

Advisering over praktijkproeven met zelfrijdende voertuigen

Herziening risicomatrix en lessen uit eerdere proeven

R-2020-14

SWOV



Auteurs



A.T.G. Hoekstra, MSc



C. Mons, MSc

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

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2020-14
Titel:	Advisering over praktijkproeven met zelfrijdende voertuigen
Ondertitel:	Herziening risicomatrix en lessen uit eerdere proeven
Auteur(s):	A.T.G. Hoekstra, MSc & C. Mons, MSc
Projectleider:	A.T.G. Hoekstra, MSc
Projectnummer SWOV:	E19.04.F
Projectcode opdrachtgever:	31155166
Opdrachtgever:	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectinhoud:	SWOV adviseert regelmatig over de mens-/gedragsaspecten van proeven met zelfrijdende voertuigen op de openbare weg. Op basis van de ervaringen uit deze adviezen beschrijft dit rapport 1) hoe de risicomatrix die SWOV daarbij gebruikt is herzien, en 2) welke lessen kunnen worden getrokken uit de adviezen over praktijkproeven met zelfrijdende shuttles.
Aantal pagina's:	20
Fotografen:	Peter de Graaff (portretten)
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2020

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

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Bezuidenhoutseweg 62, 2594 AW Den Haag – Postbus 93113, 2509 AC Den Haag
070 – 317 33 33 – info@swov.nl – www.swov.nl

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

Samenvatting

SWOV adviseert regelmatig over de mens-/gedragsaspecten van proeven met zelfrijdende voertuigen op de openbare weg. Dit advies wordt meegenomen bij de beslissing over een tijdelijke ontheffing voor een specifiek voertuig, waarmee toestemming wordt verleend voor een proef met dat voertuig op de openbare weg.

Bij haar advisering gebruikt SWOV een zogeheten risicomatrix om de risico's op het niveau van mens-voertuiginteractie te inventariseren en te 'scoren'. Dit rapport beschrijft een herziening van deze risicomatrix aan de hand van ervaringen uit eerdere adviestrajecten. Voortaan worden bij de risico-inventarisatie niet meer de verschillende niveaus van automatisering onderscheiden, omdat dit onderscheid in de praktijk niet altijd goed te maken is. De kolomindeling van de matrix is daarom aangepast. Daarnaast is de rijindeling aangepast om de typen risico's duidelijk van elkaar te scheiden, zijn beoordelingscriteria toegevoegd over hoe het voertuig(system) is ontworpen en wordt toegepast, en zijn waar nodig voorbeelden toegevoegd. Ook de bestaande beoordelingscriteria en voorbeelden zijn kritisch bekeken en waar nodig verduidelijkt.

Verder beschrijft dit rapport welke relevante risico's regelmatig terugkeren in SWOV-adviezen over de mens-/gedragsaspecten van proeven met zelfrijdende shuttles en welke (algemene) lessen daaruit kunnen worden getrokken. Opvallend is dat de geïnventariseerde risico's voornamelijk te maken hebben met het feit dat 'zelfrijdende' shuttles (nog) geen probleemoplossend vermogen hebben. Hierdoor komt veel verantwoordelijkheid bij de bestuurder te liggen, die echter niet over genoeg of de juiste middelen beschikt om deze taak te kunnen uitvoeren. Het is zowel voor de aanvrager van de ontheffing als voor SWOV van belang deze problematiek te erkennen.

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Achtergrond	6
1.2	Dit rapport	6
2	Herziening risicomatrix	8
2.1	Aanpak	8
2.2	Toelichting wijzigingen	8
2.2.1	Kolomindeling	8
2.2.2	Rijindeling	9
2.2.3	Terminologie	10
2.3	Risicomatrix	11
2.4	Toelichting toepassing	13
2.4.1	Documentatie ten grondslag aan advies	13
2.4.2	Referentiekader risicobeoordeling	13
2.4.3	Advisering voorwaarden ontheffing	13
3	Lessen uit eerdere proeven	14
3.1	Aanpak	14
3.2	Terugkerende risico's	14
3.2.1	Belasting en plaats van de bestuurder	14
3.2.2	Onvoorspelbaarheid voor andere weggebruikers	15
3.2.3	Snelheidsverschillen met ander gemotoriseerd verkeer	15
3.2.4	Aanwezigheid van protocollen	15
3.3	Conclusie en aanbevelingen	16
	Literatuur	17

1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de achtergrond (*Paragraaf 1.1*) en het tweeledige doel (*Paragraaf 1.2*) van dit rapport: 1) herzien van de risicomatrix die wordt gebruikt bij advisering over de mens-/gedragsaspecten van proeven met zelfrijdende voertuigen op de openbare weg, en 2) benoemen van lessen uit adviezen over praktijkproeven met zelfrijdende shuttles.

1.1 Achtergrond

In 2015 heeft het toenmalige ministerie van Infrastructuur en Milieu in samenwerking met de RDW, Rijkswaterstaat en SWOV een 'testprocedure voor zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse openbare weg' opgesteld (Boele et al., 2015). Deze testprocedure is opgesteld om het testen van zelfrijdende voertuigen op de openbare weg te faciliteren en houdt in dat een aanvraag voor een praktijkproef wordt beoordeeld op drie onderdelen: voertuig, weg en gedrag. Bij gedrag gaat het daarbij om zowel bestuurders en inzittenden als andere verkeersdeelnemers. De RDW is eindverantwoordelijk voor de ontheffing en verantwoordelijk voor het onderdeel 'voertuig', de betreffende wegbeheerder of Taskforce Dutch Roads is verantwoordelijk voor het onderdeel 'weg' en SWOV adviseert de RDW over de mens-/gedragsaspecten van de proeven.

