

Lessen van pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland

Ir. A.F. Scheltes – Goudappel Coffeng BV– ascheltes@goudappel.nl

Ir. M.F. Legêne – Goudappel Coffeng BV– mlegene@goudappel.nl

Dr. T.W. Schaap – Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat – nina.schaap@minienw.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 21 en 22 november 2019, Leuven

Samenvatting

Het aantal pilots met zelfrijdende shuttles in Nederland is de afgelopen 3 jaar flink toegenomen en de verwachting is dat deze groei de komende jaren door zal zetten. In de pilots worden er veel verschillende leerervaringen opgedaan. Dit paper komt voort uit een onderzoek waarin deze leerervaringen worden opgehaald en gebundeld. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft ten behoeve van deze bundeling een aantal kennisvragen geformuleerd die in dit onderzoek als rode draad dienen. Door in gesprek te gaan met partijen die betrokken zijn bij het realiseren van de pilots zijn de geleerde lessen opgehaald.

Er bleek geen duidelijke definitie te zijn voor zelfrijdende shuttles, de auteurs doen in dit artikel een voorstel voor deze definitie welke zowel de kenmerken alsmede de functie in het vervoerssysteem beschrijft.

Het paper geeft inzicht in de belangrijkste inzichten ten aanzien van de betrokken stakeholders, het functioneren van de voertuigen, beleid en organisatie en de infrastructuur. Zo wordt er op het vlak van de stakeholders bekeken welke partijen betrokken zijn en welke rollen zij hebben in de pilots. Ten aanzien van het functioneren van de voertuigen wordt er gekeken naar disengagement, het functioneren van de voertuigen in weersomstandigheden en het inregelen van de voertuigen bij een pilot. Op het vlak van beleid en organisatie duikt het paper in de verschillende aanpakken van de pilots, de (veelal nog wankel) businesscases en de rol van concessies. Als laatste les worden de infrastructurele aanpassingen en de interactie met het overige wegverkeer meegenomen.

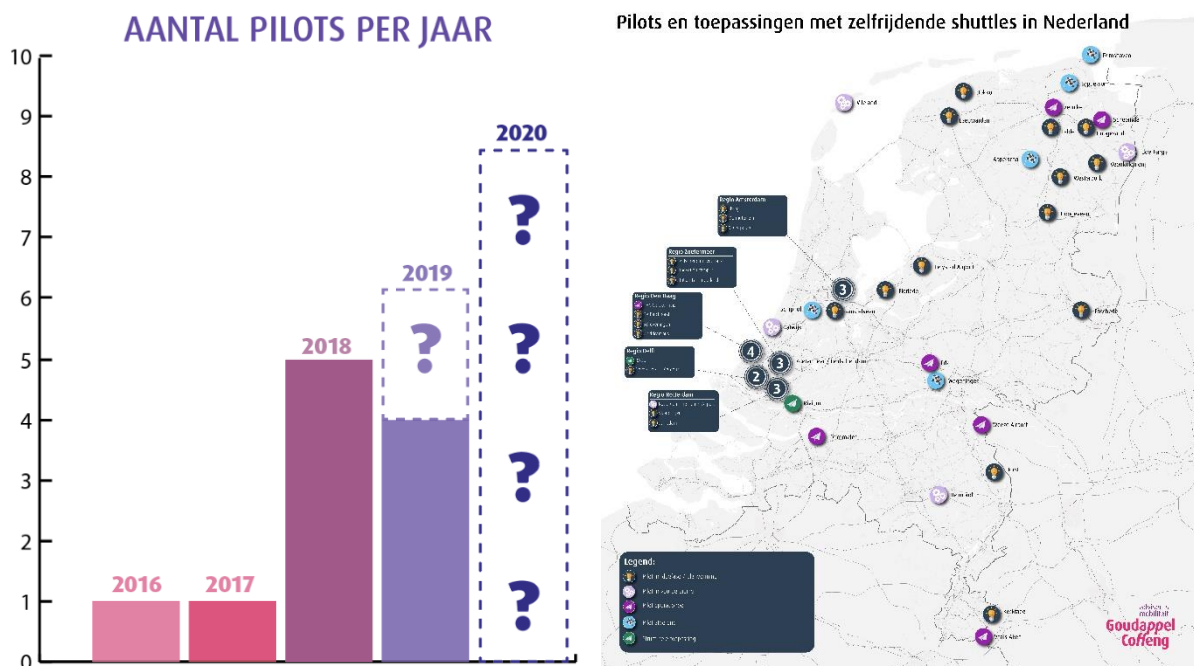
Het paper wordt afgesloten met een reflectie op de stand van de ontwikkelingen in Nederland, en een doorkijkje naar wat we de komende jaren nog zouden kunnen verwachten. Daarbij wordt er ook op het belang van het bundelen van de leerervaringen gereflecteerd.

