

Casestudy WEpod: een onderzoek naar de inzet van automatisch vervoer in Ede/Wageningen

Boersma, A.M.; van Arem, B.; Rieck, Frank

Publication date

2018

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Boersma, A. M., van Arem, B., & Rieck, F. (2018). *Casestudy WEpod: een onderzoek naar de inzet van automatisch vervoer in Ede/Wageningen*. Spatial and Transport Impacts of Automated Driving (STAD).

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Casestudy WEpod: een onderzoek naar de inzet van automatisch vervoer in Ede/Wageningen

Reanne	Boersma	TU Delft & Hogeschool Rotterdam
Bart	van Arem	TU Delft
Frank	Rieck	Hogeschool Rotterdam



Spatial and Transport Impacts of Automated Driving

Research paper produced as part of STAD project



Delft/Rotterdam: 1 maart 2018

Datum: 1 maart 2018

Auteur: Reanne Boersma

Co-auteurs: Bart van Arem (Technische Universiteit Delft)
Frank Rieck (Hogeschool Rotterdam)

Functie auteur: Onderzoeker

Project: SURF STAD

Werkpakket: 7 'Casestudies & demonstrators'

Organisatie: Technische Universiteit Delft & Hogeschool Rotterdam

Adres: Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Stevinweg 1
2628 CN Delft

Hogeschool Rotterdam
RDM Campus
RDM-kade 59
3089 JR Rotterdam

E-mail: a.m.boersma@tudelft.nl of a.m.boersma@hr.nl

Disclaimer: Deze casestudy werd gefinancierd door het STAD project, onderdeel van het VerDus programma van NWO, project 438-15-161. Alle rechten komen de auteur toe; delen van het bestand met vermelding van het STAD project is toegestaan. De auteur spant zich in om juiste informatie te verstrekken. Desondanks bestaat de mogelijkheid dat inhoud onvolledig/onjuist is. Onvolledigheden of onjuistheden kunnen gemeld worden via e-mail aan a.m.boersma@tudelft.nl of a.m.boersma@hr.nl

Definities en afkortingen

SAE levels	Wanneer in deze rapportage wordt gesproken over SAE-levels, dan wordt de mate van automatisering bedoeld zoals deze is vastgesteld door de Society of Automotive Engineers (SAE). In dit geval gaat het om een level 4 voertuig, omdat het voertuig automatisch kan rijden, maar wel gelimiteerd is tot zijn vooraf ingestelde route. Er is pas sprake van een level 5 voertuig wanneer deze in alle omstandigheden zelfstandig zonder ingrijpen van een bestuurder kan rijden (SAE International, 2016).
Demonstrator	Een demonstrator wordt in dit rapport gezien als zijnde een demonstratie waarbij getoond wordt wat de mogelijkheden van automatisch vervoer zijn. Dit zijn veelal pilots met een vooraf vastgestelde einddatum en die het testen als doel hebben. Vaak zijn deze pilots niet uitgewerkt in een businesscase.
Case	Een case is een toepassing van een automatisch voertuig waarbij deze operationeel ingezet wordt voor een langere periode. Het testen kan centraal staan, maar er is vooruitzicht op een businessmodel of op een bewezen operationele toepassing. Een case heeft veelal geen vooraf vastgestelde einddatum. Het doel van een case is het operationeel maken van een automatische vervoerstoepassing.
VRI	Verkeersregelinstallatie (ook wel bekend als verkeerslicht).
SWOV	Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid. De missie van SWOV is om met kennis uit wetenschappelijk onderzoek bij te dragen aan een veiliger wegverkeer. SWOV is inhoudelijk onafhankelijk en SWOV-kennis is openbaar (SWOV).
ADASIS	Advanced Driver Assistance Systems Interface Specifications (Bracht, Raichle, Rauch, Varchmin, & Stille, 2013).
RDW	Rijksdienst Wegverkeer (artikel 4a Wegenverkeerswet 1994). De taken van RDW omvatten onder andere het toelaten van voertuigen binnen Nederland en Europa, het toezichhouden en controleren op erkende bedrijven en de technische staat van voertuigen, het registreren en informatie verstrekken van informatie omtrent voertuigen, hun eigenaren en documenten. Tevens geeft RDW documentatie af die nodig zijn voor de voertuigen of eigenaren (artikel 4b Wegenverkeerswet 1994)(RDW, a.).

1. Inleiding

Voor u ligt een uitwerking van de casestudy WEpod welke is uitgevoerd in het kader van werkpakket 7 van het STAD project. Het STAD project bestudeert het effect van zelfrijdende voertuigen op vervoers- en locatiekeuzes van personen en bedrijven en op het ruimtelijk ontwerp van steden en wegen. Werkpakket 7 focust binnen het project op de huidige pilots en wat daarvan geleerd kan worden. Een van de pilots die onder de loep is genomen, is het WEpod project met automatisch vervoer die heeft plaatsgevonden in Wageningen. Meer informatie over de context van het STAD project is te vinden in het hoofdstuk 'Context project STAD'.

Het eerste deel van de uitwerking van de casestudy bestaat uit een inhoudelijke beschrijving over het ontstaan van het project en de bijbehorende doelstellingen. Vervolgens wordt nader ingegaan op de route en de infrastructurele aanpassingen. Daarna wordt ingegaan op het voertuig en welke technieken aan het voertuig zijn toegevoegd om de pilot mogelijk te maken. Het volgende hoofdstuk geeft het proces van het verkrijgen van de benodigde ontheffingen weer. Daarna wordt ingegaan op de uitdagingen die het projectteam moest overwinnen om de pilot mogelijk te maken. Tevens wordt stilgestaan bij de onderzoeken welke rondom de WEpod hebben plaatsgevonden. Ook wordt ingegaan op het contact met de buurtbewoners ten tijde van het WEpod project. De kosten die gemaakt zijn voor het project worden vervolgens weergegeven en daarna wordt aangegeven wat de huidige status van het project is. Ter afsluiting zijn de resultaten in een schematisch overzicht vevat. Na het schema is nog een paragraaf over de context van het project opgenomen en na het dankwoord is een literatuurlijst te vinden.

2. WEpod project

2.1 Ontstaan van het project

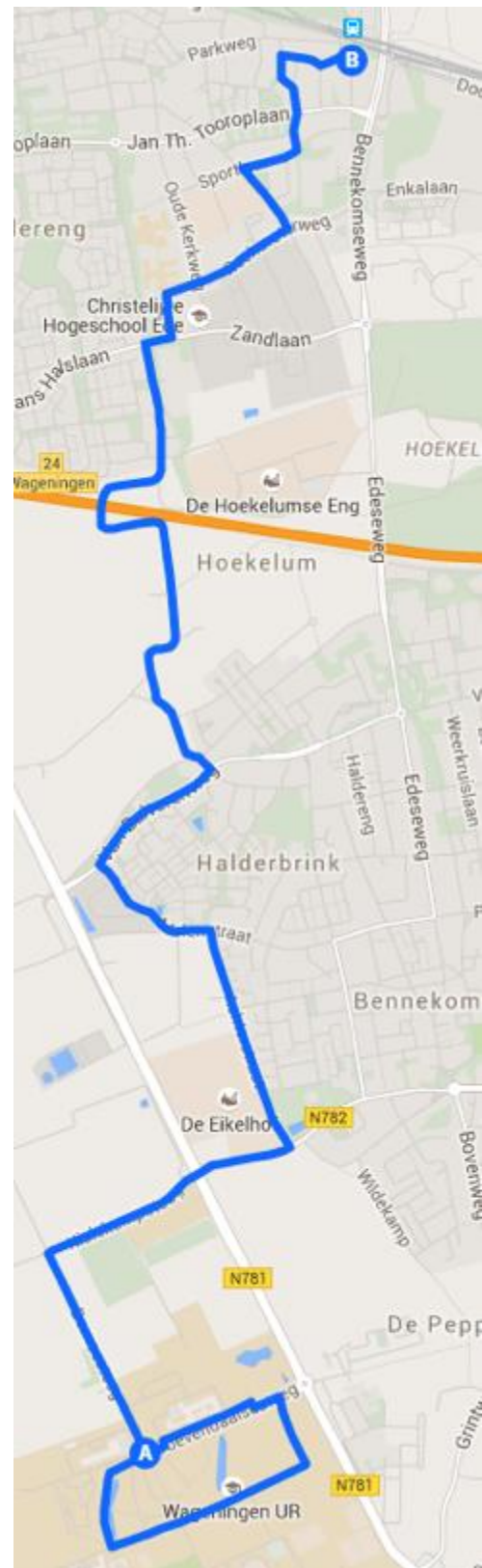
Het project WEpod is gestart op initiatief van de provincie Gelderland. In de zomer van 2014 is het project tot stand gekomen (Kassenberg M. , 2017). Het idee was om twee automatische voertuigen te laten rijden op de campus van de Universiteit van Wageningen (route A) en tussen de campus en het treinstation Ede/Wageningen (route B) (Kassenberg M. , 2016). Een route van in totaal elf kilometer. Zie figuur 1 voor de routes.

Het project heeft de naam 'WEpods' gekregen, omdat 'WE' staat voor Wageningen-Ede en omdat WE aangeeft dat het een deelsysteem betreft wat door iedereen gebruikt kan worden. 'Pods' verwijst naar het type voertuig die in het project gebruikt is. Door middel van een prijsvraag hebben de voertuigen een eigen naam gekregen passend bij het project. Ze heetten WELly & WURbie (Bats & van Reekum).

De provincie Gelderland gelooft dat automatisch vervoer onderdeel van de toekomst is en heeft daarom ingezet om samen met bedrijven, overheden en kennisinstellingen de nodige kennis en ervaring op te doen met betrekking tot automatisch personenvervoer. Deze kennis willen ze ook (inter)nationaal uitdragen (Provincie Gelderland, 2016). Tevens voorziet het voertuig in een duurzame, veilige en efficiënte oplossing voor het verplaatsen van personen. De ambities van de provincie Gelderland liggen dan ook bij nieuwe, flexibele, duurzame en sociale mobiliteit. De ambitie tot duurzame mobiliteit strookt met de opgenomen ambitie tot stimulering daarvan zoals geformuleerd in de Gebiedsagenda Oost-Nederland (Rose-Marie Eissen, 2013).

2.2 Doel van het project

Het beoogde doel van het WEpod project had betrekking op meerdere facetten. Het economische doel was het geven van een impuls aan de regionale economie en voor het onderwijs. Daarnaast dient het project als uithangbord voor het zijn van een innovatieve regio. Met betrekking tot het mobiliteitsdoel stond hier het vergaren van kennis omtrent een automatisch voertuig centraal. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar de technische kennis, maar ook naar de maatschappelijke impact. Deze kennis kan nieuwe input bieden voor de discussies rondom OV innovaties en de rol die overheden als wegbeheerders en hoeders van verkeersveiligheid kunnen spelen. Daarnaast zag het sociale doel op het laten zien dat



Figuur 1: Route WEpod

zelfrijdend vervoer in zijn geheel interessant is en dat dit verder reikt dan de private sector (Cornielje & Hilhorst, Statenbrief (zaaknummer 2015-000859), 2016). Ten slotte hadden partijen het doel om de toekomst van het automatisch vervoer vorm te geven en om de maatschappelijke discussie op gang te brengen (Youngwise, 2016).

