

Advies praktijkproef DAF EcoTwin III – Platooning Trucks

R-2017-8



Advies praktijkproef

DAF EcoTwin III – Platooning Trucks

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2017-8
Titel:	Advies praktijkproef
Ondertitel:	DAF EcoTwin III – Platooning Trucks
Auteur(s):	Dr. S. de Craen, dr. C.A. Bax, M.J. Boele, MSc. & ir. J.W.H. van Petegem
Projectleider:	Dr. S. de Craen
Projectnummer SWOV:	S17.21b
Trefwoord(en):	Vehicle; automatic; behaviour; road user; traffic; safety; test; test method; road traffic; risk assessment; accident prevention; Netherlands; SWOV
Projectinhoud:	Bij beoordeling van een praktijkproef met (deels) zelfrijdende voertuigen op de openbare weg is de Dienst Wegverkeer (RDW) eindverantwoordelijk voor de ontheffing. SWOV adviseert RDW over de mens-/gedragsaspecten van de betreffende praktijkproef. Deze notitie beschrijft het SWOV-advies over de demonstratie met platooning trucks van het DAF EcoTwin III-project.
Aantal pagina's:	16 + 8
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2017

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

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid
Postbus 93113
2509 AC Den Haag
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Inhoud

1.	Inleiding	5
2.	Beschrijving van de proef	6
2.1.	Gebruikte informatie	6
2.2.	Beschrijving van de proef	6
2.2.1.	De voertuigen	7
2.2.2.	Weg en route	8
2.3.	Samenvatting en aannames	8
3.	Beoordeling van de risico's voor verkeersveiligheid	9
4.	Het SWOV-advies over de demonstratie met de EcoTwin III-trucks	13
4.1.	Veiligheidsadvies	13
4.2.	Leerpunten	15
4.3.	Aandachtspunten bij bredere uitrol	15
4.4.	Conclusies	16
Bijlage 1	SWOV-Formulier <i>Benodigde informatie voor de beoordeling van proeven met zelfrijdende voertuigen</i>	17
Bijlage 2	Risicomatrix	21

1. Inleiding

Om innovaties op het gebied van zelfrijdende voertuigen te stimuleren, faciliteert Nederland het testen van zelfrijdende voertuigen op de openbare weg. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft een *Testprocedure zelfrijdende voertuigen op de Nederlandse openbare weg* opgesteld, die op basis van maatwerk 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) eindverantwoordelijk voor de ontheffing en verantwoordelijk voor het onderdeel 'voertuig'. De betreffende wegbeheerder of Taskforce Dutch Roads is verantwoordelijk voor het onderdeel 'weg'.

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

Deze notitie beschrijft het SWOV-advies over EcoTwin III van DAF. Bij deze eenmalige demonstratie wordt op de openbare (snel)weg gereden met drie gekoppelde (platooning) vrachtwagens. Wanneer de vrachtwagens in platoon rijden neemt het EcoTwin III-systeem de rijtaken over van de chauffeurs in de volgwagens. Het systeem houdt dan zelfstandig de volgtijd (van 0,3 tot 0,5 seconden) en de koers aan van de volgwagens.

Dit SWOV-advies bevat een inventarisatie van de mogelijke verkeersveiligheidsrisico's, een inschatting van de ernst van deze risico's en een advies over hoe deze risico's beperkt kunnen worden. We gaan er hierbij vanuit dat de systemen werken zoals beschreven in de beschikbare documentatie. Het SWOV-advies beperkt zich tot de omstandigheden van deze specifieke praktijkproef. Met andere woorden, het zegt niets over de verkeersveiligheidseffecten van deze zelfrijdende voertuigen op een andere locatie, op een ander moment, of over een bredere toepassing van dit soort technologieën in ons verkeerssysteem.

2. Beschrijving van de proef

2.1. Gebruikte informatie

Voor dit advies is gebruikgemaakt van de volgende documenten die via RDW zijn ontvangen:

- (beknopt) verslag van de startbijeenkomst op 25 april 2017, per e-mail ontvangen van René Vlietstra (RDW) op 25 april 2017;
- TNO-rapport – verslag op testbaan met ECOtwin2 (basis voor ECOtwin3);¹
- TNO-rapport – verslag van Driver State Monitoring met ECOtwin2 (basis voor ECOtwin3);²
- powerpointpresentatie gepresenteerd door Menno Beenackers van DAF tijdens de startbijeenkomst op 25 april 2017;
- powerpointpresentatie Tom Jansen van Ricardo t.b.v. startbijeenkomst;
- TNO-rapport - Item definition ECOtwin3 – projectbeschrijving,³ ontvangen op 4 mei 2017 van Menno Beenackers;
- SWOV-formulier *Benodigde informatie voor de beoordeling van proeven met zelfrijdende voertuigen*, zoals ingevuld voor het EcoTwin III-project en per e-mail ontvangen op 13 april 2017 via René Vlietstra (RDW); op 31 mei 2017 een reactie op onze aanvullende vragen ontvangen van Menno Beenackers. *Bijlage 1* toont het ingevulde formulier inclusief de aanvullingen van 31 mei.

Daar waar de verschillende documenten tegenstrijdige informatie geven zijn we uitgegaan van de informatie die verstrekt is in het SWOV-formulier.

2.2. Beschrijving van de proef

Het EcoTwin III-project is een vervolg op EcoTwin I en II. De EcoTwin-projecten zijn gericht op de ontwikkeling van het rijden van vrachtwagens in platoons. Binnen EcoTwin neemt het systeem de rijtaken over van de volgvrachtwagens. De taken die worden overgenomen zijn onder meer het aanhouden van de volgfstand en de koers. De EcoTwin I-vrachtwagens (twee stuks: een leider en een volger) reden met een volgtijd van 0,8 seconden. EcoTwin II was beoogd om de volgtijd te verkorten tot 0,5 seconden. Dit is alleen op de testbaan getest en technisch geschikt bevonden door de RDW (verslag startbijeenkomst). Bij het EcoTwin III-project wil men op 0,3-0,5 seconden volgtijd gaan rijden en voor het eerst met drie vrachtwagens (één leider, twee volgers). Vooralsnog is voorzien in een eenmalige demo op de A270 en N270 tussen Helmond en Eindhoven. Dit advies is bedoeld voor de ontheffing voor deze eenmalige demonstratie.

