het verkeer.

#### **Plaats op de weg: massa, snelheid en omvang**

Op basis van massa, snelheid en grootte van het voertuig dat de praktijkproef ondergaat, zullen we bekijken of de voorgestelde plaats op de weg de meest veilige is. Is de beste plaats in principe het voetpad, het fietspad, de busbaan, de parallelweg, de hoofdrijbaan? Dit heeft enerzijds te maken met homogeniteitsprincipes bij het mengen met ander verkeer. Zware en snelle voertuigen zijn bijvoorbeeld niet wenselijk op het fietspad of voetpad omdat de gebruikers van die voorzieningen relatief kwetsbaar zijn. Anderzijds heeft het te maken met functionaliteitseisen: vindt de proef plaats op het juiste type wegen gezien het doel van het voertuig? Een proef met een voertuig dat bedoeld is om vracht over lange afstand te vervoeren zal bijvoorbeeld gehouden moeten worden op wegen die daarvoor bedoeld zijn (in dit geval stroomwegen).

#### **Route: snelheid en obstakelbeveiliging**

De route die voor de praktijkproef wordt gebruikt zullen we vooral bekijken vanuit snelheidsoogpunt. Past de beoogde snelheid van het proefvoertuig op alle punten van de route bij de functie van de weg en bij de andere aanwezige

(typen) verkeersdeelnemers? Hoge snelheden zijn bijvoorbeeld niet wenselijk in gebieden met veel voetgangers en fietsers (zoals winkelgebieden of een schoolomgeving). Lage snelheden op wegvakken waar het andere verkeer hoge snelheden heeft is evenmin wenselijk.

Daarnaast zullen we kijken of wegmeubilair en andere obstakels op de route afdoende afgeschermd zijn, gegeven de massa en de rijsnelheid van het proefvoertuig. Terwijl de voorgaande aandachtspunten vooral de veiligheid van de medeweggebruikers betrof, gaat het hier om de veiligheid van de inzittenden van het proefvoertuig. Obstakelbeveiliging zorgt er bijvoorbeeld voor dat weggebruikers niet in botsing komen met obstakels in de berm. Voorbeelden van dat soort beveiliging zijn de geleiderail en de RIMOB (rimpelbuisobstakelbeveiliging). Ook betreft het de vergevingsgezindheid van het wegmeubilair, bijvoorbeeld het gebruik van afbreekbare lichtmasten.

#### **Externe omstandigheden: weer en verkeer**

Voor de veiligheid is het van belang dat praktijkproeven in eerste instantie plaatsvinden op momenten dat de weers- en verkeersomstandigheden goed zijn. Het is bijvoorbeeld (vooralsnog) niet wenselijk dat het mist, regent, sneeuwt of glad is tijdens de proef. Bij dit type weersomstandigheden is de werking van de sensoren mogelijk (nog) niet optimaal en kunnen medeweggebruikers zich anders gedragen. Evenmin is het wenselijk om de proef te houden tijdens erg drukke perioden, zoals de spits, of tijdens perioden dat zich extra veel kwetsbare verkeersdeelnemers op de route bevinden, bijvoorbeeld bij het aan- of uitgaan van scholen.



## 4. Procedure SWOV-advies bij aanvraag praktijkproef

Bij de aanvraag van een praktijkproef wordt zoals gezegd de testprocedure uit *Afbeelding 2* gevolgd en voert SWOV daarvan het 'Onderzoek gedrag' uit. Om tot een advies te kunnen komen zal SWOV voor elke aanvraag een aantal stappen doorlopen, waarvan het langslopen van de risicomatrix uit het vorige hoofdstuk er een is.

### 4.1. Stappen per adviesaanvraag

#### 1. Samenstelling expertteam

Binnen SWOV is een kernteam van experts gevormd met een gedragswetenschappelijke (interactie mens-voertuig en mens-weg) en een verkeerstechnische achtergrond. Per aanvraag wordt bekeken welke expertise (intern of extern) er verder nog nodig is.