3. De route

3.1 Route keuze

De route voor de WEpod is door de projectleden van het WEpod project vastgesteld. Vooraf stond vast dat de WEpod vanaf het station naar de campus zou gaan rijden. Achterliggende gedachte was dat de WEpod buitenlandse gasten van de universiteit en omliggende bedrijven kon vervoeren. Er is specifiek voor deze route gekozen, omdat deze binnen de foodvalley regio valt. De foodvalley is een innovatieve regio binnen de provincie Gelderland. Om te laten zien hoe innoverend de foodvalley is en om de economie van de foodvalley te stimuleren, is er voor gekozen om de WEpods hier te laten rijden. De route is niet heel erg druk, maar heeft wel genoeg uitdagingen voor een automatisch voertuig. Tevens zijn er veel potentiële gebruikers in het gebied (Kassenberg M. , 2017). Vele wegen zijn bekeken samen met de betrokken gemeenten Ede, Wageningen en Bennekom. Ook CROW is betrokken geweest bij de discussies omtrent de route (Wiel, Interview WEpod, 2017). Uiteindelijk is de route vastgesteld zoals te zien is op bovenstaand figuur 1.

Aanvankelijk was het idee om met het (automatische) voertuig MiEV van Mitsubishi te gaan rijden. Dit voertuig is 1,47 meter breed (Mitsubishi Motors, 2017). Door deze breedte werd het voertuig geschikt geacht voor het fietspad. Echter, de MiEV lijkt veel op een reguliere auto en was daardoor niet het voertuig wat de provincie Gelderland op het oog had. Zodoende werd gezocht naar een voertuig met een uiterlijk waarvan direct duidelijk werd dat het een bijzonder voertuig betreft vanwege de profilering en de verkeersveiligheid. Tijdens deze oriëntatie naar een nieuw voertuig kwam de Easymile EZ10 in beeld. Echter, de Easymile EZ10 is 1,99 meter breed (Easymile, n.d.). De breedte van het voertuig maakte dat het projectteam heeft besloten om het voertuig van het fietspad naar de openbare weg te verplaatsen. Daarnaast bleek de WEpod niet onder een tunnel door te passen welke op was genomen in de initiële route (Wiel, Interview WEpod, 2017).

Tijdens de discussies met betrekking tot de route is gelet op de breedte van de weg en drukte van de weg. Scholen en andere drukke plaatsen zoals zwembaden, zijn zoveel mogelijk vermeden. Toch was het onvermijdelijk om één school te passeren op de route. Daarnaast wilde het projectteam gebruik maken van een parallelweg langs de Van Balverenweg. Deze parallelweg was onverhard en diende daarvoor geasfalteerd te worden. Echter, vanwege de ecologische berm was het asfalteren van deze parallelweg niet mogelijk. Het grootste bezwaar met rijden op de Van Balverenweg zat in de drukte van de weg en het gegeven dat hier veelvuldig te hard wordt gereden. Omdat de parallelweg niet geasfalteerd kon worden, is besloten om de WEpod wel over de Van Balverenweg te laten rijden, maar dan semiautomatisch zodat een deel van de sensoren uitgeschakeld kunnen worden om onverwachtse rembewegingen te voorkomen (Wiel, Interview WEpod, 2017).

3.2 Infrastructurele aanpassingen

Om de WEpods te laten rijden zijn er aanpassingen geweest aan de infrastructuur. Zo is er een parkeerverbod ingevoerd en zijn er snelheidsbeperkingen opgelegd. Op de route van de WEpods

stond reeds een VRI. Deze VRI is 'slim' gemaakt door deze uit te rusten met wifi-p. Tevens is een slimme VRI geplaatst bij de oversteek van de Emmalaan nabij het station Ede-Wageningen. Ook deze is uitgerust met wifi-p. De WEpod maakt bij het benaderen van de VRI verbinding met de VRI door middel van de wifi-p verbinding. Via de wifi-p verbinding krijgt de WEpod informatie over de kleur van het licht en of hij mag doorrijden of niet (Kassenberg M. , 2017). De VRI bij de Emmalaan was alleen in werking wanneer de WEpod naderde. Wanneer de WEpod niet reed of niet in de buurt was, dan was de VRI uitgeschakeld (Wiel, Interview WEpod, 2017). Verdere infrastructurele aanpassingen waren niet nodig, in principe moet het voertuig slim genoeg zijn om zijn omgeving te begrijpen (Kassenberg M. , 2017).

Op het station Ede-Wageningen is een opstapplaats voor de WEpod gerealiseerd. Deze halte is gemarkeerd met groene bestrating waarop met witte letters 'WEpod' te lezen valt. Bij deze halte is een informatiezuil geplaatst waar bezoekers van het station kunnen lezen over het WEpod project en het voertuig. Op onderstaande afbeelding is de opstapplaats voor de WEpod weergegeven.



Figuur 2: Opstapplaats WEpod station Ede-Wageningen (Koperdraat, 2016)

3.3 Advies SWOV

SWOV heeft een analyse uitgevoerd met betrekking tot de mogelijke risico's van het WEpod project. SWOV heeft in haar advies een opsomming gegeven van mogelijke verkeersveiligheidsrisico's. Daarbij geeft zij een inschatting van de ernst van het risico en een advies over het inperken van de risico's. Het advies ziet op de begin fase van het WEpod project waarbij de voertuigen rijden zonder passagiers om het systeem in te regelen. Hieronder is een aantal speerpunten van het advies van SWOV opgenomen.

SWOV voorziet dat het onvoorspelbare gedrag van het voertuig een risico vormt voor andere weggebruikers. De WEpod stopt soms om onduidelijke redenen. Daarbij geeft SWOV aan dat veilig rijden voor een deel bestaat uit het anticiperen op wat komen gaat. Deze onvoorspelbare noodstops maken het voor het overige verkeer lastig om te anticiperen wat het voertuig gaat doen. De WEpod zal uitgerust worden met een lichtkrant waarop aangegeven kan worden dat het overige verkeer

afstand dient te houden. Het SWOV adviseert om een sticker met 'max. 25 km/uur' achter op het voertuig te plakken en om een derde remlicht te installeren. Daarnaast voorziet het SWOV dat deze onvoorziene noodstops met name plaats zullen vinden wanneer het voertuig een nieuwe route moet instuderen. Het SWOV adviseert dan ook om buurtbewoners in te lichten wanneer het voertuig in hun straat zal gaan rijden. Ook vindt SWOV het raadzaam om gedurende het project overige verkeersdeelnemers door middel van verkeersborden te waarschuwen dat zij het voertuig op hun route tegen kunnen komen. Tevens kunnen verkeersregelaars of projectmedewerkers ingezet worden om informatie ter plekke te verschaffen.

In het adviesrapport geeft SWOV ook aan dat zij risico's ziet in het aanwezig zijn van meerdere projectmedewerkers in het voertuig. Het SWOV adviseert om te allen tijde één projectmedewerker primair te belasten met de verkeerstaak. Daarbij adviseert SWOV om een protocol te schrijven waarin is opgenomen op welke momenten de snelheid handmatig verminderd moet worden of op welk moment het voertuig tot stilstand moet komen. Daarnaast ziet SWOV risico's in de vooraf afgesteld volgafstand waarbij de vertraging is ingesteld van 0,5 m/sec. Voor de WEpod is dit voldoende afstand om tot een comfortabele stop te komen. Echter, SWOV vraagt zich af of andere weggebruikers dit ook zo ervaren. Derhalve adviseert zij om met het afstellen van de volgafstand ook rekening te houden met andere weggebruikers en waar zij zich prettig bij voelen om irritaties en mogelijk onveilige situaties te voorkomen.

Met betrekking tot andere weggebruikers voorziet SWOV dat zij mogelijk het voertuig uit gaan testen of dat zij spelletjes met het voertuig gaan spelen. SWOV kan niet inschatten hoe vaak dit zal gebeuren of in hoeverre dit tot gevaarlijke situaties zal leiden. Derhalve adviseert zij om het gedrag van andere weggebruikers te monitoren en vast te leggen of en hoe vaak het uittesten van het voertuig voorkomt en in hoeverre dit tot gevaarlijke/risicovolle situaties leidt. Tevens adviseert SWOV om rekening te houden met de schooltijden van basisscholen, middelbare scholen en hoge scholen in de directe omgeving van de route. Deze tijden zijn mogelijk anders dan de reguliere spijtijden. Het SWOV adviseert dan ook rekening te houden met de tijden van de scholen en de rijtijden van de WEpod. Tevens adviseert SWOV om de ontruimingstijd van de op de route aanwezige VRI's zodanig af te stellen dat ook de WEpod met zijn lagere snelheid veilig kan passeren.

Mocht er desondanks alle maatregelen toch een ongeval gebeuren waarbij sprake is van (lichte) materiële schade of (licht) persoonlijk letsel, dan adviseert SWOV om het project per direct stil te leggen totdat de oorzaak voor de RDW duidelijk is en herhaling voorkomen kan worden. Ten slotte adviseert SWOV om een logboek bij te houden waarin incidenten en leerpunten vastgelegd worden en om op afgesproken momenten een onafhankelijke externe partij mee te laten kijken (SWOV).

Een aantal adviezen van SWOV was reeds in het project opgenomen. Zo was in het project al besloten om de WEpods slechts buiten spijtijden te laten rijden. Ook is contact geweest met de school op de route van de WEpod en de school had aangegeven geen bezwaar te hebben tegen het rijden van de WEpod. Tevens diende de ontruimingstijd van de VRI niet aangepast te worden, omdat in de ontheffing is opgenomen dat het voertuig semiautomatich kruisingsvlakken dient te passeren. Dit betekent dat de steward deels de besturing over dient te nemen zodra de WEpod een kruisingsvlak nadert. Na het passeren van het kruisingsvlak kan de volledig automatische modus wederom ingeschakeld worden (Wiel, Interview WEpod, 2017).