#zelfrijdende shuttle #pilot #leren #smart mobility

1. Introductie en aanleiding

1.1 Toenemend aantal pilots met zelfrijdende shuttles

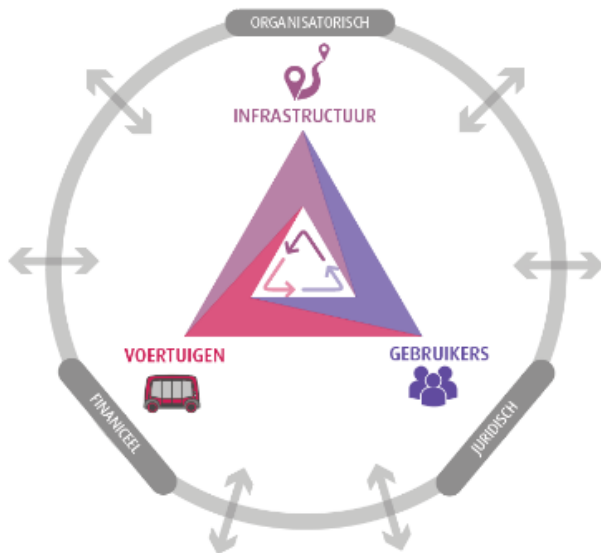
Sinds het einde van de jaren '90 rijdt er in Capelle aan den IJssel al een zelfrijdend voertuig, de Parkshuttle 1^e generatie op het bedrijventerrein Rivium (Boersma, et al., 2018). Deze shuttle rijdt op een eigen baan die afgesloten is van andere verkeersdeelnemers. In 2016 was de WePod in Wageningen de eerste pilot met zelfrijdende shuttles in gemengd verkeer (Boersma, et al., 2018). Lange tijd was dit de enige shuttle die Nederland kende, maar de afgelopen jaren volgden in een rap tempo vele nieuwe pilots. In 2017 was het de pilot in Appelscha die volgde. In 2018 nam het aantal nieuwe pilots flink toe: In totaal kwamen er 5 nieuwe pilots bij en werd het RADD geopend (Boersma, et al., 2018). In 2019 zijn er tot op het moment van schrijven weer 4 nieuwe pilots bijgekomen en de verwachting is dat er later dit jaar nog meer zullen volgen. Er zijn momenteel veel overheden en marktpartijen die met het idee spelen om een nieuwe pilot of toepassing met zelfrijdende shuttles op te zetten, de verwachting is daarom dat het aantal pilots de komende jaren allen verder zal toenemen. Een overzicht van de pilots per jaartal is weergegeven in figuur 1, voor een grote versie van de kaart zie bijlage A.



figuur 1: Aantal pilots met zelfrijdende shuttles per jaar in Nederland

1.2 Leren van pilots

De pilots raken aan het functioneren van de voertuigen, de benodigde infrastructuur en het gedrag van de reizigers. Dit complexe samenspel vormt het eco-systeem van zelfrijdende voertuigen, zie figuur 2.



figuur 2: Eco-systeem van zelfrijdende voertuigen

Kort gezegd is er veel waardevolle beslisinformatie op te doen in deze pilots. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft Goudappel Coffeng gevraagd om bij (betrokkenen bij) de pilots op te halen welke beslisinformatie over toekomstperspectief, toelating van zelfrijdende voertuigen, verkeersveiligheid, acceptatie en infrastructuur de pilots momenteel opleveren. Dit paper beschrijft de uitkomsten van deze inventarisatie.