#### 2. Formulering vragen/risico's door experts

Iedere expert krijgt informatie over de testaanvraag (informatie die wij van de RDW ontvangen) en formuleert zelf vragen/risico's over de proef en noteert deze. De expert beoordeelt wat er fout zou kunnen gaan tijdens een praktijkproef.

#### 3. Brainstormsessie

In een gezamenlijke brainstormsessie: brengt iedere expert zijn vragen/risico's in:

- De geformuleerde vragen/risico's van de experts worden besproken.
- Vervolgens wordt de risicomatrix langsgelopen. Gezamenlijk wordt vastgesteld welke risico's bij de praktijkproef een rol kunnen spelen.
- Eventuele nieuwe risico's worden in de risicomatrix opgenomen en in toekomstige aanvragen meegenomen.
- Potentiële risico's die de veiligheid in het geding brengen, worden geïdentificeerd en beschreven in een concept-advies.

#### 4. Beoordeling

Iedere expert ontvangt het concept-advies en beoordeelt de potentiële risico's die de veiligheid in het geding brengen individueel. Deze beoordeling bestaat uit twee stappen:

- Allereerst wordt de **kans** beoordeeld dat het potentiële risico tijdens de praktijkproef zich zal manifesteren.
- Vervolgens wordt beoordeeld hoe groot de **gevolgen** (in termen van letsel) zijn als het potentiële risico zich manifesteert.

Voor het advies wordt met sterren (\*) gewerkt, waarbij:

- \* = klein
- \*\* = middelgroot
- \*\*\* = groot

De uiteindelijke beoordeling gebeurt op basis van '*kans x gevolg*'. Daarvoor wordt de modus gerapporteerd, met andere woorden de beoordeling die het vaakst voorkomt. Alleen de potentiële risico's die met minstens 2 x 2 sterren worden beoordeeld, worden aangemerkt als risico en worden benoemd in de conclusie van het advies.

## 5. Opstellen advies

Het SWOV-advies aan de RDW bestaat uit twee delen:

### 1. Kwalitatieve beoordeling

De kwalitatieve beoordeling vormt de basis van het advies aan de RDW. Het advies wordt verder aangevuld met suggesties hoe de benoemde risico's kunnen worden afgewend/beheerst. Daar waar mogelijk en wenselijk wordt het advies uitgebreid met aandachtspunten voor een bredere uitrol van het voertuig (bijvoorbeeld wat betekent het voor de verkeersveiligheid als het systeem op grotere schaal voor burgers beschikbaar komt?).

### 2. Beschrijving van de leerkansen uit de praktijkproef

In verschillende kennisagenda's is omschreven welke behoeften er zijn aan kennis over zelfrijdende voertuigen. Bij elke proef zal SWOV beoordelen of er mogelijkheden zijn om met de gegevens uit de praktijkproef of met behulp van een gerichte evaluatie (een aantal van) de voor verkeersveiligheid relevante vragen te beantwoorden.

## 6. Kwaliteitscontrole

Voordat het advies aan de RDW wordt verstrekt vindt een interne kwaliteitscontrole plaats.

## 7. Uitbrengen advies

Tot slot wordt het advies naar de RDW gestuurd (zie *Bijlage C* voor een voorbeeldadvies). De RDW toetst de samenhang van de adviezen (inclusief de eigen beoordeling van het voertuig en het advies van de wegbeheerder), formuleert een eindconclusie en communiceert met de testaanvrager.

## 4.2. Ontwikkelperspectief – het borgen van kennis uit de praktijkproef

Nadat de proef heeft plaatsgevonden zal SWOV deze, op basis van beschikbare informatie, evalueren. Vragen die dan aan bod komen zijn: Hebben de geïdentificeerde risico's zich gemanifesteerd? Zijn er risico's over het hoofd gezien? Zijn er lessen te leren voor vergelijkbare proeven, of voor een bredere uitrol in de toekomst? Deze evaluatie wordt achteraf aan het advies toegevoegd en bewaard.