4. Het voertuig

4.1 Voertuigspecificaties

Het voertuig wat bij het WEpod project gebruikt werd, is de EZ-10 van Easymile. De voertuigen zijn door het project aangekocht en aangepast. Het voertuig is standaard uitgerust met een aantal sensoren en camera's. Het projectteam heeft de volgende onderdelen aan het voertuig toegevoegd om het voertuig slimmer te maken:

- Radars (9 stuks Automotive Radars IEC61508/ISO26262)
- Camera's (9 stuks Automotive Qualified AEC-Q100) inclusief 9 air nozzles om de camera's vrij van vuil te houden)
- Dome camera aan de binnenzijde (1 stuk voor 360 graden overview)
- Camera's aan de voor en achterzijde (buitenkant) voor de operator om mee te kunnen kijken (2 stuks)
- Ultrasoon sensoren (11 stuks E8 parkeersensoren)
- Ibeo lidars (6 stuks) plus Ibeo Electronic Control Unit (ECU) (1 stuk) met eigen computer
- DrivePX computer van Nvidia (3 stuks)
- D-GPS-RTK/INS (2 stuks)
- Infotainment computer (1 stuk) en bedieningsscherm voor de steward (1 stuk)
- Auxilliary relais box (1 stuk)
- Ethernet switches (1 stuk)
- Lichtkrant aan de voor- en achterzijde
- Intercoms (intern en extern)
- 4G Modem (1 stuk) en wifi router voor gebruik passagiers (1 stuk)
- Wifi-11P unit (1 stuk)
- 12V batterijpakket
- Sta steun steward
- Stoelen met hoofdsteun en tweepuntsgordels voor passagiers (6 stuks)
- Rolstoelverankering
- Extra (derde) remlicht en snelheidsmeter
- Verwarming
- Grote ruitenwischer voor de voorruit, ruitontwaseming en sproeiinrichting
- Noodraam met noodhamer
- Snelheidsmeter
- 25 km/uur sticker, veiligheidsinstructie sticker en logo's buitenzijde

Gebruikte bronnen: (Wiel, WEpods [powerpoint presentatie], 2015) (WEpod [powerpoint presentatie]) (Wiel, Interview WEpod, 2017) (Wiel, Werklijst voertuiginstrumentatie EZ10)

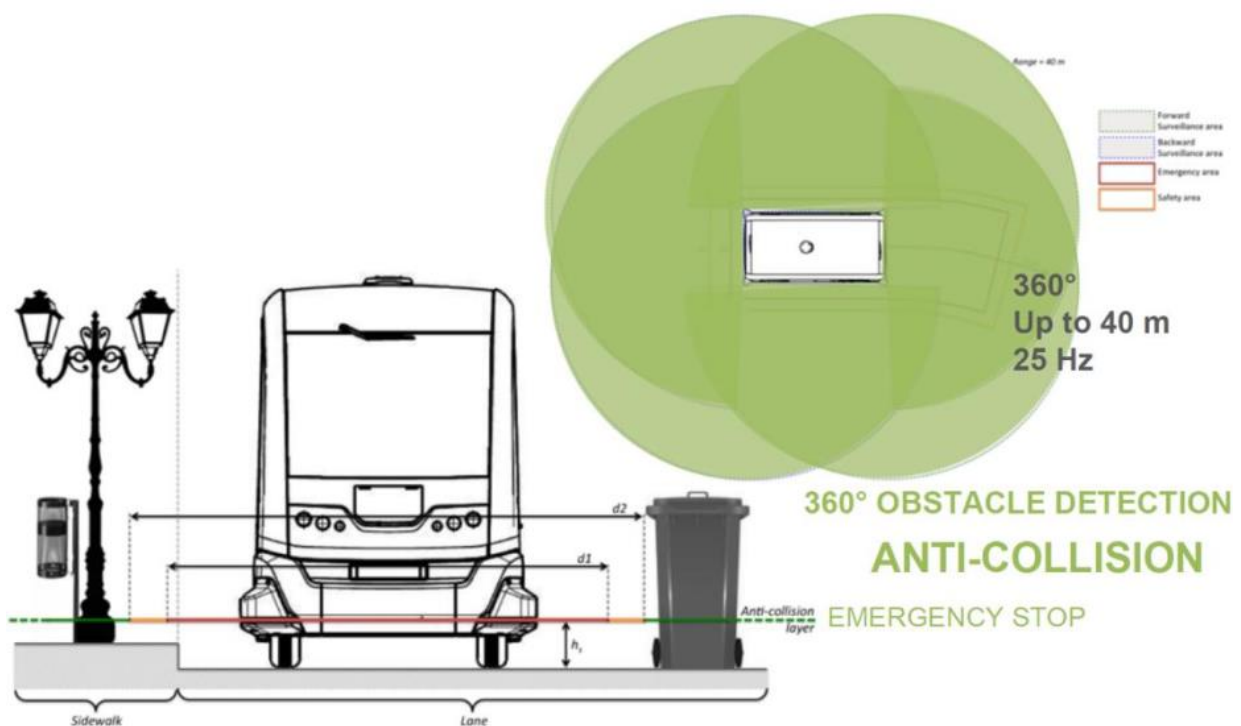
4.1.1 Hardware

Om de omgeving te kunnen waarnemen, is het voertuig uitgerust met radars, camera's, lasers en ultrasone sensoren (deels behorende tot de standaard uitvoering en deels toegevoegd zoals te zien in bovenstaande lijst). De radar is het primaire detectie systeem met een bereik van 200 meter. De radars welke op de WEpod zijn geïnstalleerd zijn afkomstig van de firma Continental. Met betrekking tot radars kan gekozen worden tussen long-range en mid-range detectie radars. In dit project is gekozen voor een combinatie van long- en midrange radars. De camera's detecteren en classificeren

de objecten in de omgeving. Voor het WEpod project is gekozen voor High Dynamic Range camera's van Melexis. Met betrekking tot de laser is gekozen voor de Ibeo laser. Het voordeel van deze laser is dat deze objecten niet alleen detecteert, maar ook classificeert (Wiel, Interview WEpod, 2017). De radars en camera's vormen samen het 'High level safety system' en zijn in staat om alle objecten rondom het voertuig te detecteren en te classificeren. De data die gegenereerd wordt door de radars en camera's worden gefuseerd en gefilterd. Daarna wordt de data toegevoegd aan de routeplanner en in de context van de huidige verkeerssituatie geplaatst (Rudinac & Lekkerkerker, 2015).

Naast het high level safety system, is de WEpod uitgerust met het low level safety system. Dit systeem dient ter ondersteuning van het high level safety system. Het low level safety system houdt de omgeving in de gaten en zal stoppen wanneer een object zich te dicht bij het voertuig bevindt. Het systeem is erg betrouwbaar en reageert altijd. Echter, het low level safety system is minder intelligent dan het high level safety system. Wanneer het high level safety system een object heeft gemist, dan zal het low level safety system ingrijpen. Aangezien het low level safety system minder intelligent is, heeft dit systeem meer 'false positives', oftewel hij detecteert soms objecten die er niet zijn of remt voor objecten waar het niet voor hoeft te remmen. Om vanaf de eerste dag op de openbare weg te mogen testen, was een extra veiligheidssysteem vereist om de veiligheid van het voertuig te bewijzen (Wiel, Interview WEpod, 2017a). Het low level safety system bestaat uit lasers (LIDAR) en ultrasoon sensoren en kan gezien worden als een soort virtuele bumper met een detectiezone oplopend tot 50 meter, afhankelijk van de snelheid van het voertuig (Wiel, Interview WEpod, 2017). Wanneer een object dichtbij gedetecteerd wordt, zal het voertuig overgaan tot een noodstop. De vier LIDARs (Light Detection And Ranging) zijn geplaatst op alle vier hoeken van het voertuig op 30 centimeter hoogte. Deze LIDARs hebben een kijkhoek van 270 graden (Rudinac & Lekkerkerker, 2015).

Vooraf worden 'safety zones' ingesteld. Deze safety zones hebben een bepaalde omvang afhankelijk van de benodigde remweg in relatie tot de snelheid met inachtneming van extra veiligheidsmarges. Het voertuig zal overgaan tot een noodstop zodra een object met een minimale diameter van 10 centimeter in de safety zone wordt gedetecteerd. Om te voorkomen dat het voertuig een noodstop maakt voor bijvoorbeeld bladeren, dient het object minimaal 200 milliseconden binnen de safety zone te zijn voordat het voertuig overgaat tot een noodstop. Dit geldt alleen voor objecten die zich vóór het voertuig bevinden. (Rudinac & Lekkerkerker, 2015).



Figuur 3: Bereik Low Level Safety System (Rudinac & Lekkerkerker, 2015)

Bovenstaande afbeelding geeft de Low Level Safety zone aan. De groene zone rondom het voertuig rechtsboven geeft het bereik van de lasers weer. Tevens is linksonder met een gekleurde balk te zien wanneer het voertuig bij detectie van een object over zal gaan tot een noodstop. Een object in de groene zone zal geen noodstop teweeg brengen. Een object in de oranje zone bevindt zich in de safety zone en zal het voertuig doen afremmen. Een object in de rode zone zal een noodstop veroorzaken (Rudinac & Lekkerkerker, 2015).

4.1.2 Locatie bepaling

De WEpod vindt zijn weg door middel van absolute en relatieve positionering. De absolute positionering meet de WEpod door middel van twee GPS sensoren op het dak van het voertuig. Deze kunnen tot ongeveer tien centimeter nauwkeurig de positie bepalen. Het GPS signaal kan gevoelig zijn voor verstoringen, derhalve is de WEpod ook uitgerust met relatieve positie bepaling, namelijk radars en lasers. De WEpod heeft radars en lasers waarmee hij zijn positie kan meten tot vaste objecten langs de route. Daarnaast is de WEpod uitgerust met Inertial Navigation sensor waarmee hij in alle richtingen de snelheid van het voertuig kan meten. Odometrie sensoren die de omwentelingen van de wielen registreren zijn ook geïnstalleerd om bij te dragen aan de locatie bepaling. Daarnaast zijn camera's in en om het voertuig geplaatst om eventuele belijning te volgen en zodat een operator toezicht kan houden op afstand (WEpod). Tijdens het project had het voertuig geen software geïnstalleerd om de belijning te volgen (Wiel, Interview WEpod, 2017a). Door het samenwerken van de systemen kan het voertuig objecten detecteren en classificeren. Vervolgens kan de WEpod inschatten wat het object gaat doen. Deze verwachte actie van het object wordt getoetst aan de eigen snelheid en route. Vervolgens zal de WEpod het risico analyseren en aan de hand daarvan bepalen om wel of niet te reageren. Wanneer de WEpod een mogelijke aanrijding voorziet, zal deze remmen. Uitwijken is niet mogelijk. (Wiel, Interview WEpod, 2017)

Om de WEpod op een bepaald traject te laten rijden, zal het eerst de omgeving moeten leren kennen (Kassenberg M. , 2017). De WEpod maakt zelf 3D kaarten door de omgeving vast te leggen. Op deze zelfgemaakte kaarten zijn zichtobjecten meegenomen zoals lantaarnpalen en bomen. Deze objecten kunnen als ijkpunten dienen. De WEpod rijdt de vooraf ingestelde route van ijkpunt naar ijkpunt zoals opgenomen op de kaart. De maximumsnelheid en andere verkeersregels zijn per wegdeel opgenomen in de route. Zodoende rijdt de WEpod altijd dezelfde route met dezelfde snelheid (Youngwise, 2016).