Bij haar advisering maakt SWOV gebruik van een speciaal ontwikkelde risicomatrix (Boele et al., 2015). Met behulp van deze matrix inventariseert een (wisselend) team van SWOV-experts op gestandaardiseerde wijze de mogelijke verkeersveiligheidsrisico's. Daarna maken zij een inschatting van de kans dat het risico zich tijdens de praktijkproef zal voordoen en hoe groot de gevolgen (in termen van letsel) hiervan zouden zijn. Risico's vanaf de drempelwaarde¹ worden aangeduid als 'relevante risico's' en nader toegelicht.

In de afgelopen jaren heeft SWOV met deze methode verschillende adviezen uitgebracht en daarbij punten verzameld waarop de methode is te verbeteren. De grootste groep (openbare) adviezen over eenzelfde type voertuig betrof proeven met een zelfrijdende shuttle.

1.2 Dit rapport

In het huidige rapport wordt beschreven hoe de risicomatrix op basis van de ervaringen uit eerdere SWOV-adviezen is geëvalueerd en aangepast. (*Hoofdstuk 2*). Dit is een eerste verbeter-slag die in latere jaren gevolgd zal worden door nieuwe verbeterlagen.



1. 'Kans' en 'gevolg' worden gescoord met één (klein), twee (middelgroot) of drie (groot) sterren. De drempelwaarde ligt bij twee sterren voor zowel 'kans' als 'gevolg'.

In het tweede deel van het rapport wordt beschreven welke relevante risico's regelmatig terugkeren in SWOV-adviezen over de mens-/gedragsaspecten van proeven met één specifiek type voertuig – de zelfrijdende shuttle – en welke (algemene) lessen daaruit kunnen worden getrokken (*Hoofdstuk 3*). Ten tijde van het opstellen van dit rapport was dit de grootste groep van vergelijkbare adviezen, waardoor wetmatigheden makkelijker te ontdekken zijn.

De risicomatrix is aangepast met als doel om het beoordelingskader van SWOV zo duidelijk en efficiënt mogelijk in te richten. Daarnaast zijn zowel de lessen uit de adviezen over shuttleproeven als de herziene risicomatrix bedoeld om toekomstige aanvragers te helpen bij de voorbereiding van nieuwe proefaanvragen, door op voorhand duidelijker te maken waar SWOV stelselmatig naar kijkt.

2 Herziening risicomatrix

Dit hoofdstuk beschrijft hoe bij de herziening van de risicomatrix te werk is gegaan (*Paragraaf 2.1*). De wijzigingen die in de matrix zijn doorgevoerd staan toegelicht in *Paragraaf 2.2* en de aangepaste versie van de risicomatrix is te vinden in *Paragraaf 2.3*. In *Paragraaf 2.4* wordt beschreven hoe de herziene matrix in toekomstige adviezen zal worden toegepast.

2.1 Aanpak

De auteurs van dit rapport – die zelf bij een groot deel van de tot nu toe gegeven adviezen betrokken zijn geweest – hebben hun eigen ervaringen en die van collega's uit het projectteam verzameld om aan de hand daarvan de risicomatrix aan te passen. Daarnaast zijn de relevante literatuurverwijzingen in de matrix geactualiseerd. De aangepaste versie is vervolgens voorgelegd aan de leden uit het genoemde projectteam. Na deze eerste feedbackronde is de matrix opnieuw aangepast. Om te testen of de herziene matrix duidelijk is en bijdraagt aan een efficiëntere plaatsing van de risico's, heeft het projectteam deze tijdens een brainstormsessie ingevuld aan de hand van de adviezen 'HAGA Shuttle' (Jansen et al., 2019) en 'Shuttlevervoer Drimmelen' (Van Petegem et al., 2019). Na deze sessie is de matrix nog een laatste keer aangepast.

2.2 Toelichting wijzigingen

De risicomatrix is aangepast in termen van kolomindeling (*Paragraaf 2.2.1*), rijindeling (*Paragraaf 2.2.2*) en terminologie (*Paragraaf 2.2.3*).

2.2.1 Kolomindeling

Voorheen bestond de matrix uit drie kolommen: gedeeltelijke, conditionele en volledige automatisering, gebaseerd op de 'levels van automatisering' zoals deze door Society of Automotive Engineers zijn gedefinieerd (SAE, 2014). In theorie beoordeelde SWOV een proef op één van de niveaus van automatisering. Het bleek echter dat het onderscheid tussen de drie niveaus van automatisering in de praktijk lastig te maken is. Binnen één proef kunnen namelijk verschillende niveaus van automatisering voorkomen. Dit speelt bijvoorbeeld bij 'platooning'-proeven, waarbij het niveau van automatisering van het eerste voertuig in het peloton vaak lager is dan van de volgvoertuigen (Jansen et al., 2018; Jansen et al., 2020; Mons et al., 2020). Daarnaast kan het niveau van automatisering van de volgvoertuigen wisselen: in sommige situaties zijn de voertuigen conditioneel geautomatiseerd (alle rijtaken worden overgenomen door het systeem, de bestuurder monitort) en in andere situaties alleen gedeeltelijk (het systeem neemt bijvoorbeeld alleen de longitudinale controle over, de bestuurder voert alle overige dynamische rijtaken uit en monitort de omgeving; Jansen et al., 2020; Mons et al., 2020).

Daarnaast komt het voor dat het beoogde niveau van automatisering van een voertuig hoger is dan het in de praktijk haalbare niveau. Zo kan een voertuig, bijvoorbeeld een shuttle, zijn ingericht als volledige geautomatiseerd voertuig (d.w.z. dat er geen formele bestuurdersplaats aanwezig is) terwijl de techniek (nog) niet toelaat om in alle situaties volledig zelfstandig te functioneren en zal terugvallen op de mens (*Paragraaf 3.1.1*). Deze voertuigen zijn lastig te categoriseren omdat er zowel risico's op het niveau van conditionele als op het niveau van volledige automatisering kunnen spelen. Daarnaast kan het voor de aanvrager verwarrend zijn dat zijn zelfrijdende voertuig door SWOV niet als dusdanig wordt gecategoriseerd.