In de testprocedure (IenM, in voorbereiding) is een hoofdstuk over de evaluatie van de praktijkproeven opgenomen. Alle partijen, dus ook de aanvrager, brengen hun ervaring in over de praktijkproef. Deze kwalitatieve informatie wordt toegevoegd aan de bredere evaluatie (inclusief voertuig en weg) van de aanvraagprocedure en van het verloop/uitvoeren van de praktijkproef zelf en wordt gebruikt voor het beoordelen van volgende praktijkproeven.

## 5. Tot slot

De centrale vraag in dit project is hoe we kunnen beoordelen of proeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen zo veilig mogelijk kunnen worden uitgevoerd?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden hebben we in dit rapport ten eerste verkend wat de buitenlandse ervaringen zijn op het gebied van praktijkproeven met automatische voertuigen op de openbare weg. In het buitenland heeft men veel oog voor de vraag wie verantwoordelijk is voor het voertuig en of en hoe de wetgeving voor deze proeven moet worden aangepast. Het is voornamelijk niet duidelijk op basis van welke veiligheidscriteria de proeven in het buitenland op de openbare weg kunnen of mogen plaatsvinden.

Ten tweede is in dit rapport verkend op basis van welke veiligheidscriteria het gedragsaspect van de praktijkproeven kan worden beoordeeld. Met expertkennis en kennis uit literatuur hebben we daartoe potentiële risico's geïnventariseerd en een risicomatrix opgesteld. Wij hebben ons daarbij gericht op risico's bij het gedrag van de mens in interactie met het systeem/voertuig, risico's bij de interactie met andere weggebruikers en risico's in relatie tot de locatie en het moment van de praktijkproef. De procedure rond het SWOV-advies en de risicomatrix ligt niet vast, maar zal zich ontwikkelen op basis van ervaring. Dit kan tot gevolg hebben dat nieuwe potentiële risico's aan de matrix worden toegevoegd. Inmiddels hebben we in een voorbeeldadvies een praktijkproef op 'papier' beoordeeld. Dit heeft geresulteerd in een concept-advies aan de RDW (zie *Bijlage C*).

Zoals het ministerie van IenM verwoordt in de testprocedure (IenM, in voorbereiding) is dit project ook voor SWOV een proces van 'learning by doing'. Door de betrokkenheid van SWOV bij praktijkproeven met (deels) zelfrijdende voertuigen zal SWOV proceservaring op dit gebied kunnen uitbouwen en borgen.

## Literatuur

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.

ASTM International (2015). *New test method for docking for driverless automatic guided industrial vehicles*. Geraadpleegd 21 juli 2015 op <http://www.astm.org/DATABASE.CART/WORKITEMS/WK50379.htm>

Bootsma, G. & Koolen, R. (2001). *What moves people?: ParkShuttle Capelle-Rivium*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.

Department for Transport (2015a). *The pathway to driverless cars: A detailed review of regulations for automated vehicle technologies*. Department for Transport, London.

Department for Transport (2015b). *The pathway to driverless cars: A code of practice for testing*. Department for Transport, London.

Endsley, M.R. (1995). *Toward a theory of situation awareness in dynamic systems*. In: Human Factors, vol. 37, nr. 1, p. 32-64.

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.

FOT-Net (2010). *Field operational tests: evaluating ITS-applications in a real-world environment*. Brochure FOT-Net.

Gasser, T.M. & Westhoff, D. (2012). *BASt-study: definitions of automation and legal issues in Germany, Presentation at the Road Vehicle Automation Workshop*. In: 91st TRB Annual Meeting, 2012. Transportation Research Board. Washington, DC.

Gietelink, O., Ploeg, J., Schutter, B. de & Verhaegen, M. (2006). *Development of advanced driver assistance systems with vehicle hardware-in-the-loop simulations*. In: Vehicle System Dynamics, vol. 44, nr. 7, p. 569-590.

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.

Hansen, I.A. & Minderhoud, M.M. (2003). *Empirisch onderzoek naar minimale volgtijden en time to collisions van auto en vrachtwagenbestuurders op autosnelwegen*. In: Verkeerskundige werkdagen 2003, Ede.

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.

Hoetink, A.E. (2003). *Advanced Cruise Control en verkeersveiligheid; Een literatuurstudie*. R-2003-24. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Houtenbos, M. (2008). *Expecting the unexpected: a study of interactive driving behaviour at intersections*. SWOV dissertation series. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam.