4.1.3 Software

Een centrale computer houdt toezicht op het gehele proces. Het voertuig controleert 40 keer per seconde 200 objecten in zijn omgeving en geeft deze informatie door aan de hoofdcomputer. De hoofdcomputer houdt toezicht door constant informatie op te vragen van de sensoren. Wanneer een van de systemen een verstoord signaal, geen signaal of te laat een signaal afgeeft, dan zal het voertuig stoppen door af te remmen of door een noodstop. De zogenaamde 'zelfdiagnose' voert het voertuig continu uit.

Verder is het voertuig uitgerust met vijf computers voorzien van zelflerende software voor het leren herkennen van andere verkeersdeelnemers. Alle sensoren moeten samen objecten detecteren, volgen, classificeren en hun pad voorspellen. Vervolgens is het aan de software om deze data te vergelijken met de voorgenomen route van het voertuig om zodoende de risico's in te schatten. Indien nodig zal het voertuig afremmen of eventueel een noodstop maken. Voor het bepalen van de route is de WEpod uitgerust met landkaarten. Door middel van zijn locatiebepaling en routeplanner weet de WEpod waar hij is en waar hij heen moet (Youngwise, 2016).

Wanneer de WEpod een noodstop heeft gemaakt, dient de steward de controle manueel over te nemen of dient de steward de autonome modus opnieuw in te schakelen wanneer dit veilig is (Rudinac & Lekkerkerker, 2015). Soms is het nodig om het voertuig opnieuw op te starten.

4.1.4 Communicatiemiddelen

De WEpods zijn uitgerust met verschillende internet mogelijkheden zoals 4G en Wifi-p. Tijdens het rijden staat de WEpod altijd in contact met de control room waar een operator in realtime het voertuig kan volgen. Met behulp van de verschillende camera's kan de operator zowel in het voertuig als buiten het voertuig mee kijken. Tevens kan de operator het voertuig op afstand laten rijden en stoppen indien nodig. Door middel van een intercom kan de operator met de passagiers in het voertuig alsmede personen in de directe omgeving van het voertuig communiceren (Youngwise, 2016).

De WEpod is voorzien van een lichtkrant aan de voor- en aan de achterzijde waarmee een boodschap gecommuniceerd kan worden met de omgeving. Deze werd bijvoorbeeld ingezet om het overige verkeer te vragen om afstand tot het voertuig te houden. Wanneer het voertuig begint te rijden, geeft het een belsignaal. Tevens is de WEpod voorzien van knipperlichten om zijn richting aan te geven. In het voertuig is een steward aanwezig. De steward is vanwege veiligheidsoverwegingen (tot nog toe) wettelijk verplicht in het voertuig. Daarnaast heeft de steward een gastheer functie. De steward kan de besturing van het voertuig overnemen indien nodig of het voertuig resetten. Tevens heeft de steward de mogelijkheid om gebruik te maken van een claxon en intercom om verbinding te leggen met de operator en met de mensen buiten de WEpod (dit laatste wanneer mensen bijvoorbeeld de weg blijven blokkeren) (Youngwise, 2016). De camera's maken het mogelijk om een

operator op afstand mee te laten kijken. Zolang een steward in het voertuig aanwezig is, is geen operator nodig. Op termijn kan mogelijk de steward uit het voertuig en kan een operator op afstand meerdere voertuigen monitoren (Wiel, Interview WEpod, 2017a).

4.1.5 Steward en passagiers

Voor de steward is een verhoogde zitplaats in het midden gemonteerd naast de control panel. Tevens is voor de steward een ruitenwisser geïnstalleerd zodat hij zicht houdt wanneer het regent. Voor de passagiers zijn gordels geplaatst. Op onderstaande afbeelding is het interieur van de WEpod weergegeven. De kruk in het midden is de zitplaats voor de steward. Het hoog hangende scherm is bedoeld als entertainment voor de passagiers waarop informatie over de WEpod en de omgeving weergegeven kan worden. Het lagere en kleinere scherm is de control panel voor de steward. De noodstopknoppen zijn met blauwe cirkels aangeduid. De noodstopknoppen zijn dusdanig geplaatst dat de steward alsmede passagiers altijd de mogelijkheid hebben om gebruik te maken van de noodstop wanneer zij dit nodig achten.



Figuur 4: Interieur WEpod (Tech News, 2016)

5. Ontheffingsprocedure

Om met de WEpods op de Nederlandse openbare weg te mogen rijden, is een kentekenplaat vereist. Artikel 36 lid 1 Wegenverkeerswet 1994 bepaalt dat de eigenaar of houder van een motorrijtuig of een aanhangwagen een kenteken dient te hebben. Daarnaast hoort de eigenaar of houder conform lid 2 van hetzelfde artikel in het bezit te zijn van het bijbehorende kentekenbewijs. Om een kenteken te verkrijgen, kan bijvoorbeeld een typegoedkeuring of een ontheffing aangevraagd worden (artikel 21 Wegenverkeerswet 1994). Een typegoedkeuring is (nog) niet mogelijk met automatische voertuigen zoals de WEpod, omdat de voertuigen niet voldoen aan de Europese richtlijnen. Denk bijvoorbeeld aan het verplicht aanwezig zijn van een stuurwiel (artikel 5.2.29 lid 1 Regeling voertuigen) wat de WEpod niet heeft, maar waarvan het ook niet de bedoeling is om deze in het voertuig te hebben. Om testen op de openbare weg toch mogelijk te maken met (semi-

)automatische voertuigen, heeft RDW de bevoegdheid om een ontheffing te verlenen. Deze bevoegdheid is gebaseerd op artikel 48 lid 3 Wegenverkeerswet 1994. Dit wetsartikel bepaalt dat wanneer een voertuig niet voldoet aan de eisen, RDW toch het voertuig mag laten registreren in het kentekenregister.

Voor RDW was de kenteken aanvraag van de WEpods de eerste aanvraag voor een dergelijk voertuig. Het eerste discussiepunt betrof de categorie van het voertuig. Hierbij ging het om de vraag of de WEpod gekwalificeerd zou worden als personenauto of als motorvoertuig met beperkte snelheid (aangezien de WEpod tijdens de proef niet harder zou rijden dan 25 km/h). Het voordeel van de kwalificatie als motorvoertuig met beperkte snelheid is dat deze geen kenteken vereist (RDW, n.d.). Echter, conform artikel 1.1 lid 2 Regeling voertuigen mag een motorvoertuig met beperkte snelheid niet ingericht zijn voor het vervoer van personen. De WEpod is juist gericht op het vervoer van personen waardoor deze niet in de categorie motorvoertuig met beperkte snelheid geplaatst kan worden. Uiteindelijk is besloten om de WEpod te kwalificeren als een personenauto, oftewel categorie M1 (Stoep, 2017).

Het tweede discussiepunt betrof de voorwaarden waar het voertuig aan dient te voldoen. Normaliter wordt een voertuig gekeurd aan de hand van een lijst met voorwaarden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het aanwezig zijn van het eerder genoemde stuurwiel, maar ook het aanwezig zijn van gordels, ruitenwissers en knipperlichten. Horende bij de categorie personenauto (M1), diende een aantal tests uitgevoerd te worden. Zo is gevraagd naar EMC (Elektro Magnetische Compatibiliteit), kosten, rechtspersoon en is gevraagd een quickscan uit te voeren. Na het uitvoeren van de quickscan volgde wederom een discussie omtrent de kwalificatie van het voertuig, omdat het voertuig niet aan de voorwaarden voldeed. Artikel 48 Wegenverkeerswet 1994 in combinatie met artikel 4 Kentekenreglement bood de uitkomst; de WEpod zou voorzien worden van bijzondere kentekenplaten (Stoep, 2017). Door de WEpod van bijzondere kentekenplaten te voorzien hoeft deze geen typegoedkeuring te verkrijgen, maar moet wel een ontheffing aangevraagd worden om te mogen rijden. Een voertuig dient van een kenteken voorzien te zijn alvorens deze een ontheffing kan verkrijgen. De WEpods hebben kentekenplaten gekregen beginnend met de letters ZZ. Conform artikel 4 lid 4 Kentekenreglement duidt deze lettergroep op een voertuig welke in verband met de constructie alleen op de weg mag rijden wanneer deze in het bezit is van een ontheffing van de wegbeheerder, dan wel van de RDW.

Tijdens het aanvraag proces bij RDW is het bedrijf Ricardo door het WEpod projectteam gevraagd om een safetyplan op te stellen. Ricardo stond bij het projectteam bekend als specialist in het uitvoeren van risicoanalyses en veiligheidskeuringen met betrekking tot de spoorwegen. Het projectteam heeft Ricardo gevraagd om een safetyplan op te stellen waarin de risico's van de route zijn opgenomen. Tevens heeft Ricardo in het safetyplan suggesties gegeven over hoe omgegaan kan worden met de risico's op de route. Het safetyplan van Ricardo is toegevoegd aan de aanvraag voor RDW. Ook was in de aanvraag opgenomen om in hoofdzaak ISO 26262 toe te passen. RDW heeft de nieuwe aanvraag inclusief safetyplan van Ricardo opnieuw in overweging genomen. Zowel voor het projectteam als RDW was het aanvraagproces een leertraject (Wiel, Interview WEpod, 2017) (Stoep, 2017).

In december 2015 heeft de gemeente Ede alsmede de gemeente Wageningen en de provincie Gelderland per brief ontheffing verleend aan de TU Delft om met de WEpod te gaan rijden op de opgegeven route. In de brief is een aantal voorwaarden opgenomen. Zo is opgenomen dat de WEpod

in het bezit moet zijn van een ZZ-kenteken. Tevens dient een steward aanwezig te zijn die op de hoogte is van de noodprocedure en dient er een noodknop aanwezig te zijn. Ook is opgenomen dat de houder van de ontheffing, in dit geval de TU Delft, alle mogelijke maatregelen dient te treffen om schade ten gevolge van manoeuvres van de WEpod te vermijden. Het zorgdragen voor het in contact staan met de control room en het functioneren van de slimme VRI's is ook opgenomen als taak voor de houder van de ontheffing. Ten slotte is ook het beschikken over een adequate aansprakelijkheidsverzekering als voorwaarde opgenomen (Ede, 2015).

Intern is de aanpak/insteek van RDW gedurende het project veranderd. RDW stapte af van de werkwijze om aan de hand van een lijst te bepalen of het voertuig aan de eisen voldoet en dus de weg op mag. Dit vereiste 'omdenken' bij RDW. Hierbij werd de focus meer verplaatst naar de output en het doel van een maatregel. Bijvoorbeeld met betrekking tot de mistlampen; afspraak was dat het voertuig niet zou gaan rijden bij een zicht onder de 200 meter. Derhalve zijn mistlampen niet nodig en kon het voertuig hiervan vrijgesteld worden (Stoep, 2017). Bij de ontheffing is een lijst met wetsartikelen opgenomen waarvoor het voertuig is ontheven (RDW, 25 januari 2016). Een ander voorbeeld is het gebruik maken van een belsignaal om mede weggebruikers er op te attenderen dat het voertuig gaat rijden. In de wet staat, in artikel 28 RVV 1990, dat bestuurders slechts geluids- en knippersignalen mogen geven ter afwending van dreigend gevaar. De WEpod is van dit wetsartikel ontheven, zodat het wel een geluidsignaal mag geven wanneer het gaat rijden (RDW, 25 januari 2016).