In de herziene matrix wordt daarom geen onderscheid meer gemaakt tussen de verschillende niveaus van automatisering, waardoor het vaker zal voorkomen dat niet alle beoordelingscriteria van toepassing zijn op een proef. Criteria die uitsluitend gelden voor volledig geautomatiseerde voertuigen zijn immers niet van toepassing op voertuigen die gedeeltelijk geautomatiseerd zijn. Bij de risico-inventarisatie blijven in de herziene matrix die cellen dus 'leeg'.

2.2.2 Rijndeling

De oorspronkelijke risicomatrix bevatte vier clusters van rijen met beoordelingscriteria: (1) interactie met systeem/voertuig, (2) interactie met andere weggebruikers, (3) locatie en tijden praktijkproef en (4) algemeen. De clusters brachten echter geen duidelijke scheiding aan tussen de beoordelingscriteria, waardoor het invullen van de matrix soms moeizaam verliep en de matrix onoverzichtelijk werd. Zo bevatte het eerste cluster (interactie met systeem/voertuig) zowel beoordelingscriteria die betrekking hebben op de opleiding van de bestuurder als op de werking van het voertuig(systeem). Daarnaast bevatte geen van de clusters beoordelingscriteria voor de toepassing van het voertuig(systeem), bijvoorbeeld met betrekking tot de plaats van de bestuurder in de shuttle en de omgang met Human Machine Interfaces. Daarom zijn zowel de clusters als de beoordelingscriteria die zij bevatten in de herziene matrix heringedeeld en is er een vijfde cluster toegevoegd.

In de herziene matrix bevat het eerste cluster, 'toepassing voertuig(systeem)', beoordelingscriteria voor risico's die betrekking hebben op hoe het voertuig(systeem) zich in het verkeer gedraagt en hoe het in de proef gebruikt gaat worden. Hoewel deze risico's voortkomen uit het ontwerp van het voertuig(systeem), heeft SWOV niet de intentie om de technische werking van het voertuig te beoordelen. Dit doet immers de RDW die het voertuig keurt; SWOV gaat er in haar adviezen van uit dat het voertuig/systeem werkt zoals beschreven. In dit cluster wordt expliciet gekeken naar het voertuig(systeem) in relatie tot de gebruiker en het 'operational design domain'² (ODD). Het is namelijk niet alleen van belang dat het voertuig(systeem) technisch goed functioneert, maar ook dat het begrijpelijk en uitvoerbaar is (SWOV, 2018).

Het tweede cluster, 'bestuurder/toezichthouder', heeft betrekking op risico's die hun oorsprong vinden in de ervaring, opleiding, vaardigheden en taakbelasting van de bestuurder of toezichthouder. Hoewel de term 'zelfrijdend voertuig' de verwachting schept dat er geen bestuurder of toezichthouder meer nodig is, bestaan er in de aanloop naar voertuigen die in alle situaties zelfstandig kunnen rijden verschillende tussenfasen. Uit de eerdere aanvragen is gebleken dat de bestuurder of toezichthouder in deze tussenfasen een belangrijke rol speelt.

Het derde cluster, 'interactie van andere weggebruikers met het voertuig', betreft zich op risico's die ontstaan door hoe andere weggebruikers het voertuig ervaren en hierop reageren.

Het vierde cluster, 'locatie en tijden praktijkproef', bevat vragen over risico's die te maken hebben met de infrastructuur, weersomstandigheden en drukte.

Het laatste cluster, 'overig', richt zicht op de naleving van protocollen en het projectmanagement tijdens incidenten.



2. Het 'operational design domain' (ODD) betreft de omstandigheden waarbinnen een systeem gegarandeerd kan functioneren. Inclusief (maar niet alleen) beperkingen aan de omgeving en de tijdvensters waarbinnen het systeem functioneert.

Naast de herindeling van beoordelingscriteria zijn ook de toelichtingen en eventuele voorbeelden daarbij aangepast. Het aanbrengen van een duidelijke scheiding tussen clusters van beoordelingscriteria, het toevoegen van een cluster en het aanscherpen van de toelichtingen op de beoordelingscriteria zal naar verwachting bij zowel de uitvoerders van de risicobeoordeling als de aanvrager meer duidelijkheid te creëren.

2.2.3 Terminologie

In de oorspronkelijke risicomatrix worden de termen bestuurder, steward en operator gebruikt. 'Bestuurder' werd gebruikt indien van een conventionele stuurinrichting gebruik werd gemaakt en 'steward' wanneer dit niet het geval was. De term 'operator' werd gebruikt wanneer het voertuig op afstand werd gemonitord. Deze terminologie kan echter voor verwarring zorgen omdat aanvragers vaak dezelfde termen gebruiken maar niet altijd in dezelfde betekenis als SWOV eraan heeft gegeven. Daarnaast kan de term steward de verwachting scheppen dat niet de wettelijke bestuurder wordt bedoeld. De steward die zich als achtervang in het voertuig bevindt is echter onder het *Besluit ontheffingverlening exceptioneel vervoer (Boev)* wettelijk gezien wél de bestuurder van het voertuig. Daarom is er in de nieuw matrix voor gekozen om enkel de termen bestuurder en toezichthouder te gebruiken. Hierbij wordt met bestuurder altijd de wettelijke bestuurder in of buiten het voertuig aangeduid en met toezichthouder een persoon die wettelijk gezien niet de status van bestuurder heeft en zich zowel binnen als buiten het voertuig (al dan niet in een controlekamer) kan bevinden.