IenM (in voorbereiding). *Testprocedure Zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse openbare weg*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Den Haag.

Koch, B.C.R. (2015). Persoonlijke communicatie 27 januari 2015.

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.

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.

Merat, N., Jamson, A.H., Lai, F.C.H., Daly, M., et al. (2014). *Transition to manual: Driver behaviour when resuming control from a highly automated vehicle*. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 27, Part B, nr. 0, p. 274-282.

National Highway Traffic Safety Administration (2013). *Preliminary statement of policy concerning automated vehicles*. Geraadpleegd 9 september 2015 op [www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated\\_Vehicles\\_Policy.pdf](http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf)

Nes, N. van & Duivenvoorden, C.W.A.E. (in voorbereiding). *Borgen van verkeersveiligheid tijdens de automatisering van het verkeerssysteem: SWOV-onderzoeksagenda 2015-2020*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Den Haag.

SAE (2014). *Summary of SAE International's levels of driving automation for on-road vehicle*. Geraadpleegd 8 april 2015 op [www.sae.org: http://www.sae.org/misc/pdfs/automated\\_driving.pdf](http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf)

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.

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.

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.

Urmson, C. (2015). *The view from the front seat of the Google Self-Driving Car*. Geraadpleegd 13 mei 2015 op medium.com:  
<https://medium.com/backchannel/the-view-from-the-front-seat-of-the-google-self-driving-car-46fc9f3e6088>.

Waard, D. de (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen RUG, Groningen.

Waard, D. de, Brookhuis, K.A., Fabrik, E. & Wolffelaar, P.C. van (2003). *Phileas simulatoronderzoek: gedrag en evaluatie chauffeurs*. Rijksuniversiteit Groningen, Experimentele en Arbeidspsychologie, Groningen.

Wegman, F. & Aarts, L. (2005). *Door met Duurzaam Veilig; Nationale verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 2005-2020*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

SAE-categorisering van niveaus van automatisering

Summary of Levels of Driving Automation for On-Road Vehicles

This table summarizes SAE International's levels of driving automation for on-road vehicles. Information Report J3016 provides full definitions for these levels and for the italicized terms used therein. The levels are descriptive rather than normative and technical rather than legal. Elements indicate minimum rather than maximum capabilities for each level. "System" refers to the driver assistance system, combination of driver assistance systems, or automated driving system, as appropriate.

The table also shows how SAE's levels definitively correspond to those developed by the Germany Federal Highway Research Institute (BAST) and approximately correspond to those described by the US National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) in its "Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles" of May 30, 2013.

Level	Name	Narrative definition	Execution of steering and acceleration/ deceleration	Monitoring of driving environment	Fallback performance of dynamic driving task	System capability (driving modes)	BAST level	NHTSA level
<b>Human driver monitors the driving environment</b>								
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a	Driver only	0
1	Driver Assistance	the <i>driving mode-specific</i> execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes	Assisted	1
2	Partial Automation	the <i>driving mode-specific</i> execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	<b>System</b>	Human driver	Human driver	Some driving modes	Partially automated	2
<b>Automated driving system ("system") monitors the driving environment</b>								
3	Conditional Automation	the <i>driving mode-specific</i> performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a request to <i>intervene</i>	System	<b>System</b>	Human driver	Some driving modes	Highly automated	3
4	High Automation	the <i>driving mode-specific</i> performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a request to <i>intervene</i>	System	System	<b>System</b>	Some driving modes	Fully automated	3/4
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	<b>All driving modes</b>		

Figuur 1. Internationale niveaus van automatisering voor voertuigen op de weg volgens de Society of Automotive Engineers.