2. Zelfrijdende shuttles, wat zijn het en waar zijn ze voor bedoeld?

2.1 Algemene kenmerken

In de wetenschappelijke literatuur is er nog geen eenduidige definitie van een zelfrijdende- of automatische shuttle. Het eerste deel van de term "zelfrijdend" slaat op de mate van automatisering waar het voertuig over beschikt en is duidelijk afgekaderd. Hiervoor zijn een vijftal levels gedefinieerd (SAE-International, 2018), deze levels hebben tegelijkertijd ook een nauwe relatie met het zg. Operational Design Domain (ODD, een benaming voor de set van situaties waarin voertuigen kunnen functioneren op een bepaald SAE-niveau; bijv. de verzameling infrastructuur waarbinnen een voertuig van een bepaald SAE-level kan opereren). Met een "shuttle" wordt (binnen de mobiliteitswereld) een kleinschalig voertuig bedoeld wat qua grootte tussen een personenauto en een reguliere bus in zit. De grootte suggereert eigenlijk al dat de voertuigen bedoeld zijn voor meerdere personen die het voertuig al dan niet delen gedurende een rit. Snelheden van de shuttles in huidige toepassingen en pilots variëren van 10-40 km/u en afstanden zijn kort, variërend van 300m tot aan enkele kilometers.

2.2 Functie in het vervoerssysteem

Zelfrijdende shuttles zijn voertuigen met een vaak aanzienlijk lagere capaciteit en snelheid dan veel OV voertuigen. Hierdoor zouden ze meer gericht kunnen zijn op het bedienen van een diffuus (in tijd of ruimte) vraagpatroon. Regulier OV en zelfrijdende shuttles hebben daarmee momenteel verschillende functies in het vervoerssysteem en zijn dus

complementair aan elkaar. Shuttles zouden gebruikt kunnen worden om de toegankelijkheid van het OV-systeem te verbeteren (Boersma, et al., 2018).

Er zijn ook andere modaliteiten die mogelijk concurreren (of complementair zijn aan) zelfrijdende shuttles, veelal veel gezondere modaliteiten zoals lopen en (deel)fietsen (Arcadis; TNO, 2018). Vanuit duurzaamheid- en welzijnsoogpunt is het niet wenselijk om met deze "gezonde" modaliteiten te concurreren. Daarom moet er bij de toepassing van zelfrijdende voertuigen ook goed gekeken worden welke markt er bediend wordt.

Echter de huidige pilots (m.u.v. Parkshuttle) zijn experimenteel ingericht en maken nu dan ook nog geen volwaardig deel uit van het vervoerssysteem. Op basis van de interviews is het wel de verwachting dat zelfrijdende shuttles binnen een aantal jaren een volwaardig onderdeel gaan uitmaken van het vervoerssysteem, functies passend bij de kenmerken van de modaliteit.

Concluderend

Kijkend naar bovenstaande uiteenzetting zou volgens de auteurs de volgende omschrijving passend zijn bij de huidige zelfrijdende shuttles:

"Een kleinschalig voertuig met een capaciteit voor circa 4-20 personen met behulp van automatisering (deels) zelfstandig kan rijden om een kleine- of diffuse (in tijd of ruimte) vervoervraag te bedienen; momenteel opereren zelfrijdende shuttles nog veelal over een korte afstand en met een beperkte snelheid."

3. Onderzoeksofzet

Bij veel pilots vindt er al op enige manier een vorm van (deelbare) evaluatie plaats. Echter doordat de pilots veelal lokaal georganiseerd zijn blijft de kennis en de geleerde lessen ook veelal lokaal hangen (Boersma, et al., 2018). Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft Goudappel Coffeng gevraagd om een inventarisatie te doen naar deze lessen, ze op te halen en te bundelen.