2.3 Risicomatrix

Beoordelingscriteria		Toelichting op beoordelingscriteria
1. Toepassing voertuig(systeem)		
Ontwerp		Voorziet het ontwerp van het voertuig- en/of monitoringsysteem in de wijze waarop de bestuurder of toezichthouder het voertuig binnen de proef dient te gebruiken (bijvoorbeeld: zichtbaarheid Human Machine Interface, bediening noodknop, belemmering/onvoldoende zicht vanuit de cabine/controlekamer, plaats bestuurder in voertuig)?
Oneigenlijk gebruik van het voertuig(systeem)		Wordt het voertuig(systeem) gebruikt op een manier, plaats of tijd die niet past binnen het Operational Design Domain (ODD) ¹ (bijvoorbeeld: het systeem in de verkeerde omstandigheden (de)activeren)?
Mode confusion²		Zijn er maatregelen genomen om te voorkomen dat er bij de bestuurder gedurende de proef onduidelijkheid ontstaat over het huidige niveau van automatisering?
Transition of control³		Wordt er tijdig een waarschuwing gegeven indien rijtaken (op afstand) overgenomen moeten worden?
Automation surprise⁴		Kan de bestuurder/toezichthouder verrast worden door wat het voertuig(systeem) doet?
Anticiperen		Kan het voertuig(systeem) anticiperen op onverwacht gedrag van andere weggebruikers?
Verkeersregels		Volgt het voertuig(systeem) de verkeersregels en -tekens?
2. Bestuurder/toezichthouder		
Ervaring/Opleiding⁵		Heeft de bestuurder of toezichthouder voldoende relevante rij- en/of monitoringervaring?
		Heeft de bestuurder/toezichthouder een opleiding gevolgd waarin ten minste behandeld is (1) in welke omgevingen/onder welke omstandigheden het voertuig(systeem) veilig kan functioneren, (2) welke beperkingen het voertuig(systeem) heeft en (3) wat er moet gebeuren na een incident (bijvoorbeeld zorg voor veiligheid van inzittenden en omstanders gedurende de afwikkeling van het incident)?
		Heeft de bestuurder of toezichthouder praktische ervaring met het voertuig- en/of monitoringsysteem (inclusief het gebruik van noodmiddelen zoals een noodknop)?
(Rij)geschiktheid		Is de bestuurder/toezichthouder geschikt voor het uitvoeren van de vereiste taak of taken (bijvoorbeeld: reactietijd, risicoschatting, taalbeheersing)?
Situation Awareness^{6,7,8}	(Mentale) Onderbelasting^{9,10}	Is de taak (te) weinig belastend waardoor de kans op afleiding en concentratieverlies bestaat?
	(Mentale) Overbelasting¹¹	Is de taak (te) belastend waardoor de kans op het missen van relevante informatie of het niet uitvoeren van relevante handelingen bestaat (bijvoorbeeld: programmering, hosting, volgen dienstregeling, aansturen te veel voertuigen vanuit controlekamer)?
Onvoorziene situaties		Weet de bestuurder/toezichthouder wat te doen in geval van onvoorziene situaties (bijvoorbeeld: overstekende dieren/voetgangers/objecten, file op het traject, lekke band, ziekte of vermoeidheid bestuurder, overbezetting voertuig)?

Beoordelingscriteria		Toelichting op beoordelingscriteria
3. Interactie van andere weggebruikers met het voertuig		
Voorspelbaarheid ^{12,13}		Maakt het voertuig bewegingen die afwijken van de verwachtingen van andere weggebruikers?
Gedragsadaptatie ^{14,15}		Wat is de kans dat andere weggebruikers op onwenselijke wijze gedrag van automatische voertuigen overnemen (bijvoorbeeld: te korte volgtijd in navolging van platooning trucks)?
Uittesten voertuig		Is er voldoende rekening gehouden met de mogelijkheid dat andere weggebruikers het voertuig uittesten (bijvoorbeeld: overige weggebruikers testen of het voertuig inderdaad automatisch remt)?
Herkenbaarheid	Afleiding en waarneembaarheid	Zijn de kenmerken van het voertuig zo opvallend dat overige wegverkeer hierdoor kan worden afgeleid, dan wel zo onopvallend dat andere verkeersdeelnemers er overheen kijken?
	Informatie ¹⁶	Zijn andere weggebruikers geïnformeerd over de aanwezigheid van het (gedeeltelijk) zelfrijdende voertuig?
4. Locatie en tijden praktijkproef		
Plaats op de weg ¹⁷		Is de voorgestelde plaats op de weg de meest veilige als het voertuig mengt met ander verkeer (voorbeeld: rijbaan, fietspad, afgesloten rijbaan)?
Route/netwerk	Omgeving	Leidt de route-/netwerkkeuze tot verhoogd risico gelet op de omgeving (op- en afritten, weefvakken, drukte, winkels, scholen, speeltuinen, etc.) en het gebruik van de infrastructuur door andere verkeersdeelnemers en door het voertuig zelf?
	Snelheidslimiet ¹⁸	Is de snelheid van het voertuig passend gezien de geldende snelheidslimiet(en), dan wel de snelheden die er daadwerkelijk gereden worden (bijvoorbeeld: niet te langzaam of te snel voor de omstandigheden)?
Externe omstandigheden (weer en verkeer)		Zijn de omstandigheden waaronder wel/niet gereden wordt duidelijk gedefinieerd?
5. Overig		
Verandering in externe omstandigheden		Is duidelijk vastgelegd wanneer en door wie besloten wordt om de proef (tijdelijk) te staken bij veranderingen in externe omstandigheden (weer en verkeer)?
Prestatiedruk		Is duidelijk beschreven hoe prestatiedruk en daaruit voortvloeiende risico's voorkomen kunnen worden? (bijvoorbeeld: is vastgelegd hoe en door wie er op wordt toegezien dat de formeel vastgelegde protocollen in de praktijk worden nageleefd? Denk aan het overslaan van pauzes om extra data te verzamelen of het nalatig omgaan met veiligheidsprotocollen om de proef te laten slagen.)
Incidenten		Is duidelijk vastgelegd wat de verschillende betrokkenen (projectleiding, RDW, wegbeheerder, SWOV, etc.) moeten doen in geval van incidenten?