Om te kunnen beoordelen of voorgenomen praktijkproeven met (deels) zelfrijdende voertuigen op de openbare weg veilig kunnen worden uitgevoerd, zijn potentiële risico's van praktijkproeven in kaart gebracht. Hierbij is gebruikgemaakt van de FMEA-methode (zoals beschreven in ADVISORS, 2003). Volgens deze methode zijn de risico's in een aantal stappen geïdentificeerd:

### 1. Informatie

Vier experts met gedragswetenschappelijke en verkeerstechnische achtergrond hebben informatie gekregen over drie typen potentiële praktijkproeven op de openbare weg met verschillende niveaus van automatisering: *platooning trucks*, personenauto's met een (tijdelijke) zelfrijdende functie en een zogenoemde *people mover*.

### 2. Brainstormsessie 1

In een gezamenlijke brainstormsessie heeft iedere expert zijn vragen/risico's ingebracht. Alle risico's zijn hierbij centraal op een scherm genoteerd.

### 3. Brainstormsessie 2

In een volgende sessie zijn de potentiële risico's gegroepeerd in de volgende categorieën:

- Interactie met het systeem/voertuig
- Interactie met andere weggebruikers
- Locatie en moment van de praktijkproef

Vervolgens is gekeken welke van deze potentiële risico's van toepassing waren op de drie praktijkproeven met verschillende niveaus van automatisering (zie *Tabel 2*)

### 4. Risicomatrix

De brainstormsessies hebben uiteindelijk geresulteerd in een matrix met potentiële risico's (zie *Paragraaf 3.2*).

### 5. Vervolg

Bij het beoordelen van concrete aanvragen voor praktijkproeven (zie *Hoofdstuk 4*) zouden nieuwe risico's geïdentificeerd kunnen worden. Deze worden dan toegevoegd aan de bestaande risicomatrix.



## Bijlage C Voorbeeldadvies

### Praktijkproef – Scania platooning trucks

Deze bijlage beschrijft een eerste testcase: de ‘aanvraag’ van een praktijkproef met de *platooning trucks* van Scania, die reeds op 9 februari 2015 in Zwolle heeft plaatsgevonden.<sup>4</sup> Dit voorbeeld illustreert hoe een SWOV-veiligheidsadvies eruit zal komen te zien.<sup>5</sup>

Het advies bevat een opsomming van de mogelijke verkeersveiligheidsrisico's en een advies over hoe deze risico's geminimaliseerd zouden kunnen worden. Het hoofdadvis beperkt zich tot de omstandigheden van deze specifieke praktijkproef. Met andere woorden, het zegt niets over de verkeersveiligheidseffecten van dezelfde proef op een andere locatie, op een ander moment, of over een bredere toepassing van dit soort technologieën in ons verkeerssysteem.

Het advies wordt afgesloten met enkele aandachtspunten bij een eventuele bredere uitrol van het systeem en met suggesties voor manieren om meer leerpunten uit de proef te halen.

### Beschrijving van de proef<sup>6</sup>

De praktijkproef betreft een demonstratie<sup>7</sup> van gekoppeld rijden (*platoon*) van drie Scania vrachtwagens. De vrachtwagens zijn elektronisch met elkaar gekoppeld. De voorste vrachtwagen fungeert als leider voor de andere voertuigen. Totdat zij aansluiten bij de *platoon*, bestuurt iedere chauffeur zelfstandig zijn voertuig. Daarna vervullen de bestuurders van de gekoppelde vrachtwagens geen actieve rol meer. Remt de eerste vrachtwagen in de *platoon* af, dan remmen de gekoppelde vrachtwagens automatisch, real-time en met dezelfde dosering af. De vrachtwagens communiceren met elkaar via GPS, radar en WiFi. De afstand tussen de vrachtwagens blijft gelijk, wat er ook gebeurt. Dus zelfs in een situatie dat een noodstop gemaakt wordt.

Details (zoals van Scania ontvangen):

- 3 vrachtwagens die rijden in een *platoon*
- Te gebruiken weg: A28 van oprit 18 tot afrit 21 in noordelijke richting
- Scania heeft zelf gekozen voor dit noordelijke traject omdat zij uitgaan van 40 minuten vanaf vertrek van Scania (Russenweg 5, Zwolle) tot het konvoi er weer retour komt
- De techniek is Coöperatieve Adaptieve Cruise Control
- In iedere Scania zit een met het systeem ervaren chauffeur die zelf stuurt en te allen tijde het systeem kan uitschakelen als hij dat nodig acht.