De ZZ-kentekenplaten en ontheffing gaven het projectteam van de WEpod de mogelijkheid tot het rijden met de WEpod. Buiten de bovengenoemde ontheffingen voor bepaalde regelingen, kende de ontheffing ook een aantal restricties. Zo is opgenomen dat de WEpod alleen mag rijden tussen half tien 's ochtends en half vijf 's avonds. Tevens is in de ontheffing opgenomen wie bevoegd is om het voertuig te 'besturen' en dat het voertuig niet harder mag rijden dan 25 km/h. De route van de WEpod is ook in de ontheffing opgenomen. Slechts voor de opgenomen route is de ontheffing verleend. De route van de WEpod is gedurende het project veranderd/uitgebreid. Deze veranderingen/uitbreidingen zijn in de verschillende ontheffingen opgenomen.

6. Uitdagingen en oplossingen

6.1 Landkaarten voor locatiebepaling

Tijdens het uitrollen van het project, bleek dat alleen het gebruik van GPS niet afdoende was om de locatie te bepalen (Kassenberg M. , 2017) (WEpod, n.d.). Zodoende is gekeken naar het toevoegen van kaarten in combinatie met GPS positionering. Aanvankelijk zou de WEpod gebruik gaan maken van het ADASISv2 protocol als routeplanner (Bracht, Raichle, Rauch, Varchmin, & Stille, 2013). Het ADASISv2 protocol was echter te ingewikkeld voor dit project en het kostte teveel tijd om het voertuig hiermee in te regelen. Tevens kostte het te veel geheugen, omdat de kaarten van het ADASISv2 protocol erg omvangrijk zijn. Het projectteam heeft derhalve besloten om te gaan werken met een simpelere routeplanner. Hiervoor is in samenwerking met de TU Delft zelf software ontwikkeld. Het idee voor de software is hetzelfde; de route wordt vooraf ingeregeld en in het systeem vastgelegd. Het systeem weet waar het voertuig is en kent de directe omgeving. Ook kan het systeem inschatten welke objecten een direct gevaar opleveren. De WEpods volgen de vooraf ingestelde route en zullen derhalve niet van de route afwijken (Wiel, Interview WEpod, 2017).

6.2 Ontheffingsprocedure

Een van de problemen waar RDW tegenaan liep alvorens de ontheffing af te geven, had te maken met de EMC. EMC staat voor Elektro Magnetische Compatibiliteit en is de magnetische straling welke elektronische apparaten uitstralen. EMC kan verstoringen veroorzaken bij andere elektrische apparaten wanneer het apparaat daar vatbaar voor is. Een voorbeeld hiervan is het soms haperen of 'brommen' van een muziekinstallatie wanneer een mobiele telefoon in de buurt is. Tegenwoordig zijn de apparaten steeds beter afgeschermd waardoor zij weinig straling genereren en/of ontvangen. Doordat auto's steeds geavanceerder worden en steeds meer elektronische functies krijgen, is het van belang dat deze worden afgeschermd voor storingen van buitenaf (en andersom dat deze geen storingen veroorzaakt). De WEpod is een elektrisch voertuig uitgerust met veel elektrische apparatuur. Hierdoor heeft ook de WEpod met EMC te maken. Tijdens metingen van de EMC van de WEpod bleek er een 'lek' aanwezig te zijn. Hierdoor was de WEpod vatbaar voor EMC. RDW vond het risico voor verstoringen te groot en wilde derhalve aanvankelijk geen ontheffing afgeven. Wel heeft RDW een second opinion aangevraagd bij Bicon; een bedrijf geaccrediteerd bij RDW (Stoep, 2017).

Ook Bicon constateerde in de second opinion dat de EMC risico's te groot waren. Zij adviseerden om in de ontheffing op te nemen dat de steward ten alle tijden in staat moet zijn om de noodstop te gebruiken. Door het indrukken van de noodstop vallen alle systemen van de WEpod uit waardoor deze geen straling meer uitstraalt en ook geen verstoringen meer ontvangt. Bicon had in het advies ook opgenomen aan welke eisen de noodknop dient te voldoen. Vervolgens heeft RDW een nadere uitwerking aan Ricardo gevraagd met betrekking tot de noodknop. Ricardo heeft deze nadere uitwerking geleverd. Vervolgens ging RDW akkoord met de maatregelen (Stoep, 2017).

6.3 Aandrijfjas

De toevoegingen aan het voertuig, zoals de extra camera's en sensoren, in combinatie met de route en het rijgedrag van het voertuig, zoals de noodstops en het rijden over verkeersdrempels, heeft ervoor gezorgd dat de aandrijfjas van de WEpods de druk niet aan kan. De aandrijfjas is tijdens het project meermaals afgebroken. De provincie had met Easymile afspraken gemaakt over het herstellen van de aandrijfjas waarbij Easymile tijdens het project nieuwe aandrijfassen leverde wanneer deze afbrak (Kassenberg M. , 2017).

6.4 Camera

De High Dynamic Range camera's gaven in het begin problemen. Voor de WEpods waren camera's nodig die met slecht zicht en met tegenlicht nog wel kunnen functioneren. De TU Delft is op zoek gegaan naar camera's passend bij het project en hebben gekozen voor camera's van de Belgische firma Melexis. De camera's waren van de kwaliteit passend bij het project, maar de interface die de data verwerkt ontbrak. De camera's waren daardoor niet in staat om te communiceren met de computers. Om dit probleem op te lossen, heeft het projectteam een driver ontwikkeld. Een bestaande driver past niet bij de computer van de WEpod, derhalve zijn custom made drivers in Hong Kong ontwikkeld. De WEpod gebruikt de data momenteel (nog) niet ten volle, omdat dat een te zware datastroom genereert wat het data proces teveel bezwaard (Wiel, Interview WEpod, 2017).

6.5 Vragen vanuit de politiek

Naar aanleiding van een artikel (Lieshout, 2016) van de Volkskrant d.d. 16 maart 2016, heeft de Partij voor de Dieren per brief (Moulijn, 2016) vragen gesteld aan de Provinciale Staten ten aanzien van het detecteren van objecten door de WEpod. In het artikel van de Volkskrant valt te lezen dat de

WEpod mogelijk niet remt voor dieren, iets wat de Partij van de Dieren tegen de borst stootte. De vragen welke de partij stelde aan de Provinciale Staten zagen op de object detectie en het gedrag van de WEpod. De Provinciale Staten heeft het volgende geantwoord: *“Nee, de Wepods rijden niet door bij bepaalde “objecten” op de route, zoals konijnen. De WEpods zijn een onderdeel van een groot geheel waarmee we zelfrijdend vervoer onderzoeken. Een project dat nationaal en internationaal veel belangstelling trekt. Veiligheid is een centraal thema in het project. Volgens planning gaan we nu testen met het voertuig op de openbare weg. Tijdens de testen onderzoekt het testteam hoe mens, dier en objecten worden gedetecteerd middels technologische instrumenten en welke softwareprogramming nodig is om het voertuig adequaat te laten reageren. Er zit voorlopig ook een steward in het voertuig die kan ingrijpen. Het voertuig rijdt nog geen 25 km per uur. Gezien deze snelheid én de optie voor menselijk ingrijpen verwachten we geen problemen in de testfase. De WEpods rijden alleen als testobjecten en zijn geen zelfstandige vervoermiddelen.* (Cornielje & Hilhorst, Beantwoording schriftelijke Statenvragen statenlid M. Moulijn (Partij voor de Dieren) over WEpod remt niet voor dieren [brief], 2016)” Mede door juiste inzet van media vanuit het project, is de discussie rondom de konijnen niet geëscaleerd (Bakker, 2017).

7. Onderzoeken rondom WEpod

Voorafgaand, tijdens en na het WEpod project zijn allerlei onderzoeken gedaan rondom het project. Verschillende onderzoeken hadden een directe een link met het project. Tevens zijn er veel onderzoeken geweest waarbij data uit het WEpod project is gebruikt of waarbij het WEpod project als voorbeeld heeft gediend. De TU Delft was betrokken bij het project en vanuit de TU hebben meerdere personen onderzoeken uitgevoerd. Ook de Christelijke Hogeschool Ede en ROC A12 waren bij het project betrokken. Vanuit deze scholen hebben studenten zich over verschillende vraagstukken gebogen. Gezien de hoeveelheid directe en indirecte onderzoeken, zal hier kort stilgestaan worden bij een aantal onderzoeken.

7.1 Onderzoeken TU Delft

7.1.1 Konstanze Winter

PhD studente Konstanze Winter heeft voor haar master scriptie onderzoek gedaan naar de werking van een geautomatiseerde mobiliteitsdienst (WEpod) door middel van simulaties. Hierbij is zij uitgegaan van een op vraag gestuurd systeem bekend als Automated Demand-Responsive Transport System (ADRTS). Dit systeem biedt ritten met automatische voertuigen aan zonder vooraf ingestelde route of dienstregeling. Indien personen eenzelfde ophaal of afleveradres hebben, dan worden deze ritaanvragen zoveel mogelijk gecombineerd (onder voorbehoud van de capaciteit van het voertuig). De aangevraagde ritten worden uitgevoerd binnen een vooraf afgestelde maximale vertragingstijd en het voertuig zal de route rijden zonder omwegen. ADRTS is door Konstanze Winter getest met de WEpod voertuigen.

Tijdens de simulatie is het systeem met verschillende vraagpatronen, verschillende voertuigcapaciteiten en verschillende operationele factoren getest. Het simulatiemodel heeft vervolgens de minimale en optimale hoeveelheid voertuigen bepaald voor de dienst wanneer de totale operationele kosten en reiskosten geminimaliseerd werden. Tevens werd rekening gehouden met de maximale wachttijden voor de passagiers. In de toenmalige situatie reden vijf stadsbussen om aan de passagiersvraag te kunnen voldoen. Indien deze stadsbussen vervangen zouden worden door WEpods, dan zijn er, volgens de simulatie, 60 WEpods nodig om aan de vraag te voldoen.

Vervolgens bleek uit de resultaten dat een verhoogde passagiersvraag, het meer combineren van ritten van individuele passagiers en het gebruik van de juiste voertuigcapaciteit de meest effectieve manieren zijn om de kosten per passagier te verminderen (Winter, Cats, Correia, & Arem, 2016) (Winter, 2015).