¹Czarnecki (2018); ²Endsley (2017); ³Zhang et al. (2019); ⁴Muslim & Itoh (2019); ⁵Forster et al. (2020); ⁶Marinik et al. (2014); ⁷De Waard (1996); ⁸Endsley (1995); ⁹Endsley & Kaber (1999); ¹⁰Gaspar & Carney (2019); ¹¹Victor et al. (2018); ¹²Biondi, Alvarez & Jeong (2019); ¹³Houtenbos (2008); ¹⁴Sivak & Schoettle (2015); ¹⁵Gouy et al. (2014); ¹⁶Skottke et al. (2014); ¹⁷Hoekstra & Wegman (2011); ¹⁸Wegman & Aarts (2005); ¹⁹Aarts & Van Schagen (2006).

2.4 Toelichting toepassing

In de onderstaande paragrafen wordt toegelicht welke documentatie ten grondslag ligt aan de risico-beoordeling en dus het SWOV-advies (*Paragraaf 2.4.1*), welk referentiekader voor de beoordeling wordt gebruikt (*Paragraaf 2.4.2*) en welk type aanbevelingen SWOV doet (*Paragraaf 2.4.3*).

2.4.1 Documentatie ten grondslag aan advies

In voorgaande rapporten is niet eenduidig omgegaan met de documentatie waar adviezen op gebaseerd werden. Oorspronkelijk werd gesteld dat bij tegenstrijdigheden zou worden uitgegaan van de informatie op het SWOV-formulier. Omdat het regelmatig voorkwam dat er na het ontvangen van dit formulier nog informatie werd nagestuurd, is sindsdien bij een aantal rapporten gesteld dat uit zou worden gegaan van de laatst verstrekte informatie. Deze aanpassing is echter onvoldoende duidelijk. Zo is het namelijk niet vanzelfsprekend dat de laatst verstuurd informatie van dezelfde diepgang en kwaliteit zal zijn als eerder verstuurd informatie. Bovendien is er minder gelegenheid om naar aanleiding van nagezonden informatie aanvullende vragen te sturen. Daarom wordt gebruikgemaakt van een nieuwe aanpak.

Voorafgaand aan een startbijeenkomst stelt SWOV een document op met vragen naar aanleiding van de toegestuurde documentatie, waaronder het ingevulde SWOV-formulier. Vragen die tijdens de startbijeenkomst aan bod komen worden van antwoord voorzien. Na afloop van de startbijeenkomst wordt het document ter controle en aanvulling langs de aanvrager gestuurd. In het vervolg zal er, daar waar de verschillende documenten tegenstrijdige informatie geven, worden uitgegaan van de informatie op het SWOV-formulier in combinatie met de antwoorden op de vragen in het aanvullende SWOV-document. Om te voorkomen dat er onduidelijkheid ontstaat, geeft SWOV concreet aan op basis van welke aannames en uitgangspunten een proef is beoordeeld.

2.4.2 Referentiekader risicobeoordeling

Het in kaart brengen van potentiële risico's met betrekking tot de mens-/gedragsaspecten van de proef is bedoeld om in kaart te brengen welke risico's op voorhand vastgesteld kunnen worden, zodat vermijdbare risico's zo veel mogelijk kunnen worden voorkomen. Hierbij worden zelfrijdende voertuigen in principe afgezet tegen regulier verkeer. In Nederland is ervoor gekozen om ruimte te bieden voor innovatie en ontwikkeling. Dit mag echter niet tot een risicoverhoging leiden. Daarom is gekozen voor een vergelijking met regulier verkeer. Risico's die inherent zijn aan verkeersdeelname in het algemeen worden in principe buiten beschouwing gelaten. Een belangrijke kanttekening daarbij is dat een zelfrijdend voertuig wel meer moet kunnen dan een gewone auto, namelijk het (op termijn) vervangen van een menselijke bestuurder. Menselijke bestuurders beschikken immers over een aantal vaardigheden die met name in kritieke situaties een beslissende rol kunnen spelen (anticiperen, toepassen van informele verkeersregels) waar zelfrijdende technologieën (nog) niet over beschikken. Daarom wordt bij het inventariseren van de risico's wel meegenomen of en hoe een voertuig kan compenseren voor een gebrek aan anticiperend en probleemoplossend vermogen.

2.4.3 Advisering voorwaarden ontheffing

In de eerste SWOV-adviezen over praktijkproeven werd elk relevant risico niet alleen voorzien van toelichting, maar ook van suggesties voor beheersingsmaatregelen. In overleg met de RDW zijn deze vrijblijvende adviezen komen te vervallen, omdat het vinden van geschikte beheersingsmaatregelen voor SWOV een tijdrovend proces was terwijl de verantwoordelijkheid hiervoor volgens de RDW bij de aanvrager hoort te liggen. SWOV zal echter wel ontheffingsvoorwaarden adviseren indien de experts van mening zijn dat de proef zonder deze specifieke voorwaarden niet veilig genoeg kan worden uitgevoerd. Met andere woorden: SWOV zal geen adviezen meer geven over de implementatie in het geval van ontheffing, maar nog wel adviezen met betrekking tot het verlenen van de ontheffing en de voorwaarden waaronder dit moet gebeuren.

3 Lessen uit eerdere proeven

Dit hoofdstuk beschrijft hoe we te werk zijn gegaan bij het trekken van lessen uit eerdere SWOV-adviezen over praktijkproeven met shuttles (*Paragraaf 3.1*). Vervolgens wordt besproken welke aspecten steeds terugkeren als relevante risico's van shuttleproeven (*Paragraaf 3.2*) en wat de implicaties hiervan zijn voor toekomstige proeven (*Paragraaf 3.3*).

3.1 Aanpak

Voor dit deel van het rapport zijn openbare SWOV-adviezen over shuttles verzameld. Zoals eerder genoemd, is hiervoor gekozen omdat wetmatigheden makkelijker te ontdekken zijn in een homogene set van adviezen. Het gaat om de volgende vier adviezen:

1. *Advies praktijkproef: Eemshaven Fase I* (De Craen et al., 2017);
2. *Advies praktijkproef: OZG Scheemda* (Hoekstra et al., 2018);
3. *Advies praktijkproef: HAGA Shuttle* (Jansen et al., 2019);
4. *Advies praktijkproef: Shuttlevervoer Drimmelen* (Van Petegem et al., 2019).