---

<sup>4</sup> Deze praktijkproef is achteraf, op papier beoordeeld op basis van de informatie die daarover beschikbaar was. Soms hebben we aannames moeten doen.

<sup>5</sup> Deze case is slechts een voorbeeld. Een nieuwe aanvraag voor een proef met *platooning trucks* kan anders worden beoordeeld.

<sup>6</sup> Deze paragraaf bevat de letterlijke informatie zoals SWOV die van de RDW heeft ontvangen. Deze informatie kan onvolledigheden en onjuistheden bevatten.

<sup>7</sup> Het doel van de demonstratie is het tonen van de mogelijkheden en niet primair het opbouwen van kennis.

- Het systeem werkt met radar en WIFI.
- De volgtijd tussen de voertuigen wordt op 1,3 sec bij 80 km/h gezet (25 meter tussenruimte)
- Mocht een ander voertuig zich tussen het konvooi komen, zal de achteropkomende Scania gas terug nemen en een normale volgafstand houden.
- Van iedere weggebruiker wordt verwacht dat deze voldoende afstand tot zijn/haar voorganger aanhoudt om zijn/haar voertuig tijdig tot stilstand te kunnen brengen als de voorganger remt. Daarbij hebben personenauto's en motorfietsen over het algemeen een grotere remvertraging dan een vrachtwagen dus het risico dat daar iets mis gaat, is klein.
- De route bevat twee opritten en twee afritten

### Beoordeling van de risico's voor de verkeersveiligheid

Om de risico's in deze proef te beoordelen is het volgende expertteam (allen van SWOV) samengekomen:

- Dr. S. de Craen (psycholoog; expertise zelfrijdende voertuigen)
- M.J. Boele, MSc. (cognitief psycholoog; expertise zelfrijdende voertuigen)
- C.W.A.E. Duivenvoorden, MSc. (civiel ingenieur; expertise infrastructuur)
- A.T.G. Hoekstra, MSc. (sociaal psycholoog; expertise interacties in het verkeer)
- Dr. C.A. Bax (bestuurskundige; expertise vrachtverkeer)

De beoordeling is gebaseerd op de beschikbare informatie (zie beschrijving van de proef). De locatie van de proef is niet bezocht en er is niet met de RDW gesproken.

#### Risicomatrix

Voor het advies is gebruikgemaakt van de ontwikkelde risicomatrix (zie *Paragraaf 3.2*). De praktijkproef met de *platooning* Scania-vrachtwagens valt binnen de categorie 'gedeeltelijke automatisering' (zie *Paragraaf 3.1* voor de beschrijving van gehanteerde categorieën). Normaalgesproken is het automatiseringsniveau van de volgvrachtwagens (in dit geval vrachtwagen twee en drie) die in een *platoon* rijden 'conditionele automatisering'. Bij deze praktijkproef is echter afgesproken dat de chauffeurs zelf de vrachtwagens besturen, alleen het versnellen en remmen gebeurt automatisch. Omdat het systeem (een gedeelte van) de rijtaak overneemt en de chauffeur zelf de rijomgeving moet blijven monitoren, hebben we deze praktijkproef beoordeeld als 'gedeeltelijke automatisering'.

De tabel op de volgende pagina's toont de uitgewerkte risicomatrix voor deze praktijkproef. De risico's zijn ingedeeld in drie categorieën:

1. Risico's die kunnen spelen bij de interactie van de testrijder(s) met het geautomatiseerde systeem in het voertuig.
2. Risico's die kunnen spelen bij de interactie tussen het voertuig (en zijn testrijder(s)) 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.

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 risico van toepassing is op deze praktijkproef. Hiervoor is consensus gezocht tussen de experts;
- In de laatste kolom wordt aangegeven wat de kans is dat het risico zich als een ongeval of kritische situatie manifesteert en wat 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 x gevolg* is de modus (de beoordeling die het vaakst voorkomt) bepaald.