¹ Altgassen, D. (2016). *EcoTwin II: Test Report RDW Exemption 0.5s Time Gap*. TNO, Helmond. [Confidential]

² Altgassen, D. & Willemsen, D. (2017). *EcoTwin II: Test Report RDW Exemption 0.5s Time Gap - Driver State Monitoring*. TNO, Helmond. [Confidential]

³ Benders, F.P.A., Iersel, S. van, Vissers, J., Bijlsma, T., Ruijs, P. & Rooij, E.P.M. van (2017). *EcoTwin3 - Safety Case - Item Definition*. TNO 2016 R11608 | V1.0. TNO, Helmond.

2.2.1. De voertuigen

In het projectplan valt te lezen:

“Within the scope of EcoTwin3, the platoon will consist of a maximum of 3 trucks [A1], and operate under highway and primary road conditions. The leading truck will be manually driven or use an up to level 2 automated system (e.g. Adaptive Cruise Control, Lane Keep Assist and/or Active Lane Keeping). The following truck(s) will follow the leading truck, together they form the platoon that can be assimilated to a level 2 automated system. The truck system in the following trucks has the ability to follow the preceding truck without driver assistance under normal conditions and pre-defined environment but still need the driver as a backup in situations in which safety can only be maintained if the driver takes over control within a short amount of time (e.g. 1 s reaction time of the driver in case of a hardware or software failure). In that respect, the truck system is a level 3 automated system. The truck drivers are part of the platoon system, therefore the drivers in all trucks are trained professional test drivers [A3].”

(EcoTwin3 - Safety Case - Item Definition, pag. 10)

SWOV heeft in het kader van de Truck Platooning Challenge (waar DAF ook aan deelnam) geadviseerd over de EcoTwin I-trucks. Een van de belangrijkste conclusies uit dat advies was dat de vrachtwagens (als platoon) niet voldoende remvertraging hadden om te voldoen aan de wettelijke normen. Chauffeurs moesten bij een noodstop zelf bijremmen om voldoende remvertraging te creëren. Dit heeft tot het SWOV-advies geleid om een minimale volgafstand van 1 seconde te hanteren (er moest immers een reactietijd ingecalculeerd worden). Een belangrijke ontwikkeling in het EcoTwin III-systeem is dat dit systeem wel voldoende remkracht kan genereren, zonder bijremmen van de chauffeurs. In het SWOV-formulier staat hierover: “Systeem kan tot maximale remming overgaan (collision avoidance algoritme)”. Tijdens de startbijeekomst⁴ is gemeld dat bij een volgafstand van 0,3-0,5 seconden het systeem afremt met een remvertraging tot 6 à 7 m/s². Schriftelijke documentatie hierover ontbreekt echter. De remproeven met de EcoTwin II (zoals beschreven in Altgassen, 2016)⁵ tonen een maximale remvertraging door het systeem van 4 m/s². Om tot een hogere remvertraging te komen, moeten chauffeurs bijremmen. Overige documentatie geleverd door DAF⁶ bevat geen ondersteuning van de bewering dat het EcoTwin III-systeem bij een noodstop de maximale remvertraging kan aanspreken, zoals chauffeurs dit wel kunnen. In deze situatie blijft het SWOV-advies van een minimale volgafstand van 1 seconde van kracht.

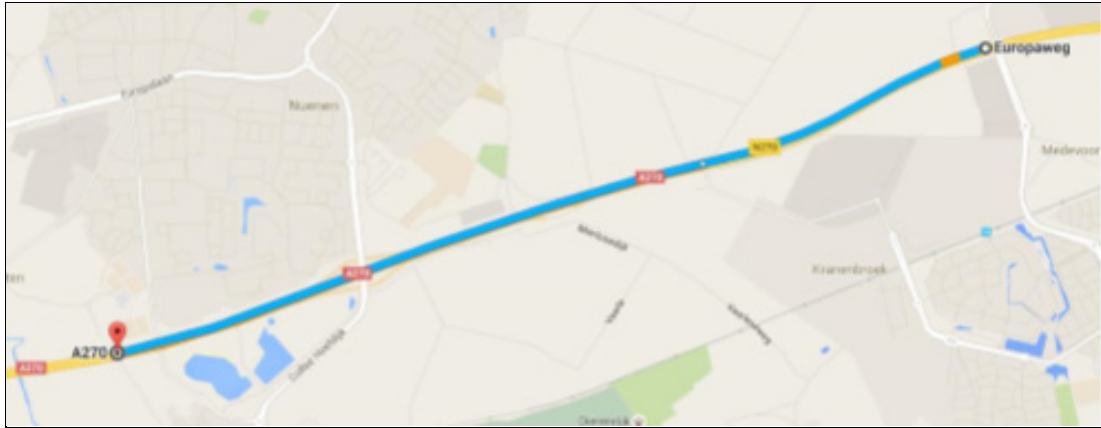
⁴ niet in verslag opgenomen.

⁵ Altgassen, D. (2016). *EcoTwin II: Test Report RDW Exemption 0.5s Time Gap*. TNO, Helmond. [Confidential]

⁶ De rapporten van Altgassen & Willemsen (2017) en Benders et al. (2017).

2.2.2. Weg en route

Er wordt gereden op de A270 en N270 tussen Helmond en Eindhoven. In het SWOV-formulier wordt aangegeven dat dit “op steady-state snelweg” gebeurt (niet bij tunnels en krappe bochten en geen lane-change).