7.1.2 Floris Gaisser

PhD student Floris Gaisser heeft onderzoek gedaan naar de detectiemethoden van automatische voertuigen. Hierbij zijn radar en camerasensoren met elkaar gecombineerd en zijn fusionbased detectie methoden toegevoegd om de prestaties met betrekking tot de detectie van objecten en andere weggebruikers te verbeteren. Een viertal experimenten zijn uitgevoerd, waaronder een praktijkproef met de WEpod. Uit het experiment met de WEpod bleek dat het mogelijk is om een prestatie van 91,9% met betrekking tot weggebruikersdetectie op de openbare weg te realiseren. Het menselijke referentiekader is een prestatie van 99% . Echter, door drie opeenvolgende beelden van de sensoren te combineren, wordt de prestatie verhoogd tot 95,1%. Floris Gaisser concludeert dat de detectie prestaties dichterbij de menselijke prestaties komen en dat daarom de WEpod veilig de openbare weg op kan (Gaisser & Jonker, 2017).

7.1.3 Onderzoek Rodríguez Cabezas

Paola Rodríguez Cabezas heeft voor haar master scriptie onderzoek gedaan naar de interactie tussen automatische voertuigen en zwakkere verkeersdeelnemers zoals voetgangers en fietsers. De vraag hoe veilig voetgangers en fietsers zich voelen rondom de WEpods tijdens de testfase stond in haar onderzoek centraal. De nadruk lag in het onderzoek op situaties met gelijkwaardige kruispunten en het overstek gedrag van voetgangers en fietsers in vergelijking met traditionele motorvoertuigen. De WEpod werd vergeleken met een motorvoertuig terwijl de WEpod een lagere snelheid hanteerde. De maximale snelheid van de WEpod was tijdens het onderzoek 15 km/h en de maximale snelheid van het motorvoertuig 30 km/h.

Het resultaat van het onderzoek wees uit dat, over het algemeen, fietsers en voetgangers zich veiliger voelden wanneer zij de weg deelden met de WEpod dan met een traditioneel motorvoertuig. Fietsers hebben aangegeven zich minder veilig te voelen in situaties met gelijkwaardige kruispunten en de WEpod. Dit effect was niet significant aanwezig bij de voetgangers. Daarentegen gaven voetgangers aan dat zij graag overstekfaciliteiten zien in de situatie met de WEpod. De wens voor overstekfaciliteiten was minder aanwezig bij het motorvoertuig. Fietsers hebben geen wens voor overstekfaciliteiten geuit. Een verklaring voor het vertrouwen in de WEpod kan mogelijk gevonden worden in de lage maximale snelheid en in het vertrouwen wat de fietsers en voetgangers hebben in de technologie met betrekking tot de automatisering van voertuigen (81,1%). Daarbij geven zij aan dat zij verwachten dat de WEpod tijdig zal stoppen en dat deze dat ook zou doen in situaties waarin andere verkeersdeelnemers de verkeersregels overtreden. Tijdens het onderzoek heeft 63,2% van de fietsers en voetgangers aangegeven dat zij zich niet bewust waren van de aanwezigheid van een steward in de WEpod. Anderzijds blijkt dat het wel bewust zijn van de aanwezigheid van een steward het gevoel van veiligheid verhoogd. Het maken van oogcontact en het communiceren door middel van gebaren met traditionele autovoertuigen wordt door de groep fietsers en voetgangers met name bij het oversteken als belangrijk beschouwd. De fietsers en voetgangers die aangegeven hebben het moment van oversteken af te laten hangen van hints van de menselijke bestuurder, zijn ook de fietsers en voetgangers die graag overstekfaciliteiten zouden zien met betrekking tot het oversteken in de buurt van de WEpod. De groep fietsers en voetgangers heeft aangegeven wel graag

enige vorm van communicatie met de WEpod te hebben. Om het gebrek aan communicatie tussen de WEpod en de fietsers en voetgangers te overbruggen, kan gebruik gemaakt worden van visuele informatie of een mix van auditieve en visuele informatie. Ten slotte heeft het onderzoek uitgewezen dat individuele eigenschappen zoals geslacht en demografische herkomst ook invloed heeft op het gevoel van veiligheid van de fietsers en voetgangers (Rodríguez Cabezas, 2017).

Paola Rodríguez Cabezas heeft haar scriptie onder begeleiding van en in samenwerking met Pablo Nuñez Velasco geschreven. Een deel van de resultaten die voortkomen uit de verschillende onderzoeken van Paola Rodríguez Cabezas, worden ingezet in het onderzoek van Pablo Nuñez Velasco binnen werkpakket 4 van het STAD project. Tot dusver heeft hij de resultaten voortkomend uit de samenwerking met Paola Rodríguez Cabezas gepresenteerd op het ITRL Conference on Integrated Transport 2016: Connected & Automated Transport Systems in Stockholm (Nuñez Velasco, 2016). Verdere resultaten met betrekking tot het onderzoek van Pablo Nuñez Velasco volgen nog.

7.2 Onderzoeken Christelijke Hogeschool Ede

7.2.1 Erik Wilbrink

Om de opleiding innovatieve bedrijfskunde met goed gevolg af te ronden, heeft Erik Wilbrink een afstudeeronderzoek gedaan naar mogelijke doorontwikkelingen van het WEpod project. Hierbij heeft hij de volgende hoofdvraag geformuleerd: *“Welke scenario’s sluiten, gezien de macro-economische ontwikkelingen binnen Nederland, de technologische doorontwikkeling van de WEpods voertuigen en de behoefte van de Nederlandse markt qua rendement het beste aan op de wensen van het nog te vormen consortium?”* Door middel van trendonderzoek en scenarioplanning heeft Erik Wilbrink een viertal scenario’s uitgewerkt met bijbehorende businessmodellen. Uit de financiële analyse van de scenario’s blijkt dat de terugverdientijd te lang is in alle scenario’s. Daarnaast blijkt dat er veel verdienmodellen mogelijk zijn met inzet van automatisch vervoer en dat een lagere aanschafprijs van de voertuigen meer kansen biedt. Tevens is gebleken dat het introduceren van een pakketdienst met een automatisch voertuig minder juridische obstakels geeft. Ten slotte blijkt dat het noodzakelijk is om de investering als inkomstenbron te gebruiken om de WEpod door te ontwikkelen. Erik Wilbrink geeft daarbij aan dat de kracht van automatisch vervoer met name zit in de hoeveelheid verdienmodellen die het voertuig mogelijk maakt en de shared facility door samenwerking met verschillende branches. Hij concludeert: *‘Hoe meer branches, hoe meer innovatie, hoe meer verdienmodellen. Hoe meer verdienmodellen, hoe hoger de aanschafprijs mag en kan zijn.* (Wilbrink, 2016)

7.2.2 Glenn Harder & Wim Geluk

Ook studenten Glenn Harder en Wim Geluk van de opleiding innovatieve bedrijfskunde van de Christelijke Hogeschool Ede hebben een afstudeeronderzoek gedaan rondom de WEpod. Glenn Harder heeft hierbij onderzoek gedaan naar alle voorzieningen die nodig zijn om de WEpods te exploiteren en de kosten die daarvoor gemaakt worden. Wim geluk heeft onderzoek gedaan naar de toepassingsmogelijkheden van de WEpods voor mensen met een lichamelijke beperking. De rapporten van Glenn Harder en Wim Geluk zijn niet openbaar beschikbaar.

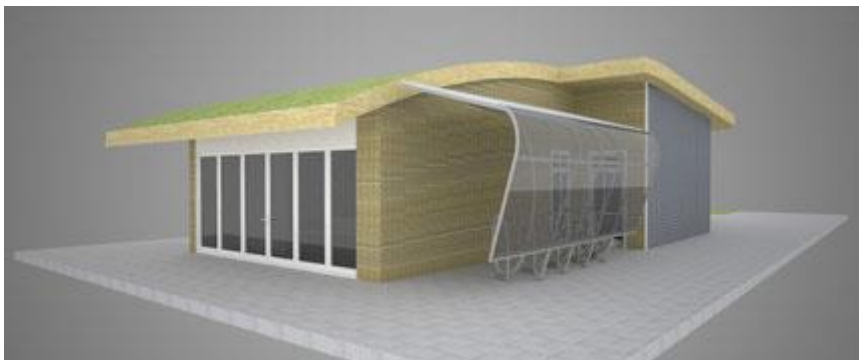
7.3 Onderzoeken ROC A12

7.3.1 Vincent Maarschalkerweerd en Ezra vd Weel

Om de opleiding applicatieontwikkeling succesvol af te ronden, hebben studenten Vincent Maarschalkerweerd en Ezra vd Weel een app voor de WEpod ontwikkeld. Met deze app kunnen passagiers de WEpod reserveren. Wanneer de WEpod arriveert, kunnen passagiers de deuren openen door middel van de app. Tevens geeft de app informatie over de omgeving en dient deze als infotainment tijdens de rit. Wanneer de gebruiker met de telefoon naar objecten in de omgeving kijkt, dan krijgt hij/zij informatie over het object op zijn/haar telefoon (Knooppunt Techniek, 2016).

7.3.2 Viride Architecture

Studenten Noël Homma, Martin Veldman, Remco van Verseveld, Bram van der Beek en Stephan Bosveld (samen Viride Architecture) van ROC A12 hebben samengewerkt aan het ontwerp voor de garage van de WEpod. Zeven studentengroepen concurreerden met elkaar, maar het ontwerp van Viride Architecture heeft de eerste prijs gewonnen. Het was aan de studenten om de uitdaging aan te gaan om een garage te ontwikkelen welke duurzaam en maatschappelijk verantwoord is. Tevens werd er gefocust op het milieu (WEpod, a.). Het winnende ontwerp van de studentengroep Viride Architecture is een duurzame garage met een lab waar verschillende tests en metingen uitgevoerd kunnen worden. Ten slotte straalt het ontwerp innovatie uit en is het een symbool van de samenwerking tussen bedrijfsleven, onderwijs en overheid (Viride Architecture). Onderstaande afbeelding is het ontwerp van de studenten:



Figuur 5: Ontwerp WEpod garage

7.4 Onderzoeken HAN

7.4.1 Natasja Slaghek

Automotive studente Natasja Slaghek heeft haar afstudeeronderzoek gedaan naar het gebruik van de digitale data afkomstig van de WEpods. Het doel van haar onderzoek was het verkrijgen van inzicht in de marktvraag met betrekking tot de data van de WEpods. Tevens heeft ze de mogelijkheden tot het technisch afstemmen van de WEpods op de markt verkend. Natasja Slaghek werkte vanuit de volgende onderzoeksvraag: *“In welke gegenereerde (big) data van de WEpods hebben private en publieke partijen interesse en wat zijn de mogelijkheden om de WEpods technisch af te stemmen op de marktvraag?”*

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden heeft zij meerdere marketingmethoden toegepast en een interne en externe analyse uitgewerkt. Daarnaast heeft zij meerdere interviews afgelegd. Uit de interne analyse is gebleken dat de WEpods twee datasets genereren:

- Dataset locatie (GPS-locatie samen met radars);
- Camerabeelden (samen met lasers).