De auteurs van dit rapport hebben de bovenstaande adviezen bestudeerd met het oog op algemene lessen over de mens-/gedragsaspecten van de betreffende proeven. Ze hebben de adviezen met elkaar vergeleken en geïnventariseerd welke risico's regelmatig terugkeren en wat de implicaties hiervan zijn. Omdat er nog niet voldoende adviezen zijn opgesteld om een kwantitatieve analyse mogelijk te maken, is de beschrijving van bevindingen en conclusies kwalitatief van aard.

3.2 Terugkerende risico's

Relevante risico's die bij de beoordeling van proeven met zelfrijdende shuttles vaak terugkeren, betreffen de belasting en plaats van de bestuurder (*Paragraaf 3.2.1*), de onvoorspelbaarheid van de shuttle voor andere weggebruikers (*Paragraaf 3.2.2*), de snelheidsverschillen met ander gemotoriseerd verkeer (*Paragraaf 3.2.3*) en de afwezigheid van protocollen (*Paragraaf 3.2.4*).

3.2.1 Belasting en plaats van de bestuurder

Uit de adviezen blijkt dat de bestuurder (in de proeven waarover geadviseerd is echter aangeduid als 'steward', zie *Paragraaf 2.2.3*) zowel mentaal als fysiek een lastige taak lijkt te hebben. Wettelijk gezien bevindt hij zich als bestuurder in het voertuig: hij hoort de rijomgeving te monitoren en indien nodig de controle over de shuttle over te nemen. Bij reizigers kan echter de verwachting ontstaan dat de bestuurder een hostingfunctie bekleedt, aangezien hij zich in een 'zelfrijdend' voertuig bevindt. Hierdoor bestaat de kans dat reizigers proberen gesprekken met de bestuurder te voeren, waardoor deze wordt afgeleid van zijn taak als bestuurder (Hoekstra et al., 2018; Jansen et al., 2019; Van Petegem et al., 2019). Daarnaast is de taak fysiek uitdagend omdat zich in de shuttle geen formele stuurinrichting of vaste bestuurdersplaats bevindt en de bestuurder gedurende de rit moet staan om het overzicht over de verkeerssituatie te kunnen bewaren. Wanneer de bestuurder op een van de zitplaatsen zou plaatsnemen, zou hij door het design van de shuttle namelijk onvoldoende

zicht op de verkeerssituatie hebben (Hoekstra et al., 2018; Jansen et al., 2019; Van Petegem et al., 2019). Wanneer de bestuurder staat is deze in het geval van een noodstop echter onvoldoende beschermd en bestaat het risico dat hij ten val komt (Jansen et al., 2019; Van Petegem et al., 2019). De belasting van de bestuurder neemt verder toe wanneer de shuttle met behulp van een joystick handmatig bestuurd moet worden. Dit is het geval wanneer er een technische fout optreedt of de shuttle niet in staat is om met een situatie om te gaan. In dat geval moet de bestuurder niet alleen staan, maar heeft hij door het bedienen van de joystick ook geen mogelijkheid meer om zich vast te houden (Hoekstra et al., 2018; Jansen et al., 2019; Van Petegem et al., 2019). Daarnaast wordt het zicht van de bestuurder ook in een staande positie beperkt door de relatief grote A-stijlen van het voertuig, het gebrek aan binnen- of buitenspiegels en de aanwezigheid van passagiers (Van Petegem et al., 2019). Een bestuurder moet dus in staat zijn om voor langere periodes in een rijdend voertuig te staan en eventueel te draaien of bukken om de situatie buiten de shuttle te monitoren.

3.2.2 Onvoorspelbaarheid voor andere weggebruikers

Omdat de shuttles elektrisch zijn aangedreven maken zij weinig geluid. Dit maakt dat shuttles met name bij blinden en slechtzienden voor verrassingen en gevaarlijk situaties zorgen, aangezien zij voor de detectie van voertuigen van geluid afhankelijk zijn (Hoekstra et al., 2018; Jansen et al., 2019). Daarnaast wijkt het gedrag van de shuttles aanzienlijk af van dat van een conventioneel busje. De shuttles zijn namelijk niet in staat om formele of informele verkeersregels te volgen. Zo verlenen de shuttles bijvoorbeeld altijd voorrang. Het gedrag van een shuttle wordt namelijk bepaald door de voorgeprogrammeerde route en de obstakels die het voertuig tegenkomt. De shuttle verlaagt zijn snelheid of stopt (al dan niet abrupt) wanneer andere weggebruikers dichterbij komen. Dit afwijkende gedrag kan andere verkeersdeelnemers verrassen en hierdoor tot gevaarlijke situaties leiden (De Craen et al., 2017; Hoekstra et al., 2018; Van Petegem et al., 2019). Daarnaast heeft de shuttle geen probleemoplossend vermogen: het kan niet automatisch om een object heen manoeuvreren of achteruit rijden. Het is dan aan de andere verkeersdeelnemer om de situatie op te lossen of te wachten tot de besturing van de shuttle handmatig wordt overgenomen. Dit vergt echter extra tijd omdat het de shuttle niet over een conventionele stuurinrichting beschikt (Van Petegem et al., 2019).