Afbeelding 1. Test Route 1 uit Item definition ECOTwin3 – projectbeschrijving.⁷

2.3. Samenvatting en aannames

- Het gaat om een eenmalige demonstratie.
- Testlocatie is de A270 en N270 tussen Helmond en Eindhoven.
- Testperiode betreft de tweede helft van augustus (volgens verslag startbijeenkomst) of de periode 10 tot 30 juli (volgens SWOV-formulier). De periode is in het advies buiten beschouwing gelaten.
- De volgwagens hebben een volgtijd van 0,3-0,5 seconden.
- De platoon bestaat uit drie vrachtwagens: één leider en twee volgers;
- Het automatiseringsniveau is Automation SAE level 2 (sturen en remmen/gas geven door het systeem, monitoren omgeving door volgchauffeur).
- De volledige platoon voldoet zonder bijremmen van chauffeurs aan de remvertraging die de Nederlandse wet eist: een minimale remvertraging (referentieremkracht) van 5 m/s^2 voor voertuigen van meer dan 3500 kg en van $4,5 \text{ m/s}^2$ indien met oplegger.⁸

⁷ Benders, F.P.A., Iersel, S. van, Vissers, J., Bijlsma, T., Ruijs, P. & Rooij, E.P.M. van (2017). *EcoTwin3 - Safety Case - Item Definition*. TNO 2016 R11608 | V1.0. TNO, Helmond.

⁸ RDW (2013). [Regelgeving Algemene Periodieke Keuring](#) (versie 1.0-2013; p. 29)

3. Beoordeling van de risico's voor verkeersveiligheid

Om de risico's in deze proef te beoordelen is het volgende expertteam (allen SWOV-onderzoekers) samengesteld:

- dr. S. de Craen (psycholoog; expertise functioneleer, methoden en technieken en zelfrijdende voertuigen);
- dr. C.A. Bax (bestuurskundige; expertise vrachtverkeer);
- M.J. Boele, MSc (psycholoog; expertise cognitieve psychologie en platooning trucks);
- ir. J.W.H. van Petegem (ingenieur Transport & Planning; expertise relatie tussen wegontwerp en verkeersveiligheid).

In een consultatie met deze experts op 29 mei 2017 zijn potentiële risico's in kaart gebracht. Van deze sessie is een geluidsopname gemaakt; deze dient als 'naslagwerk' voor intern gebruik.

Risicomatrix

Voor het advies is gebruikgemaakt van de door SWOV ontwikkelde risicomatrix (zie *Bijlage 2*). In de matrix worden drie niveaus van automatisering onderscheiden: gedeeltelijke, conditionele en volledige automatisering. De demonstratie met de EcoTwin III is op het tweede niveau (conditionele automatisering) beoordeeld. Alle rijtaken van de volgchauffeur (afstand houden, remmen, gas geven, sturen) worden door het systeem overgenomen; de chauffeur fungeert als achtervang.

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

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

De kolommen van de matrix beschrijven het volgende:

- In de eerste kolom staat het beoordelingscriterium.
- In de tweede kolom volgt een toelichting op het criterium.
- In de derde kolom staat aangegeven of het 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 tot een kritische situatie ontwikkelt en wat dan de gevolgen in termen van letsel zijn (* = klein, ** = middelgroot en *** = groot). Elke expert heeft hiervoor een individuele inschatting gegeven. Voor de uiteindelijke inschatting op *kans en gevolg* is de modus (de beoordeling die het vaakst voorkomt) bepaald.⁹

⁹ Bij een 'gelijke stand' in het oordeel van de experts is het hoogst aantal sterren aangehouden.

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 aangegeven waarom deze niet van toepassing is en/of geen risico vormt. De 'kans/gevolg'-beoordeling is niet kwantitatief, en geeft dus geen oordeel over het absolute risico of de gevolgen in termen van letsel. De beoordeling wordt gebruikt als indicatie welke risico's volgens de experts het meest relevant zijn.

		Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans / gevolg
1. Interactie met systeem/voertuig				
Opleiding		Is de bestuurder opgeleid / geïnformeerd om met het systeem om te gaan?	Ja.	
Nieuwe/andere vaardigheden		Moet de bestuurder nieuwe of andere verrichtingen uitvoeren?	Chauffeurs van de volgvrachtwagens kunnen via een doorkijk ('see-through') beeld zien wat er voor de eerste vrachtwagen gebeurt. Het is een risico wanneer dit beeldscherm op een manier is geplaatst dat de chauffeur geen/niet voldoende overzicht heeft op het verkeer rondom zijn eigen vrachtwagen (beeldscherm buiten blikveld).	* / **
Transition of control	Mentale Taakbelasting	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?	Chauffeurs kunnen worden afgeleid door de notabelen, pers, en/of test-/ontwikkelingenieurs in de cabine.	** / **
			Chauffeurs kunnen worden afgeleid door de open communicatieverbinding tussen chauffeurs.	* / *
	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?	We schatten in dat chauffeurs tijdens deze – relatief korte – demonstratie 'in the loop' blijft en de verkeerssituatie goed kan monitoren. De chauffeur wordt echter niet altijd vooraf geïnformeerd wanneer de vrachtwagen ontkoppeld wordt (bijvoorbeeld wanneer een auto invoegt). Dat is een risico als de chauffeur de rijtaak (sturen, gas geven, remmen) op dat moment niet tijdig kan overnemen.	* / *
Falen systeem		Wordt duidelijk aangegeven dat het systeem niet (meer) werkt? Is er dan genoeg tijd om over te nemen?	Wanneer er tijdens het platoonen een noodstop gemaakt moet worden en het systeem faalt is de chauffeur in geen geval in staat hierop adequaat en tijdig te reageren.	* / ***
Onverwachte gebeurtenis		Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekende dieren/voetganger / object, file op het traject, lekke band)?	In de documentatie wordt genoemd dat er een protocol is. Wij kennen de inhoud echter niet.	
Oneigenlijk gebruik van het systeem		Hoe wordt misbruik (bijvoorbeeld inschakelen op verkeerd moment) tegengegaan?	Wij zien een risico dat chauffeurs koste wat kost proberen om de platoon tot stand te brengen of in stand te houden (bijvoorbeeld auto's niet tussen laten voegen, extreem langzaam rijden om weer 'bij elkaar' te komen). In het SWOV-formulier wordt aangegeven: "We zullen te allen tijde de verkeersregels volgen, als er een onderbreking plaatsvindt dan zal er eventueel op een parkeerplaats op elkaar gewacht worden. Er zal niet onnodig langzamer gereden worden, dan toegestaan, om elkaar weer vinden." We concluderen dat hiermee het risico voldoende is afgedekt.	