Middels een aantal face to face diepte-interviews van circa 1,5 uur per stuk is er met partijen gesproken die betrokken zijn bij de pilots over hun ervaringen ten aanzien van de onderwerpen van de kennisvragen. Deze onderwerpen zijn: disengagement, beleid van toelating en concessies, acceptatie, verkeersveiligheid, infrastructuur en opschaling. Er is met de volgende 7 partijen gesproken tussen mei en september 2019, in sommige gesprekken zijn er meerdere pilots behandeld:

- MRDH – Programmatrekker AVLM
- Provincie Groningen - Programmatrekker @North
- Future Mobility Network (FMN) – Whitelabel marktpartij
- Provincie Brabant – Facilitierende overheid
- Provincie Gelderland – Initierende overheid
- I-AT – Onderzoeksprogramma
- TU Delft – Kennisinstelling en RADD

Bovenstaande partijen verschillen van rol en betrokkenheid bij de pilots. Daarnaast is er een goede balans gevonden tussen marktpartijen enerzijds en overheden anderzijds. De uitkomsten uit bovenstaande diepte-interviews tezamen met de bestaande casestudies vormen de basis voor de bevindingen in dit paper. Van ieder gesprek is een gespreksverslag gemaakt, alle bovengenoemde partijen hebben deze ter controle ontvangen en daarop gereageerd.

Naast de diepte-interviews is er geput uit de bestaande evaluaties en kennisdocumenten zoals de casestudies in het STAD-programma (SURF-STAD, 2016).

Ten tijde van het schrijven van dit paper is de opdracht nog niet voltooid en zijn nog niet alle gesprekken met de beoogde partijen gevoerd, het artikel bevat dus een selectie van de uiteindelijke bevindingen.

In de volgende hoofdstukken wordt een aantal bevindingen uit de onderzochte pilots beschreven.

4. Het pilotlandschap

Een pilot realiseer je niet alleen. Bij iedere pilot is er een groot samenspel aan actoren betrokken. Per type pilot verschilt ook het type actoren. Zo zijn bij onderzoekspilots veelal meer technische partijen betrokken terwijl bij pilots waar de nadruk op de reiziger ligt, veelal OV-bedrijven betrokken zijn. Het aantal bedrijven dat zich op de "zelfrijdende markt" bevindt is groot en neemt nog verder toe in rap tempo (MRDH, 2017).

Voor de pilots in Nederland maakten de auteurs een inventarisatie van de betrokken partijen en categoriseerden ze in achtal categorieën:

- OV Vervoerders: zoals HTM, Arriva/DB, Connexxion/Transdev;
- White label partijen: Future Mobility Network, Rebel Automated Shuttles;
- Voertuigleveranciers: Navya, 2getthere, Easymile;
- Diverse technologiebedrijven, zoals: NVIDIA, KPN, RoboTuner/GreenDino Tom Tom.
- Overheden: Gemeenten, Provincies, OV-autoriteiten, regionale samenwerkingsverbanden;
- Certificeringsinstanties: RDW, SWOV;
- Onderzoeksinstituten: TU Delft, BUAS, RUG;
- Overige deelnemers: bedrijven, ziekenhuizen, lokale ondernemers.

De samenstellingen van de betrokken partijen verschillen per pilot en zijn afhankelijk van de doelstellingen van de pilot. Zo zijn overheden soms opdrachtgever terwijl ze in andere pilots als faciliterende partij (bijv. als wegbeheerder) optreden. Bij nagenoeg alle pilots is een OV-vervoerder betrokken. In Nederland zijn momenteel Arriva, HTM en Connexxion betrokken bij de pilots of toepassingen met zelfrijdende shuttles. Keolis heeft in het buitenland de nodige ervaring, maar is nog niet actief in Nederland. Samenwerken met een OV-bedrijf wordt als een van de factoren gezien voor een succesvolle realisatie van een pilot aangezien men al de nodige ervaring heeft met de operationele aspecten van OV en reeds in het bezit zijn van een meldkamer.