3.2.3 Snelheidsverschillen met ander gemotoriseerd verkeer

Daar waar shuttles met ander gemotoriseerd verkeer mengen zijn aanzienlijke snelheidsverschillen tussen de voertuigen te verwachten (De Craen et al., 2017; Hoekstra et al., 2018, Jansen et al., 2019; Van Petegem et al., 2019). De snelheidsverschillen zijn bijzonder groot wanneer de shuttles handmatig worden bestuurd (Hoekstra et al., 2018; Van Petegem et al., 2019). Dit is onwenselijk omdat onderzoek aantoont dat een toename in snelheidsverschil zorgt voor een toename in ongevals- en letselrisico (Aarts & Van Schagen, 2006). Vooral de risico's op kop-staartbotsingen en gevaarlijke inhaalmanoeuvres van de tegenpartij lijken bij praktijkproeven met shuttles een rol te spelen (De Craen et al., 2017; Van Petegem et al., 2019). Daarbij komt dat de shuttles niet altijd over gordels beschikken of het dragen hiervan niet verplicht is (Hoekstra et al., 2018, Jansen et al., 2019; Van Petegem et al., 2019) en dat de bestuurder zonder vaste plek over minder passieve veiligheidssystemen beschikt dan bijvoorbeeld de bestuurder van een auto (Jansen et al., 2019).

3.2.4 Aanwezigheid van protocollen

Er blijken niet altijd duidelijke protocollen aanwezig te zijn, waardoor het voor kan komen dat gevaarlijke situaties ontstaan en hierop niet adequaat wordt gereageerd. Het gaat bijvoorbeeld om protocollen die beschrijven onder welke (weers)omstandigheden de proef moet worden onderbroken (De Craen et al., 2017; Hoekstra et al., 2018) of hoe passagiers opgevangen dienen te worden indien zij door technische problemen of een incident het voertuig moeten verlaten (De Craen et al., 2017; Van Petegem et al., 2019).

3.3 Conclusie en aanbevelingen

Tot de introductie van de ‘Experimenteerwet’³ in juli 2019 was rijden zonder wettelijke bestuurder niet toegestaan. Om die reden waren bij alle shuttleproeven waarover SWOV tot nu toe heeft geadviseerd bestuurders aanwezig. Uit de advisering over proeven tot dusver komt naar voren dat de geïnventariseerde risico’s voornamelijk te maken hebben met het feit dat ‘zelfrijdende’ shuttles (nog) geen probleemoplossend vermogen hebben en nog niet volledig zelfstandig kunnen functioneren. Hierdoor komt veel verantwoordelijkheid bij de bestuurder (*Paragraaf 3.2.1*) en de andere weggebruikers (*Paragraaf 3.2.2 en 3.2.3*) te liggen.

Voor de belasting van de bestuurder is het bij toekomstige proeven van belang om rekening te houden met de complexiteit van de rol die hij of zij dient te vervullen. Wanneer de bestuurder mentaal en of fysiek verkeerd belast wordt, bestaat het risico dat hij de taak als wettelijke bestuurder onvoldoende goed kan uitvoeren en er gevaarlijke situaties ontstaan (Biondi, Alvarez & Jeong, 2019; Carsten et al., 2012; De Winter et al., 2014; Greenlee, DeLucia & Newton, 2019; Heikoop et al., 2019). Het is van belang dat de bestuurder expliciet geen hostingtaken toebedeeld krijgt. Wat de situatie nog complexer maakt, is dat ook onderbelasting een mogelijk risico met zich meebrengt. Namelijk dat bestuurders hun aandacht niet bij een ‘saai’ taak kunnen houden, waardoor het uitvoeren van neventaken en het voeren van gesprekken waarschijnlijk aantrekkelijker wordt. Ook uit de wetenschappelijke literatuur is bekend dat de waakzaamheid voor de rijtaak verloren gaat in een sterk geautomatiseerde omgeving, waardoor men minder snel reageert in noodsituaties (Gaspar & Carney, 2019; Victor et al., 2018). Dit zijn keerzijden van dezelfde medaille. Aanvragers dienen met beide risico’s rekening te houden en hierin een balans te vinden. Behalve aan de mentale belasting dient ook aandacht te worden besteed aan de fysieke belasting van de bestuurder, bijvoorbeeld door een goed bereikbare (al dan niet vaste) stuurinrichting en voldoende zicht vanuit een veilige (zit)plaats.

Voor overige weggebruikers is het van belang dat zij voldoende weten welk afwijkend gedrag een shuttle kan vertonen en daar voldoende op kunnen anticiperen. Uit de expertbeoordelingen tot nu toe komt naar voren dat het van belang is dat andere weggebruikers goed op de hoogte zijn van de zelfrijdende shuttle en de route waarop deze rijdt. Daarnaast is het van belang om de route waarop de shuttle rijdt zorgvuldig te kiezen en hierbij bedacht te zijn op de risico’s van snelheidsverschillen met andere verkeersdeelnemers.

Voor de veiligheid van de inzittenden is het van belang dat de juiste passieve veiligheidssystemen aanwezig zijn én worden gebruikt. Tevens dient in duidelijke protocollen uitgewerkt te zijn hoe de bestuurder hoort te handelen in geval van een noodsituatie. Het gaat hierbij niet alleen om het inschakelen van hulpdiensten maar bijvoorbeeld ook om het afzetten van een ongevalslocatie, het waarborgen van de veiligheid van omstanders totdat de hulpdiensten zijn gearriveerd en het opvangen en begeleiden van passagiers. Hierbij is het niet alleen belangrijk dat de juiste protocollen aanwezig zijn en geoefend worden, maar ook dat er duidelijkheid bestaat over wie verantwoordelijk is voor de besluitvorming over het wel of niet door laten gaan van de proef.

Tot slot: bovengenoemde lessen zijn gebaseerd op SWOV-adviezen over praktijkproeven met zelfrijdende shuttles. Het is aan te bevelen om die praktijkproeven te monitoren om de daadwerkelijke verkeersveiligheidsimpact van dergelijke voertuigen op ons verkeerssysteem te bepalen. Hoewel een aantal beschreven lessen type-overstijgend is, betekent dit niet dat de hieruit voortkomende risico’s bij proeven met andere voertuigen in dezelfde mate gelden. Dit is immers afhankelijk van een combinatie van factoren (mens, voertuig, weg). Daarnaast kunnen testen met andere typen voertuigen andere typen risico’s met zich meebrengen. SWOV beveelt daarom aan om – bij voldoende adviezen over de mens-/gedragsaspecten van praktijkproeven – ook voor andere typen voertuigen de regelmatig terugkerende relevante risico’s en algemene lessen te identificeren en deze in de praktijk te monitoren.