Uit de externe analyse is gebleken dat slechts twee faculteiten van een universiteit, een overheidsinstelling en een (privaat) dataplatform de enige partijen zijn met interesse in de datasets van de WEpod. Niet geïnteresseerde partijen hebben aangegeven de data niet goed op waarde te kunnen schatten en dat het bereik van het project te beperkt is om er een businesscase in te zien. Natasja Slaghek sluit haar onderzoek af met de aanbeveling om bij verschillende universiteiten aan te geven dat de data van de WEpods beschikbaar is. Ook beveelt zij aan om opnameapparatuur in de WEpods te plaatsen om aan een specifiek data verzoek te voldoen (Slaghek, 2017).

7.5 Overig

7.5.1 Voorluigs Beleid en Strategie

Naast de onderzoeken vanuit kennisinstellingen zoals hierboven zijn opgesomd, heeft het WEpod project ook geleid tot andere onderzoeken. Zo heeft de provincie Gelderland opdracht gegeven aan Elsa Voorluigs om een inventarisatie te maken van het “wie en wat” in kennisontwikkeling van automatisch vervoer met betrekking tot de interactie met de mens (Voorluigs E. , 2017). Elsa Voorluigs heeft een rapport opgeleverd met een overzicht van de bestaande kennis en de aanstaande kennisontwikkeling. Tevens heeft zij het resultaat samengevat in een infographic (Voorluigs E. , 2017).

8. Buurtbewoners en passagiers

Om draagvlak te creëren bij de buurtbewoners rondom het WEpod traject zijn een aantal informatiebijeenkomsten georganiseerd. Deze bijeenkomsten hebben op verschillende locaties langs de route plaatsgevonden. Het projectteam organiseerde telkens twee avonden in één week op dezelfde locatie zodat zoveel mogelijk mensen aanwezig konden zijn. De informatiebijeenkomsten vonden plaats voorafgaand aan de proef en tijdens de proef (Wiel, Interview WEpod, 2017) (Bakker, 2017).

Ongeveer 20 tot 40 mensen kwamen per informatieavond. Dit waren veelal buurtbewoners direct aan de route. Het projectteam is opgevallen hoe positief de buurtbewoners waren over het project. Terwijl het project bezig was, verongelukte de bestuurder van een Tesla nadat hij met ingeschakelde autopilot onder de trailer van een vrachtauto terecht kwam (NOS, 2016). Na dit ongeval werden door de buurtbewoners kritischere vragen gesteld omtrent de veiligheid van het voertuig. Desalniettemin constateerde het projectteam dat over het algemeen de omwonenden nog steeds positief tegenover het project stonden en het projectteam constateerde ook enig gevoel van trots bij de buurtbewoners. Naast de informatiebijeenkomsten, zijn de buurtbewoners ook uitgenodigd om een ritje in het voertuig te maken. Ongeveer 20 personen gingen op deze uitnodiging in en namen plaats in het voertuig (Bakker, 2017).

9. Kosten van het project

De projectkosten worden geraamd op 4,1 miljoen (Provincie Gelderland, 2016a). Van de 4,1 miljoen is 200.000 euro per Easymile voertuig betaald en 200.000 euro aan de modificatie van elk voertuig (800.000 euro in totaal)(Krebbekx, 2016). Tijdens de eerste fase van het WEpod project bleek dat aanvullend budget nodig was voor communicatie, software ontwikkeling en budget voor het deelnemen aan congressen en seminars voor de ontwikkeling, maar ook voor het delen van kennis. Hiervoor is 0,575 miljoen extra budget vrijgemaakt (Provincie Gelderland, 2016a). Tevens is twee

keer 0,3 miljoen uitgegeven aan de ontwikkeling van software. De communicatieontwikkeling en deelname aan congressen en seminars voor het verspreiden van kennis bedroeg 0,3 miljoen (Provincie Gelderland, 2016a). De verdere verdeling van de kosten is niet inzichtelijk.

Aanvankelijk werden de projectkosten in de begroting geraamd op 3,4 miljoen euro (Provincie Gelderland, 2015). Voor de planstudie in de eerste fase was 0,1 miljoen gereserveerd (Provincie Gelderland, 2014). De kosten van het project werden binnen de provincie gedragen door de kerntaak regionale bereikbaarheid en regionaal openbaar vervoer. Ook vanuit de kerntaak economie en vanuit de beleidsvisie gebiedsopgaven werd bijgedragen (Provincie Gelderland, 2016a).

10. Huidige status

Het project WEpods is afgerond. In december 2016 heeft het afsluitende event plaatsgevonden en zijn de voertuigen opgeleverd aan de provincie Gelderland. De provincie zet de voertuigen nu in in het Interregionale Automatische Transport (I-AT) project. Binnen het I-AT project gaan de voertuigen rijden in het grensgebied Nederland – Duitsland, op het vliegveld Weeze, in een transport corridor en in de foodvalley tussen Ede en Wageningen (Interreg Deutschland - Nederland). Op verzoek en voor zover mogelijk worden de WEpods beschikbaar gesteld voor testen op het Research Lab Automated Driving Delft (RADD). Bij het RADD kan op maat onderzoek gedaan worden met de WEpods (Research Lab Automated Driving Delft [RADD], n.d.).

11. Schema

Doel + aanleiding + soort vervoer:	Het WEpod project is bedoeld als proef om kennis te verzamelen en te delen over automatisch vervoer. Dit strookt met de ambitie om nieuwe, flexibele, duurzame en sociale mobiliteit te realiseren. De Wepod is een 'hospitality car', geen openbaar vervoer. Zonder winstoogmerk; maatschappelijke baten wegen zwaarder dan het genereren van winst.
Stand van zaken en locatie:	WEpod project in Ede/Wageningen is afgerond. De voertuigen zijn nu ondergebracht in het I-AT project en part-time beschikbaar voor proeven bij het RADD.
Periode + ontheffing RDW:	Project is gestart in november 2014. De eerste ontheffing is afgegeven voor één dag op 28 januari 2016. De volgende ontheffing vanaf 8 maart 2016 t/m 7 juli 2016, 24 oktober 2016 t/m 31 december 2016, 1 januari 2017 t/m 31 maart 2017, 1 april 2017 t/m 30 juni 2017, 17 juli 2017 t/m 16 juli 2018. Op 7 december 2016 vond het afsluitende event van het WEpod project op de locatie Ede/Wageningen plaats.
Type voertuig (+ SAE level) en eventuele aanpassingen:	EZ-10 voertuig van Easymile level 4. Afmetingen: 3.93 m (lengte) x 1.99 m (breedte) x 2.75 m (hoogte) Maximale snelheid 40 km/h (tijdens de proef 25 km/h) (Easymile, n.d.) Op het voertuig zijn onder andere extra camera's, lasers, radars en sensoren

	geplaatst. Ook is er software ontwikkeld voor de routeplanner.
Type aansturing van het voertuig:	Het voertuig stuurt zichzelf aan, maar kan wel in contact staan met een controlroom.
Zijn er infrastructurele aanpassingen geweest?:	Op de route is een VRI geplaatst, een parkeerverbod ingevoerd, zijn snelheidsbeperkingen ingevoerd en er is een opstaphalte bij treinstation Ede/Wageningen gecreëerd.
Is er een verzekering afgesloten?:	WAM verzekering en casco (verplicht).
Financiering en budget:	De projectkosten worden geraamd op 4,1 miljoen euro.
Betrokken partijen:	TU Delft, Spring innovation Management, Robot care systems, Mapscape, Connekt, RDW, Noot personenvervoer, Oost NV, Easymile, ZTI, Elektrobit, Ricardo, Technolution, NVIDIA, Sogeti, Open Up Technologies, InfoSupport, Wageningen University & Research (WUR), Christelijke Hogeschool Ede (CHE), ROC A12, Hogeschool Arnhem Nijmegen (HAN), gemeente Ede, gemeente Wageningen, gemeente Arnhem en Nijmegen, DHV, Robot engineering systems, Ministerie van Infrastructuur & Milieu, RDW, Industriepark Kleefse Waard (IPKW), Toyota, Drive Me Sweden, Green Dino, IBM en Connexion.
Resultaat (gesloten weg/semi-gesloten weg/openbare weg):	De WEpod heeft op de openbare weg gereden tussen het overige verkeer van treinstation Ede/Wageningen naar de Universiteit van Wageningen. Bij kruisingen en op de Van Balverenweg heeft het voertuig semiautomatisch gereden. Daarnaast heeft de WEpod op de openbare weg gereden van het campus terrein van de Universiteit Wageningen.
Bijzonderheden:	Er is een steward aanwezig (verplicht door RDW). Het voertuig biedt 6 zitplaatsen voorzien van gordels.

12. Context project STAD

Dit rapport is het resultaat van een casestudy die is uitgevoerd in het kader van het STAD project. STAD is de afkorting van 'Spatial and Transportation impacts of Automated Driving' en komt voort uit het SURF project. SURF staat voor 'Smart Urban Regions of the Future'. Het STAD project wordt derhalve vaak aangeduid als het SURF-STAD project.

SURF-STAD is onderdeel van VerDus, wat staat voor 'Verbinden van Duurzame Steden'. Het kennisinitiatief VerDus speelt samen met wetenschappelijke onderzoekers en praktijk in op vraagstukken rondom verstedelijking, ruimte, mobiliteit en transport. VerDus is opgericht op initiatief van NWO, Platform 31 en verschillende ministeries. Binnen VerDus zijn een aantal onderzoeksprogramma's geformuleerd, waaronder het SURF programma (VerDus, 2016). Het SURF programma is het kennisprogramma op het gebied van slimme stedelijke regio's. Binnen SURF wordt door onderzoekers en praktijk samen gewerkt aan kennis op het gebied van ruimte, wonen, bereikbaarheid, economie en bestuur (SURF, 2016). STAD is onderdeel van SURF en ziet op onderzoek naar het effect van automatisch vervoer op vervoers- en locatiekeuzes van personen en bedrijven en op het ruimtelijk ontwerp van steden en wegen.

Het STAD project is onderverdeeld in een aantal werkpakketten. Deze casestudy is een uitwerking van werkpakket 7 'Casestudies & demonstrators' (Project proposal STAD, 2015). In dit werkpakket staat de praktijk centraal; wat kan geleerd worden van voorgaande projecten en demo's met betrekking tot automatisch vervoer? De projecten welke onderdeel zijn van de casestudy zijn (vooralnog) het project in Appelscha, de Rivium Park Shuttle, de aanbesteding rondom RTHA en het WEpod project. Dit rapport is een uitwerking van de casestudy met betrekking tot het WEpod project in Ede/Wageningen. Een uitwerking van de casestudies van het project in Appelscha en de aanbesteding rondom RTHA is te vinden op de website van STAD. Een uitwerking van de Rivium Park Shuttle volgt nog.