	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans / gevolg
2. Interactie met andere weggebruikers			
Informatie	Zijn andere weggebruikers geïnformeerd?	Omwonenden zijn geïnformeerd. Wij schatten in dat het in deze demonstratie niet zo erg van belang is dat andere weggebruikers zijn geïnformeerd (zij hoeven hun rijgedrag niet aan te passen).	
Afleiding	Zijn de kenmerken van de voertuigen zo opvallend dat overig wegverkeer hierdoor kan worden afgeleid?	In de documentatie staat genoemd dat de vrachtwagens met licht- en geluidsignalen kunnen aangeven dat er bijvoorbeeld geremd wordt. We weten niet in welke specifieke gevallen dit gebeurt. Het kan zijn dat deze signalen helpen in een noodsituatie, maar als het op onverwachte momenten gebeurt kunnen medeweggebruikers worden afgeleid of schrikken van licht- en/of geluidsignalen van de platoon.	* / *
Voorspelbaarheid	Reageert het voertuig conform verwachtingen van andere weggebruikers?	Wij zien een risico dat medeweggebruikers in de problemen komen bij in- en uitvoegen omdat de toe- en afrit worden geblokkeerd door de lange platoon.	** / **
(Anticiperen op) onverwacht gedrag andere weggebruikers	Kan de bestuurder / het voertuig anticiperen op onverwacht gedrag van andere weggebruikers? (Bijvoorbeeld weggebruikers die gangbare informele verkeersregels toepassen, die tegenstrijdig zijn met de formele verkeersregels)	Wij zien een risico wanneer bij een korte volgafstand een medeweggebruiker zich tussen twee vrachtwagens voegt en een lagere snelheid dan de platoon rijdt of afremt. Wanneer het systeem faalt en hier niet zelfstandig op reageert (door af te remmen) heeft de following/trailing chauffeur onvoldoende tijd om adequaat te reageren.	* / ***
Verkeersregels	Volgt het voertuig de verkeersregels en -tekens?	Ja, m.u.v. de korte volgafstand.	
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	Ja, chauffeurs zijn hier specifiek op gewezen en alert op.	
Kopieergedrag	Wat is de kans dat andere weggebruikers op onwenselijke wijze gedrag van automatische voertuigen overnemen?	Medeweggebruikers kunnen op dezelfde korte volgafstand gaan rijden als de platoon.	* / **

	Toelichting op beoordelingscriterium	Toepassing op deze praktijkproef?	Kans / gevolg
3. Locatie en tijden praktijkproef			
Plaats op de weg: massa, snelheid en omvang	Is de voorgestelde plaats op de weg de meest veilige als het voertuig mengt met ander verkeer?	Ja.	
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?	Ja.	
Externe omstandigheden: weer en verkeer	Is er voldoende rekening gehouden met de verwachte weersomstandigheden en verkeersdruk?	Het is ons niet duidelijk onder welke omstandigheden er wel of niet in platoon gereden wordt. De documentatie spreekt over een 'steady state' scenario, maar in de beschrijving van het systeem staat ook dat het systeem bij hoge verkeersdruk, donker, regen, enz. kan rijden. Het is een risico als de demonstratie doorgang vindt onder ongunstige omstandigheden. Dit risico wordt veroorzaakt/vergroot doordat niet expliciet is gemaakt wat ongunstige omstandigheden zijn.	** / **
4. Algemeen			
Projectinrichting & management	Is er een protocol voor incidenten?	In de vragenlijst staat dat de testchauffeurs of projectingenieur de beslissing neemt/nemen over doorgang of afblazen bij onverwachte gebeurtenissen of ongunstige omstandigheden. Omdat niet duidelijk is wie eindverantwoordelijk is over deze beslissing, is er een risico dat de demonstratie doorgang vindt onder ongunstige omstandigheden.	** / **

4. Het SWOV-advies over de demonstratie met de EcoTwin III-trucks

4.1. Veiligheidsadvies

De potentiële risico's met minstens 2 x 2 sterren in de risicomatrix zijn aangemerkt als relevant risico en worden hieronder benoemd met mogelijke maatregelen om de risico's te beperken. Daarbij moet vermeld worden dat het risico niet geheel gecompenseerd kan worden met deze maatregelen. Het experimenteren met innovatieve vervoerswijzen op de openbare weg zal altijd gepaard gaan met een bepaalde mate van risico.

Afleiding door notabelen, pers en/of projectmedewerkers

De chauffeurs van de volgvrachtauto's in deze demonstratie kunnen alle rijtaken (afstand houden remmen, gas geven, sturen) overlaten aan het systeem; de chauffeur fungeert alleen nog als achtervang. Het gaat volgens het SWOV-formulier om ervaren chauffeurs die, naar wij aannemen, geen andere activiteiten ontplooiën en met de aandacht bij de weg blijven gedurende de relatief korte rit. Wel zien we een mogelijk risico wanneer de chauffeurs worden afgeleid door inzittenden (bijv. notabelen, pers). De combinatie van de afleiding en het niet zelf hoeven besturen van het voertuig kan er in potentie voor zorgen dat de chauffeur toch uit 'the loop' raakt en niet optimaal kan reageren in een acute situatie.^{10,11}

Wij adviseren om de chauffeurs er expliciet op te wijzen, bijvoorbeeld in een draaiboek, dat ze te allen tijde hun aandacht bij de weg en het verkeer moeten houden en niet (te veel) mogen praten met notabelen en/of aanwezige pers tijdens het rijden. Ditzelfde verzoek zou aan passagiers moeten worden meegegeven. Eventueel zou een extra projectmedewerker mee kunnen rijden om vragen te beantwoorden.