3. Zie <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2019-240.html>

Literatuur

Aarts, L. & Schagen, I. van (2006). *Driving speed and the risk of road crashes; A review*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 38, nr. 2, p. 215-224.

Biondi, F., Alvarez, I. & Jeong, K.-A. (2019). *Human-vehicle cooperation in automated driving: A multidisciplinary review and appraisal*. In: *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 35, nr. 11, p. 932-946.

Boele, M.J., Duivenvoorden, C.W.A.E., Hoekstra, A.T.G. & Craen, S. de (2015). *Procedure en criteria voor de veiligheid van praktijkproeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen; Achtergrond en aanpak van het SWOV-veiligheidsadvies*. R-2015-15A. SWOV, Den Haag.

Carsten, O., Lai, F.C.H., Barnard, Y., Jamson, A.H. & Merat, N. (2012). *Control task substitution in semiautomated driving: Does it matter what aspects are automated?* In: *Human Factors*, vol. 54, nr. 5, p. 747-761.

Craen, S. de, Hoekstra, A.T.G., Loenis, B.J.C. & Schagen, I.N.L.G. van (2017). *Advies praktijkproef: Eemshaven Fase I*. R-2017-4. SWOV, Den Haag.

Czarnecki, K. (2018). *Operational Design Domain for automated driving systems - Taxonomy of basic terms*. Waterloo Intelligent Systems Engineering (WISE) Lab, University of Waterloo.

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. (2017). *Autonomous driving systems: A preliminary Naturalistic Study of the Tesla Model S*. In: *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, vol. 11, nr. 3, p. 225-238.

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.

Forster, Y., Hergeth, S., Naujoks, F., Krems, J.F. & Keinath, A. (2020). *What and how to tell beforehand: The effect of user education on understanding, interaction and satisfaction with driving automation*. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 68, p. 316-335.

Gaspar, J. & Carney, C. (2019). *The effect of partial automation on driver attention: A Naturalistic Driving study*. In: *Human Factors*, vol. 61, nr. 8, p. 1261-1276.

Greenlee, E.T., DeLucia, P.R. & Newton, D.C. (2019). *Driver vigilance in automated vehicles: Effects of demands on hazard detection performance*. In: *Human Factors*, vol. 61, nr. 3, p. 474-487.

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, p. 264-273.
- Heikoop, D.D., Winter, J.C.F. de, Arem, B. van & Stanton, N.A. (2019). *Acclimatizing to automation: Driver workload and stress during partially automated car following in real traffic*. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 65, p. 503-517.
- Hoekstra, A.T.G., Mons, C., Nes, C.N. van, Dijkstra, A. & Jansen, R.J. (2018). *Advies praktijkproef: OZG Scheemda*. R-2018-10. SWOV, Den Haag.
- 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.
- Houtenbos, M. (2008). *Expecting the unexpected: a study of interactive driving behaviour at intersections*. SWOV dissertation series. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam.
- Jansen, R.J., Kamphuis, K.G., Cleij, D., Goede, M. de & Schepers, J.P. (2020). *Advies praktijkproef: Bosch CONCORDA-peloton*. R-2020-2. SWOV, Den Haag. [Te verschijnen]
- Jansen, R.J., Mons, C., Goede, M. de, Louwense, W.J.R. & Nes, C.N. van (2018). *Advies praktijkproef: DAF Platooning*. R-2018-25. SWOV, Den Haag.
- Jansen, R.J., Mons, C., Hoekstra, A.T.G., Louwense, W.J.R. & Schagen, I.N.L.G. van (2019). *Advies praktijkproef: HAGA Shuttle*. R-2019-10. SWOV, Den Haag.
- Mons, C., Hoekstra, A.T.G., Jansen, R.J., Kint, S.T. van der & Louwense, W.J.R. (2020). *Advies praktijkproef: TKI Smart Mobility EcoTwin III*. R-2020-3. SWOV, Den Haag. [Te verschijnen]
- Muslim, H. & Itoh, M. (2019). *A theoretical framework for designing human-centered automotive automation systems*. In: Cognition, Technology & Work, vol. 21, nr. 4, p. 685-697.
- Petegem, J.W.H. van, Hoekstra, A.T.G., Mons, C., Schagen, I.N.L.G. van & Cleij, D. (2019). *Advies praktijkproef: Shuttlevervoer Drimmelen*. R-2019-15. SWOV, Den Haag.
- SAE (2014). *Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems*. J3016. SAE International.
- 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.
- SWOV (2018). *DV3 – Visie Duurzaam Veilig Wegverkeer 2018-2030*. SWOV, Den Haag.
- Victor, T.W., Tivesten, E., Gustavsson, P., Johansson, J., et al. (2018). *Automation expectation mismatch: Incorrect prediction despite eyes on threat and hands on wheel*. In: Human Factors, vol. 60, nr. 8, p. 1095-1116.
- Waard, D. de (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen RUG, Groningen.

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

Winter, J.C.F. de, Happee, R., Martens, M.H. & Stanton, N.A. (2014). *Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: A review of the empirical evidence*. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 27, Part B, p. 196-217.

Zhang, B., Winter, J. de, Varotto, S., Happee, R. & Martens, M. (2019). *Determinants of take-over time from automated driving: A meta-analysis of 129 studies*. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 64, p. 285-307.

Ongevallen voorkomen Letsel beperken Levens redden

SWOV

Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Postbus 93113

2509 AC Den Haag

Bezuidenhoutseweg 62

070 – 317 33 33

info@swov.nl

www.swov.nl

 [@swov_nl](#) / [@swov](#)

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