Om de opgedane kennis en ervaring van de reeds uitgevoerde projecten met automatisch vervoer te analyseren, is gekozen voor de casestudy als onderzoeksmethode. Iedere case zal uitgewerkt worden aan de hand van een vooraf samengestelde vragenlijst. Deze vragenlijst valt onder te verdelen in de volgende categorieën:

- Achtergrond informatie & financiering;
- Infrastructuur;
- Aansturing;
- Voertuig;
- Personeel;
- Omgeving & gebruikers;
- Verzekering;
- Veiligheid;
- Ontheffingsaanvraag.

De kennis en data voor deze casestudy zijn op verschillende manieren verkregen. Ten eerste is bestaande (online)informatie verzameld en geanalyseerd. Vervolgens zijn de betrokken personen bij het project geraadpleegd. Ten slotte is er informatie verkregen door het bijwonen van een vergadering van de Taskforce Dutch Roads waarbij het Appelscha project en het WEpod project is geëvalueerd.

Dankwoord

Graag wil ik van deze gelegenheid gebruik maken om de betrokken personen bij deze casestudy te bedanken. Jan Willem van der Wiel, Alwin Bakker, Marieke Kassenberg, Pierre Leenaerts, Joop Veenis en Pieter van der Stoep heel hartelijk dank voor jullie medewerking en voor het verstrekken van documentatie.

Literatuurlijst

- Bakker, A. (2017, augustus 31). (R. Boersma, Interviewer)
- Bats, M., & van Reekum, K. (sd). *Persbericht - WElly en WURbie gekozen als namen voor de WEpods*. Gemeente Ede en Gemeente Wageningen.
- Bracht, A., Raichle, B., Rauch, M., Varchmin, A., & Stille, J. (2013). *ADASIS v2 Protocol*. Ertico - ITS.
- Cornielje, C., & Hilhorst, P. (2016, mei 10). Beantwoording schriftelijke Statenvragen statenlid M. Moulijn (Partij voor de Dieren) over WEpod remt niet voor dieren [brief]. 2016-005642. Gelderland: Gedeputeerde Staten.
- Cornielje, C., & Hilhorst, P. (2016, oktober 11). *Statenbrief* (zaaknummer 2015-000859). *WEpods stand van zaken en vervolg*. Arnhem.
- Easymile. (sd). *Mobility Solution*. Opgeroepen op augustus 10, 2017, van Easymile.com: <http://easymile.com/mobility-solution/>
- Ede, B. e. (2015, december 15). *Ontheffing voor het uitvoeren van een pilot op de openbare weg met zelfsturende voertuigen* (brief). Ede: Zaaknummer: 40687.
- Gaisser, F., & Jonker, P. P. (2017). *Road User Detection with Convolutional Neural Networks: An Application to the Autonomous Shuttle WEpod*.
- Interreg. (2015). *I-AT - Interregional Automated Transport*. Opgeroepen op oktober 31, 2017, van Interreg - Deutschland-Nederland: <https://www.deutschland-nederland.eu/nl/project/i-at-2/>
- Interreg Deutschland - Nederland. (sd). Opgeroepen op februari 28, 2018, van <https://www.deutschland-nederland.eu/>
- Kassenberg, M. (2016). Opgeroepen op november 29, 2016, van Provincie Gelderland: <https://www.gelderland.nl/bestanden/Documenten/Gelderland/Bestuur-en-organisatie/PS-plein/Provinciale%20Staten/Presentatie%20WEpods%20%20november%202016.pdf>
- Kassenberg, M. (2017, januari 16). (R. Boersma, Interviewer)
- Knooppunt Techniek. (2016, mei 26). *WEpod-app geëxamineerd*. Knooppunt Techniek.
- Koperdraat, V. (2016, December 22). *WEpods blijven op de campus rondrijden*. Resource.
- Krebbekx, J. (2016). *Businesscase WEpod (niet openbaar)*. Berenschot.
- Lieshout, M. v. (2016, maart 16). *Zelfrijdend autoritje: 'Bij een konijn rijdt-ie gewoon door'*. Volkskrant.
- Mitsubishi Motors. (2017, januari 1). *i-MiEV prijzen en specificaties*. Opgeroepen op augustus 10, 2017, van Mitsubishi-Motors.nl: <https://www.mitsubishi-motors.nl/i-miev/#!>

- Moulijn, M. (2016, april 11). *WEpod remt niet voor dieren* [brief]. PS2016-283. Gelderland: Partij voor de Dieren.
- NOS. (2016, juli 1). *Eerste dode door zelfrijdende auto*. Opgeroepen op september 5, 2017, van NOS.nl: <https://nos.nl/artikel/2114618-eerste-dode-door-zelfrijdende-auto.html>
- Núñez Velasco, J. P. (2016). *Safety of pedestrians and cyclists when interacting with self-driving vehicles: A case study of the WEpods*. ITRL Conference on Integrated Transport 2016: Connected & Automated Transport Systems. Stockholm, Sweden: KTH Royal Institute of Technology.
- (2015). *Project proposal STAD*. Delft.
- Provincie Gelderland. (2014). *Infobladen Meerjaren Investeringsagenda Mobiliteit behorende bij begroting 2015*. Arnhem: Provincie Gelderland.
- Provincie Gelderland. (2015). *Bijlage 7 Infobladen Meerjaren Investeringsagenda Mobiliteit behorende bij begroting 2016*. Arnhem: Provincie Gelderland.
- Provincie Gelderland. (2016). *Werken aan de economie van de toekomst - Beleidskader economie*.
- Provincie Gelderland. (2016a). *Bijlage 8 Infobladen Meerjarige Investerings Agenda Mobiliteit behorende bij voorjaarsnota 2016*. Arnhem: Provincie Gelderland.
- RADD. (sd). *Voertuigen*. Opgeroepen op oktober 31, 2017, van Researchlab Automated Driving Delft: <https://www.raddelft.nl/projects/voertuigen/>
- RDW. (25 januari 2016). *Ontheffing*. Ontheffingsnummer: 2016001729.
- RDW. (a.). *Kerntaken*. Opgeroepen op februari 20, 2018, van RDW.nl: <https://www.rdw.nl/over-rdw/organisatie/kerntaken>
- RDW. (sd). *Buiten registratie plaatsen, ombouwen naar motorrijtuig met beperkte snelheid (MMBS) of landbouw- of bosbouwtrekker (LBT)*. Opgeroepen op augustus 31, 2017, van RDW.nl: <https://www.rdw.nl/Particulier/Paginas/Ombouw-voertuig-tot-MMBS.aspx>
- Research Lab Automated Driving Delft [RADD]. (sd). *Vehicles*. Opgeroepen op februari 20, 2018, van RADD: <https://www.raddelft.nl/en/themes/vehicles/>
- Ricardo. (sd). *Global engineering, environmental and strategic consultancy*. Opgehaald van Ricardo.com: <https://ricardo.com/>
- Rodríguez Cabezas, P. (2017). *Thesis: Safety of pedestrians and cyclists when interacting with automated vehicles: a case study of the WEpods*. TU Delft.
- Rose-Marie Eissen, S. H. (2013). *Gebiedsagenda Oost-Nederland*.
- Rudinac, M., & Lekkerkerker, K. (2015). *Technical safety report WEpods*. Robot care systems.
- SAE International. (2016). *Surface Vehicle Recommended Practice - Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*.

- Slaghek, N. (2017). *Gegeneerd data WEpods - Marktonderzoek naar (big)data generatie door de WEpods*.
- STAD. (sd). *SP4 – Urban design and traffic safety*. Opgeroepen op augustus 3, 2017, van Spatial and Transport impacts of Automated Driving: http://stad.tudelft.nl/wordpress/?page_id=59
- Stoep, P. v. (2017, augustus 29). (R. Boersma, Interviewer)
- SURF. (2016). *Smart Urban Regions of the Future*. Opgeroepen op januari 26, 2017, van <http://surf.verdus.nl/voorpagina>
- SWOV. (sd). *Advies praktijkproef - WEpod-project*.
- SWOV. (sd). *Over SWOV*. Opgeroepen op juli 17, 2017, van [swov.nl: https://www.swov.nl/sites/default/files/bestanden/pdf/swov_corporate_folder_voor_web.pdf](https://www.swov.nl/sites/default/files/bestanden/pdf/swov_corporate_folder_voor_web.pdf)
- Tech News. (2016, Januari 29). *Dutch test first self-drive minibuses*. Opgehaald van The Star Online: <http://www.thestar.com.my/tech/tech-news/2016/01/29/dutch-test-first-self-drive-minibuses/>
- VerDus. (2016). Opgeroepen op januari 26, 2017, van Verbinden van Duurzame Steden: <http://www.verdus.nl/voorpagina>
- Viride Architecture. (sd). *Sustainable design has to be obvious*. Opgehaald van Viride Architecture: <https://viridearchitecture.jimdo.com/>
- Voorsluijs, E. (2017, januari 25). *Autonomous driving in interaction with people: results of an inventory of "who" + "what" on knowledge development : attention for the user is needed*. Opgehaald van LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/autonomous-driving-interaction-people-results-who-what-voorsluijs>
- Voorsluijs, E. (2017). *Kennisontwikkeling rond autonoom vervoer in interactie met de mens*. Voorsluijs Beleid en Strategie.
- WEpod [powerpoint presentatie]. (sd). *Technology & Vision*.
- WEpod. (a.). *Studententeam Viride Architecture wint finale WEpod-challenge ROC A12*. Opgehaald van WEpod.nl: <http://wepods.nl/studententeam-viride-architecture-wint-finale-wepod-challenge-roc-a12/>
- WEpod. (sd). *Veel gestelde vragen over de WEpods - Hoe werkt de navigatie van de WEpod?* Opgeroepen op juli 18, 2017, van WEpod.nl: <http://wepods.nl/faq/>
- Wiel, J. W. (2015, november 25). WEpods [powerpoint presentatie].
- Wiel, J. W. (2017, augustus 9). Interview WEpod. (R. Boersma, Interviewer)
- Wiel, J. W. (2017a, november 15). Interview WEpod. (R. Boersma, Interviewer)
- Wiel, J. W. (sd). *Werklijst voertuiginstrumentatie EZ10*.

Wilbrink, E. (2016). *Afstudeerrapportage: WEpods in 2020 - Onderzoek naar de mogelijkheden*. Ede: Christelijke Hogeschool.

Winter, K. (2015). *Thesis: Development and application of a method of design and demand-responsive service operated by fully automated vehicles*. TU Delft.

Winter, K., Cats, O., Correia, G. H., & Arem, B. v. (2016). *Designing an Automated Demand-Responsive Transport System - Fleet Size and Performance Analysis for a Campus–Train Station Service*. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2542, 75-83 .

Youngwise. (2016, december 5). *YW WE Timecode v2*. Opgeroepen op juli 12, 2017, van Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=rV1vCmfjHPc&feature=youtu.be>