Medeweggebruikers in problemen bij in- en uitvoegen

De kans bestaat dat overige weggebruikers 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 automobilist die een platoon aan het inhalen is en zich realiseert dat hij niet tussen de vrachtauto's door kan om uit te voegen zal bijvoorbeeld extra gas gaan geven om nog net voor de platoon langs te kunnen of zal juist afremmen om achterlangs uit te voegen. Hetzelfde kan zich voordoen als een automobilist wil invoegen. Deze manoeuvres kunnen leiden tot verstoringen van de verkeersstroom op de autosnelweg en daarmee tot gevaarlijke situaties. Het is onze inschatting dat dit risico groter wordt naarmate de lengte van de platoon toeneemt, zoals nu voor het eerst met drie gekoppelde vrachtwagens wordt getest.

Wij adviseren om de platoon te onderbreken ter hoogte van toe- en afritten.

¹⁰ 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.

¹¹ Endsley, M.R. & Kiris, E.O. (1995). *The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation*. In: Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, vol. 37, nr. 2, p. 381-394.

Verantwoordelijkheid voor veiligheid in het project bij ongunstige weers- en verkeerssituaties

Het is niet helemaal duidelijk onder welke omstandigheden (extreem weer, file, etc.) de platoons moeten worden onderbroken of wanneer de gehele demonstratie wordt afgebroken/geannuleerd. In het SWOV-formulier wordt gesproken over een 'steady state'-scenario, maar in de beschrijving van het systeem (item definition)¹² staat ook dat het systeem bij hoge verkeersdrukke, donker, regen, enz. kan rijden.

Naast onduidelijkheid over de omstandigheden is er ook onduidelijkheid over wie eindverantwoordelijk is voor de beslissing over doorgang. In het SWOV-formulier staat dat de "DAF-testchauffeurs, of projectingenieur" hiervoor verantwoordelijk is/zijn. Wij verwachten dat de druk voor het slagen (of doorgaan) van een dergelijke demonstratie erg groot is, en dat het bij het voordoen van onvoorziene ongunstige omstandigheden het erg moeilijk is de beslissing te nemen om het project af te breken.

Wij adviseren daarom om duidelijk te formuleren wie verantwoordelijk is voor de veiligheid en voor de beslissing of de demonstratie door kan gaan bij ongunstige omstandigheden. Deze moeilijke beslissing kan vereenvoudigd worden wanneer van te voren zeer expliciet is omschreven onder welke omstandigheden de demonstratie wel of geen doorgang vindt.

Aanname over remvertraging

Een cruciale aanname in ons advies is dat de volledige platoon zonder bijremmen van chauffeurs voldoet aan de remvertraging die de Nederlandse wet eist: een minimale remvertraging (referentieremkracht) van 5 m/s² voor voertuigen van meer dan 3500 kg en van 4,5 m/s² indien met oplegger.¹³ **Wij adviseren de RDW met klem om zich ervan te verzekeren dat deze wettelijke eis ook in de praktijk gehaald wordt.**¹⁴

Indien de volledige platoon niet zelfstandig deze remvertraging haalt, zullen chauffeurs moeten bijremmen om tot een veilige noodstop te komen. Vanwege de korte volgafstand en het gebrek aan vrij uitzicht zal de volgchauffeur bij een noodstop in geen geval in staat zijn snel genoeg te remmen. Een in-voertuig beeldscherm met informatie of beelden over de verkeerssituatie op de weg helpt bij anticiperen op de weg en omgeving, maar helpt niet bij het uitvoeren van een noodstop. Uit onderzoek blijkt dat de reactietijd van bestuurders varieert van minder dan één seconde tot ruim twee seconden.^{15,16} Nu zijn de DAF-chauffeurs getrainde en ervaren chauffeurs, zelfs bij optimale alertheid lijkt 1 seconde reactietijd een

¹² Benders, F.P.A., Iersel, S. van, Vissers, J., Bijlsma, T., Ruijs, P. & Rooij, E.P.M. van (2017). *EcoTwin3 - Safety Case - Item Definition*. TNO 2016 R11608 | V1.0. TNO, Helmond.

¹³ RDW (2013). [Regelgeving Algemene Periodieke Keuring](#) (versie 1.0-2013; p29)

¹⁴ Wij zien hierbij de platoon van drie vrachtwagens als ware het één voertuig dat aan deze wettelijke eis moet voldoen. In de praktijk betekent dit dat de volgwagens een grotere remvertraging moeten kunnen realiseren.

¹⁵ Lamm, R. et al. (1999). In: SWOV (2012). *Volgtijd en verkeersveiligheid*. SWOV Factsheet, december 2012. SWOV, Leidschendam.

¹⁶ Petegem, J.H. van, et al. (2015). *European Sight Distances in perspective - EUSight: Literature review report; Deliverable 2.1 of CEDR Call 2013: Safety*. CEDR, Brussels.

minimum. Systemen als Driver State monitoring¹⁷ kunnen voorkomen dat een chauffeur in slaap valt of op een andere manier 'uit de loop' raakt. Het kan echter niet de minimale reactietijd verder verkleinen.