Alle relevante risico's zijn in zwart weergegeven. Als een beoordelingscriterium niet van toepassing is op de praktijkproef, of reeds is afgedekt, is deze in lichtgrijs weergegeven. In de derde kolom is eventueel aangegeven waarom deze niet van toepassing is en/of geen risico vormt.

	Gedeeltelijke automatisering	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans / gevolg
<b>1. Interactie met systeem/voertuig</b>			
– Opleiding	Is de bestuurder opgeleid / geïnformeerd om met het systeem om te gaan?	Het betreft hier Zweedse chauffeurs die in Nederland moeten rijden. Het is niet duidelijk of zij bekend zijn met de Nederlandse wegen en verkeerssituatie (drukke)?	* / *
– Nieuwe/andere vaardigheden	Moet de testrijder nieuwe of andere verrichtingen uitvoeren (bijvoorbeeld inhalen met gekoppelde vrachtwagen, rijden met een extreem lang voertuig)?	N.v.t.	
– Mentale taakbelasting	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?	De chauffeur kan in slaap vallen, even niet opletten, afgeleid zijn.	* / ***
– Situation Awareness	Blijft de bestuurder 'in the loop' (bewust van de verkeerssituatie)? Wordt de bestuurder tijdig geïnformeerd door het voertuig, zodat hij de rijtaken over kan nemen?	Ja	
– Falen systeem	Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt? Is er dan genoeg tijd om over te nemen?	Ja	
– Oneigenlijk gebruik van het systeem	Hoe wordt misbruik (bijvoorbeeld inschakelen op verkeerde moment) tegengegaan?	N.v.t.	
– Onverwachte gebeurtenis	Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekend wild / voetganger / object, file op het traject, lekke band)?	Onbekend wat het protocol is	* / ***
		We zien een mogelijk risico wanneer de chauffeur van een volgvrachtwagen druk voelt om bij de <i>platoon</i> aan te sluiten (bijvoorbeeld wanneer een andere weggebruiker wil tussenvoegen of wanneer de <i>platoon</i> al is onderbroken).	** / **

	Gedeeltelijke automatisering	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans / gevolg
<b>2. Interactie met andere weggebruikers</b>			
– Informatie	Zijn andere weggebruikers geïnformeerd?	Nee. Maar lijkt hier ook niet nodig. Het is een relatief korte demonstratie waarbij het rijgedrag (bijvoorbeeld volgfstand) voor het overige verkeer niet heel afwijkend is	
– Voorspelbaarheid	Reageert het voertuig conform de verwachtingen?	N.v.t. (we verwachten niet dat andere weggebruikers van een afstand herkennen dat het hier om een bijzondere situatie gaat)	
– Verkeersregels	Volgt het voertuig de verkeersregels en –tekens?		
– Oneigenlijk gebruik	Is er voldoende rekening mee gehouden dat andere weggebruikers het voertuig willen uittesten? Bijvoorbeeld: Andere weggebruikers testen of het voertuig inderdaad automatisch remt		
– Kopieergedrag	Nemen andere weggebruikers op onwenselijke wijze gedrag over van automatische voertuigen?	N.v.t. (de 1,3 sec. volgfstand die de vrachtwagens onderling aanhouden is meer dan de spontane volgtijd die automobilisten doorgaans aanhouden)	
<b>3. Locatie en moment van praktijkproef</b>			
– 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	N.v.t. (het zijn geen andere - lees: zwaardere - voertuigen dan die normaal gesproken al op de snelweg rijden)	
– Route: snelheid en obstakelbeveiliging	Is de snelheid van het voertuig conform de omstandigheden? (bijv. niet te langzaam of te snel voor de omstandigheden) Zijn wegmeubilair en andere obstakels voldoende afgeschermd?	De <i>platoon</i> rijdt langzamer dan gebruikelijk voor vrachtverkeer (80 km/uur i.p.v. 90 km/uur). We verwachten dan ook inhaalmanoeuvres van andere vrachtwagens	*** / *
– Externe omstandigheden: weer en verkeer	Is er voldoende rekening gehouden met de verwachte weersomstandigheden en verkeersdruk?	Ja. (praktijkproef alleen bij geschikte weersomstandigheden)	