Wij adviseren om een automatische remvertraging van de platoon van minstens 5 m/s² te bewerkstelligen. Indien dit niet mogelijk is, en er handmatig moet worden bijgeremd, adviseren wij een minimale volgafstand van 1 seconde te hanteren.¹⁸

4.2. Leerpunten

Deze praktijkproef is een eenmalige demonstratie. Het doel van een demonstratie is om te laten zien hoe een systeem werkt, waarbij het van belang is dat de praktijkproef zo veilig mogelijk wordt uitgevoerd. Wanneer de praktijkproef kennisopbouw als doel heeft, adviseren wij om meerdere praktijkproeven te houden bij verschillende omstandigheden, met toenemende complexiteit. Gedacht kan worden aan spitsperiodes, nacht, files, verschillende volgafstanden, etc. Het is hierbij uiteraard een voorwaarde dat de prestatie van het systeem bij suboptimale omstandigheden uitvoerig is getest en betrouwbaar bevonden op een testbaan en/of in een simulator voordat de tests op de openbare weg kunnen plaatsvinden. Bij het testen op de openbare weg is het van belang om het gedrag van het verkeer op de weg te monitoren. Bij voorkeur wordt dit onderzocht door onafhankelijke onderzoekers camerabeelden te laten analyseren.

Wij zien een risico dat medeweggebruikers zich genoodzaakt voelen om bepaalde risico's te nemen bij het invoegen en uitvoegen wanneer zij in de buurt rijden van de platoon. Er is echter weinig onderzoek bekend naar het rijgedrag (in- en uitvoegen) van automobilisten bij vrachtwagens en/of platoons. Ten behoeve van kennisopbouw zou dit onderzocht moeten worden. In eerste instantie onder gecontroleerde omstandigheden, bijvoorbeeld in een rijnsimulator, waarbij geëxperimenteerd wordt met verschillende signalen/manieren van communiceren dat het om een platoon gaat. Als blijkt dat automobilisten over het algemeen geen grote risico's nemen, kan hiermee op de openbare weg geëxperimenteerd worden. Beginnend met twee vrachtwagens en een lange volgtijd, later eventueel met meerdere vrachtwagens en afnemende volgtijd.

4.3. 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. We zijn wel van mening dat er alleen sprake kan zijn van een bredere uitrol wanneer onomstotelijk vast is komen te staan dat dit geen risico's oplevert voor het overige verkeer. Dit houdt in dat medeweggebruikers altijd veilig en comfortabel kunnen in- en uitvoegen (wellicht houdt dit in dat niet ten hoogte van toe- en afritten kan worden gereden met een gekoppelde platoon). Een volgtijd korter dan 1 seconde is alleen mogelijk wanneer de gehele platoon zonder bijremmen van een chauffeur aan de wettelijke minimale remvertraging kan voldoen.

¹⁷ Altgassen, D. & Willemsen, D. (2017). *EcoTwin II: Test Report RDW Exemption 0.5s Time Gap - Driver State Monitoring*. TNO, Helmond. [Confidential]

¹⁸ SWOV ziet dit als een absoluut minimum en gezien de variatie in reactietijden tot ruim twee seconden is dit geen garantie dat altijd op tijd kan worden gereageerd.

4.4. Conclusies

De belangrijkste adviezen samengevat:

1. Instrueer de chauffeurs dat ze te allen tijde hun aandacht bij de weg en het verkeer moeten houden en niet (te veel) mogen praten met notabelen en/of aanwezige pers tijdens het rijden. Dit zelfde verzoek zou aan passagiers moeten worden meegegeven.
2. Onderbreek de platoon ter hoogte van toe- en afritten.
3. Maak één persoon verantwoordelijk voor de veiligheidsbeslissingen in het project. Beschrijf hiervoor van te voren expliciet onder welke omstandigheden de demonstratie wel of geen doorgang vindt.

Advies aan RDW:

1. Wij adviseren RDW zich ervan te verzekeren dat de minimale wettelijke remvertraging (referentieremkracht van minstens 5 m/s^2) ook in de praktijk door de gehele platoon, zonder bijremmen van de chauffeur, gehaald wordt.
2. Indien dit niet (betrouwbaar) mogelijk is adviseren wij een minimale volgafstand van 1 seconde te hanteren.

Bijlage 1

SWOV-Formulier *Benodigde informatie voor de beoordeling van proeven met zelfrijdende voertuigen*

PROJECTINFORMATIE

Naam project EcoTwin III

PROEF

Leg in één alinea uit wat het doel van de proef is		Korte afstand 3 truck platooning met automatisch sturen, automation level 2 met DAF test chauffeurs			
<ul style="list-style-type: none"> – Gaat het om een demonstratie of experiment? – Welk scenario wordt getest? 					
Waar vindt de proef plaats?	Welke stad, dorp, provincie?	Eindhoven, Helmond, Noord-Brabant			
	Over welk type wegen wordt gereden (snelweg, provinciale weg, enz.) incl. snelheidslimieten	Overwegend snelweg A270, stuk N270			
	Wat is de exacte route (straatnamen of evt. route kaart)	A270 en N270			
	Welk ander verkeer maakt gebruik van deze wegen (fietsers, voetgangers, auto's, vrachtverkeer)?	Auto's, motoren, vrachtverkeer, bussen			
Op welke dag of in welke periode vindt de proef plaats?		Van	14-8	Tot	9-9
		Het gaat om eenmalige test/demo, echter benodigd dit wel voorbereiding (generale repetitie) daarom is hier een langere periode ingevuld, tevens ligt de demo datum nog niet vast.			

VOERTUIG/BESTUURDER

Algemene omschrijving van het voertuig: is het (vergelijkbaar met) een:	<input type="checkbox"/> Bus	
	<input checked="" type="checkbox"/> Vrachtauto	
	<input type="checkbox"/> Personenauto	
	<input checked="" type="checkbox"/> 'People mover'	
	<input type="checkbox"/> Anders, namelijk	
Met welke snelheid rijdt het voertuig?		Max 89 km/u
Welke aspecten van de rijtaak zijn geautomatiseerd (bijvoorbeeld: Sturen / Versnellen en remmen / Monitoren van de rijomgeving / Monitoren van het voertuig)?		Sturen/Versnellen/vertragen van voertuig, automation level 2
Ziet het voertuig er anders uit dan huidige voertuigen in het wegbeeld? Zo ja, waarin verschilt het?		Ja, styling met projectnaam erop en testvoertuig aanduiding
Gedraagt het voertuig zich zoals een gemiddelde bestuurder zich zou gedragen?	Volgt het voertuig bijvoorbeeld de formele verkeersregels en – tekens? Zo nee, waarin wijkt het af?	Ja, zie hieronder
	Houdt het voertuig zich aan informele verkeersregels? Zo nee, waarin wijkt het af? Bijvoorbeeld: Het voertuig rijdt (veel) langzamer dan de maximum snelheid of verleent vaker voorrang	Ja, het voorste voertuig wordt door chauffeur bestuurd, verder is de korte afstand en automatisch sturen van de volgvoertuigen anders dan gebruikelijk

	dan volgens verkeersregels zou moeten.	
Hoe gaat het voertuig om met langzaam rijdend verkeer (wel/niet inhalen, afstand bij inhalen/achterblijven)?		Niet inhalen tijdens platooning stand, inhalen wordt manueel gedaan
Welke informatie zal het voertuig gebruiken van de wegen, zoals strepen, borden, lichten, etc.?		Belijning en voorliggend voertuig
Wat moet de bestuurder / operator zelf doen?		Voorste chauffeur rijdt het voertuig manueel, waarbij overige voertuigen automatisch volgen. De chauffeur is altijd de fall-back en dient de omgeving te monitoren en kan ten alle tijden ingrijpen/overrulen
Ingrijpen/Taken overnemen	Hoe wordt de bestuurder/operator geïnformeerd dat het systeem niet meer werkt en hij/zij moet ingrijpen/taken overnemen?	HMI, voertuig response, error melding, waarschuwing (geluid, visueel)
	Op welke manier kan de bestuurder/operator ingrijpen?	Remmen, sturen, gasgeven, noodknop
	Hoeveel tijd is er om in te grijpen/taken over te nemen?	Varieert per taak of ingreep, dit is in detail per onderwerp uitgewerkt in safety documentatie/analyses
Hoeveel ervaring heeft de bestuurder?	Welke opleiding heeft de bestuurder gehad om met het systeem om te gaan? Of hoe is de bestuurder geïnformeerd om met het systeem om te gaan?	Bestuurders worden stap voor stap getraind of doen ervaring op met systeem; proefbaan → openbare weg. Ook wordt de functionaliteit stap voor stap getest. De beoordeling en veiligheidstesten worden door een DAF test engineer gedaan. Chauffeurs hebben een DAF test rijbewijs
	Ervaring met het systeem:	Veel, zie boven
	Ervaring op de (Nederlandse) weg:	Veel
Welke informatie krijgt een bestuurder tijdens het rijden aangeboden (bijvoorbeeld over de werking van het systeem, routeinformatie, communicatie met andere chauffeurs of een 'control room')?		See-through (beeld van eerste truck zicht op verkeer en verkeerssituatie), open audio kanaal voor communicatie tussen chauffeurs, en apart beeldscherm met systeem HMI

PLATOON

Wat is het protocol bij onderbreking van de platoon? Hoe wordt de platoon weer tot stand gebracht?	Door HMI bevestiging van de verschillende platoonende chauffeurs We zullen te allen tijde de verkeersregels volgen, als er een onderbreking plaatsvindt dan zal er eventueel op een parkeerplaats op elkaar gewacht worden. Er zal niet onnodig langzaam gereden worden, dan toegestaan, om elkaar weer vinden.
Wat is de maximale remvertraging van de volledige platoon (zonder bijremmen van tweede of derde chauffeur)?	Systeem kan tot maximaal remming overgaan (collision avoidance algoritme)
Hoeveel voertuigen zullen de platoon vormen?	3 trucks
Met welke volgfstand wordt gereden?	Minimale volgtijd 0.3-0.5 sec
Op welke delen van het traject wordt gekoppeld gereden (bijvoorbeeld ook bij op- en afritten)?	Op steady-state snelweg, verdere details en scenario's worden uitgewerkt in documentatie; zie item definition appendix A (niet bij tunnels en krappe bochten en geen lane-change)

PASSAGIERS/ANDERE WEGGEBRUIKERS

Zullen er passagiers meerijden? Zo ja: Wie zijn dit (bijvoorbeeld notabelen, pers, studenten, projectmedewerkers, enz.?)	Test/ontwikkel ingenieurs, tijdens event mogelijk pers/notabelen (nog niet definitief)
Zijn andere weggebruikers en/of omwonenden geïnformeerd over de praktijkproef? Zo ja, hoe?	Tot nu toe niet (wel zijn bewoners in omgeving geïnformeerd over de testtraject N/A270)
Is er nagedacht over de mogelijkheid dat andere weggebruikers het voertuig ongewenst uittesten? (bijvoorbeeld: overige weggebruikers testen of het voertuig inderdaad automatisch remt) -- > zo ja, hoe wordt hier mee omgegaan?	Ja, hier zijn de test engineers/chauffeurs op voorbereid → gekozen voor ervaren, door DAF geselecteerde, chauffeurs met veel rijervaring en zijn geïnstrueerd om hiervoor bedacht te zijn en hierop te acteren (met hun ervaring). In het project wordt expliciet rekening gehouden met cut-in scenario's

ORGANISATIE

Is er een protocol over wat er gebeurt bij onverwachte gebeurtenissen (file op het traject, lekke band, onverwachte verkeersdrukke)?	Ja, in het voertuig ligt een protocol voor dit soort omstandigheden en bestuurders zijn gebriefd.	
Wie neemt de beslissing voor doorgang of afblazen bij onverwachte gebeurtenissen?	DAF test chauffeurs, of project ingenieur	
Testresultaten	Is het systeem eerder getest (op een testbaan of openbare weg)?	Ja gepland, op test baan. Vorige versie, EcoTwin II, is uitgebreid getest op testbaan en openbare weg >10.000 km
	Zijn de resultaten beschikbaar? Zo ja, graag bijvoegen. Zo nee, graag een beknopte samenvatting van de resultaten.	Nog niet beschikbaar, wel gepland in de tijd
	Is er een FMEA is uitgevoerd? Zo ja, dan ontvangen we hier graag de resultaten van.	Nog niet beschikbaar, wel gepland in de tijd

TOT SLOT....