### Het advies van SWOV over deze praktijkproef

SWOV schat in dat het grootste risico bij deze proef wordt gevormd door de druk die de chauffeurs voelen om de *platoon* in stand te houden. Zij zouden hierdoor extra risico's kunnen nemen en/of bijvoorbeeld overige weggebruikers minder ruimte kunnen geven om in of uit te voegen. Uit de informatie over deze praktijkproef die in ons bezit is, wordt niet duidelijk of en hoe dit risico wordt ondervangen. Wij adviseren om dit specifiek in het protocol op te nemen. Een mogelijkheid is om vast te stellen onder welke omstandigheden de *platoon* afgebroken moet worden (bijv. bij een bepaalde

verkeersdrukte, ter hoogte van de toe- en afritten, en dergelijke) en onder welke omstandigheden de praktijkproef in zijn geheel afgebroken moet worden (bijv. bij een bepaalde verkeersdrukte, bij een ongeval, etc.).

Van de overige genoemde risico's wordt geschat dat er ofwel een kleine kans is dat het risico zich manifesteert, ofwel dat de gevolgen in termen van letsel klein zijn.

#### *Aandachtspunten bij bredere uitrol*

Deze praktijkproef beperkt zich tot een specifieke tijd en locatie. Een bredere uitrol van *platooning trucks* in Nederland valt in principe buiten de scope van dit advies. Echter, omdat dit andere risico's en vraagstukken met zich meebrengt willen we hier toch kort op ingaan.

Zo is de volgtijd van 1,3 seconden die tijdens de demonstratie is aangehouden een gemiddelde volgtijd voor vrachtwagens en langer dan de volgtijd die automobilisten spontaan aanhouden op de snelweg (Hansen & Minderhoud, 2003). We verwachten dat demonstraties en proeven in de toekomst met een veel kortere volgtijd zullen worden uitgevoerd. Immers is alleen dan sprake van de beoogde voordelen van een *platoon*: door kortere volgtijd brandstof besparen. Bij een kortere volgtijd gaan andere veiligheidsrisico's een rol spelen. Met name in de interactie met de andere weggebruikers bestaat de kans dat deze zich genoodzaakt voelen om bepaalde risico's te nemen bij het invoegen en uitvoegen wanneer zij in de buurt rijden van de *platoon*. Bijvoorbeeld, een weggebruiker manoeuvreert zich met hogere snelheid en op kortere afstand voor de voorste vrachtwagen om daarna uit te voegen; of een weggebruiker moet flink versnellen of juist afremmen op de toerit om te kunnen invoegen.

Verder bevelen wij aan om de lengte van de *platoon* beperkt te houden tot niet meer dan drie vrachtwagens, en om LZV's (lange zware vrachtoertuigen) geen deel te laten uitmaken van de *platoon*; dit omdat die hiermee extreem lang wordt.

Hiernaast verwachten wij dat geautomatiseerd van rijstrook wisselen met een *platoon* (waarbij de eerste chauffeur beslist om van rijstrook te wisselen en de daaropvolgende vrachtwagens automatisch volgen) extra veiligheidsrisico's met zich meebrengt. Bij geautomatiseerd inhalen moet de eerste chauffeur over de lengte van de gehele *platoon* inschatten of inhalen verantwoord kan. Nader onderzoek zou moeten uitwijzen of dit op de Nederlandse snelweg mogelijk is en of chauffeurs in staat zijn om dit soort beslissingen te kunnen nemen.

#### **Leerpunten**

We hebben deze praktijkproef beoordeeld als een demonstratie. Het doel van een demonstratie is te laten zien hoe een systeem werkt, waarbij de proef zo veilig mogelijk moet worden uitgevoerd. Wanneer een praktijkproef kennisopbouw als doel heeft, adviseren wij om meerdere proeven te houden bij verschillende omstandigheden, met toenemende complexiteit. Gedacht kan worden aan spitsperiodes, nacht, files, verschillende volgafstanden, etc. Het is daarbij van belang om het gedrag van het verkeer op de weg te monitoren, bijvoorbeeld met camera's langs de weg en camera's in de voertuigen die deel uitmaken van de praktijkproef.