... ontvangen we graag alle informatie waarvan de projectleiders, RDW en/of wegbeheerders denken dat het belangrijk is voor SWOV om mee te nemen in het advies. → alle relevante beschikbare project informatie naar RDW coördinatoren verstuurd voor de ontheffing

Op basis van expertkennis en literatuur is een 'risicomatrix' opgesteld.¹⁹ Deze beschrijft hoe potentiële risico's die voor verschillende niveaus van automatisering voor verschillende gedragsaspecten te verwachten zijn en hoe ze kunnen worden – of al zijn – afgedekt. Zie het rapport *Veiligheid bij praktijkproeven met (deels) zelfrijdende voertuigen*²⁰ voor een uitgebreide beschrijving van het samenstellen van de matrix.

De risicomatrix beschrijft de mogelijke risico's bij drie niveaus van automatisering (geïnspireerd op de 'SAE levels' van automatisering)²¹. Het belangrijkste verschil tussen de niveaus wordt gevormd door wat de bestuurder nog zelf moet doen (sturen, versnellen/remmen, monitoren, achtervang zijn en signaleren of actie nodig is):

1. Gedeeltelijke automatisering – 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 achtervang 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.

2. Conditionele automatisering – bestuurder is belangrijk

Bij conditionele automatisering wordt de volledige rijtaak door het systeem uitgevoerd. De bestuurder monitort de rijomgeving, fungeert als achtervang als het systeem daar om vraagt, en is hiermee als het ware toezichthouder geworden. Op dit niveau is het voor de veiligheid cruciaal dat de bestuurder tijdig kan ingrijpen als het systeem of de verkeerssituatie hierom vraagt, de bestuurder fungeert als achtervang. 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.

¹⁹ Hierbij is gebruikgemaakt van de FMEA-methode (zoals beschreven in het ADVISORS-project: ADVISORS (2003). *Advanced Driver Assistance and Vehicle Control System Implementations, Standardisation, Optimum Use of the Road Network and Safety: Final report*. Commission of the European Communities, Brussels.)

²⁰ Boele, M.J., et al. (2015). *Procedure en criteria voor de veiligheid van praktijkproeven op de openbare weg met (deels) zelfrijdende voertuigen. Achtergrond en aanpak van het SWOV-veiligheidsadvies*. R-2015-15A. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Den Haag.

²¹ 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

3. Volledig 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'. 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.

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

1. Risico's die kunnen spelen bij de interactie tussen de 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;
4. Algemene risico's die samenhangen met de projectinrichting en management.

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

		Gedeeltelijke automatisering	Conditionele automatisering	Volledige automatisering
1. Interactie met systeem/voertuig				
Opleiding ²²		Is de bestuurder opgeleid / geïnformeerd om met het systeem om te gaan in de gegeven situatie?		Is de operator opgeleid om beslissingen te kunnen nemen?
Nieuwe / andere vaardigheden		Moet de 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?
Transition of control	Mentale taakbelasting ²³	Is de taak mentaal belastend of juist (te) weinig belastend?		
	Situation Awareness ^{24,25}	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 ²⁶		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 ²⁷		Hoe wordt oneigenlijk gebruik (bijvoorbeeld in-/uitschakelen op onbedoeld moment) tegengegaan?		
Onverwachte gebeurtenis		Is er een protocol voor onverwachte gebeurtenissen (overstekende dieren/ voetganger / object, file op het traject, lekke band)?		

²² 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.

²³ Waard, D. de (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen RUG, Groningen.

²⁴ Endsley, M.R. (1995). *Toward a theory of situation awareness in dynamic systems*. In: Human Factors, vol. 37, nr. 1, p. 32-64.

²⁵ 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.

²⁶ 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.

²⁷ Marinik, A., Bishop, R., Fitchett, V., Morgan, J.F., et al. (2014). *Human factors evaluation of level 2 and level 3 automated driving concepts: Concepts of operation*. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.

	Gedeeltelijke automatisering	Conditionele automatisering	Volledige automatisering
2. Interactie met andere weggebruikers			
Informatie ²⁸		Zijn andere weggebruikers geïnformeerd over de praktijkproef?	
Afleiding	Zijn de kenmerken van de voertuigen zo opvallend dat overige wegverkeer hierdoor kan worden afgeleid?		
Voorspelbaarheid ²⁹		Reageert het voertuig conform verwachtingen van andere weggebruikers?	
(Anticiperen op) onverwacht gedrag andere weggebruikers ³⁰			Kan het voertuig anticiperen op onverwachte gedrag van andere weggebruikers?
Verkeersregels ^{15,16}		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 ^{31,32}	Wat is de kans dat andere weggebruikers op onwenselijke wijze gedrag van automatische voertuigen overnemen (bijvoorbeeld te korte volgfstand (<5m) in navolging van platooning trucks)		
3. Locatie en tijden praktijkproef			
Plaats op de weg: massa, snelheid en omvang ³³	Is de voorgestelde plaats op de weg de meest veilige als het voertuig mengt met ander verkeer?		
Route: snelheid en obstakelbeveiliging ¹⁹	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?		
4. Algemeen			
Projectinrichting & management	Is er een protocol voor incidenten?		

²⁸ 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.

²⁹ Houtenbos, M. (2008). *Expecting the unexpected: a study of interactive driving behaviour at intersections*. SWOV dissertation series. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam.

³⁰ 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.

³¹ 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.

³² 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.

³³ Wegman, F. & Aarts, L. (2005). *Door met Duurzaam Veilig; Nationale verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 2005-2020*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.