Het aantal voertuigleveranciers waar een shuttle “van de plank” gekocht kan worden is momenteel beperkt tot 3 in Nederland. In het buitenland zijn er wel nog andere partijen actief, echter zijn deze nog niet tot de Nederlandse markt toegetreden. Daarnaast is er een aantal initiatieven waarbij bestaande voertuigen worden omgebouwd tot zelfrijdende voertuigen. Met slechts 3 gevestigde voertuigleveranciers is het een pril ecosysteem waarin nog maar beperkt concurrentie kan plaatsvinden zonder dat het ten koste gaat van de kwaliteit van de voertuigen.

Onderzoeksinstellingen spelen een belangrijke rol in het beantwoorden van de leervragen en doelstellingen van de pilot. Daarnaast brengen ze vaak technische kennis in. RDW en SWOV zijn bij iedere pilot betrokken aangezien deze partijen gezamenlijk een ontheffing moeten verlenen voor het doen van een proef met zelfrijdende voertuigen. De technologiebedrijven zijn met name actief binnen pilots waar de onderzoeksdoelstellingen gerelateerd zijn aan het technisch verbeteren van het functioneren van de voertuigen.

4.1 Verschillen in aanpak en opzet pilots

Bij de pilots in Nederland is er een tweedeling zichtbaar in de organisatie van de pilots. Een deel van de pilots wordt vanuit de overheid georganiseerd. De (regionale/lokale) overheid heeft hier een sturende rol. Bij deze pilots ligt de regie bij de overheid, en worden vanuit deze positie andere relevante partijen betrokken. Een voorbeeld hiervan is het WePods project of het onderzoeksprogramma @North (@North, 2019). De overheid borgt hier ook de kennisontwikkeling van een pilot. Technische kennis zit bij de overheden zelf en ze hebben veelal rechtstreeks contact met de voertuigleveranciers zelf. Bij deze vorm is de overheid vaak ook de voornaamste financierende en risicodragende partij.

Bij de andere pilots komen de initiatieven wel vanuit de (veelal lokale) overheid, maar worden ze ingevuld door marktpartijen. Voorbeelden hiervan zijn de pilot in Drimmelen en de pilots binnen het AVL-programma in de MRDH (MRDH, 2017). Bij deze pilots worden veelal consortia van marktpartijen gevormd die de pilots moeten gaan realiseren en uitvoeren. Deze marktpartijen leggen momenteel vaak ook nog zelf geld in om pilots te realiseren. Bij deze groep is kennisontwikkeling veel meer op het niveau van individuele pilots gericht en de risico's zijn, getuige de interviews, veelal ondergebracht bij de marktpartijen.

Gedurende de interviews is duidelijk geworden dat er een spanningsveld bestaat in het delen van informatie, die o.a. resulteert uit de rol van stakeholders. Kennis die wordt opgedaan in de door de overheid geregisseerde pilots is in principe publiek toegankelijk, echter de kennis die door de marktpartijen wordt opgedaan maakt veelal onderdeel uit van een commerciële insteek en hierdoor deelt men deze minder snel met andere partijen. Dit spanningsveld wordt door veel partijen als een belemmering ervaren in de kennisontwikkeling rondom de zelfrijdende shuttles.

4.2 Doelstellingen van de pilots

Uit de gesprekken komt een duidelijke centrale thema naar voren ten aanzien van het realiseren van de pilots: “learning by doing”. Echter zijn daar diverse doelstellingen voor, die per pilot verschillen. De doelstellingen evolueren naarmate er meer geleerd is. In 2016

was bijvoorbeeld nog de primaire doelstelling van de pilot in Appelscha het doorlopen van het ontheffingsproces en het daadwerkelijk op de weg krijgen van een zelfrijdende shuttle. De doelstellingen van de recentere pilots (bijv. Scheemda 2018) voorziet naast het leren ook daadwerkelijk in het voorzien van een vervoersbehoefte. Binnen veel pilots ligt echter ondanks een hogere doelstelling de primaire focus nog steeds op de relatie tussen de infrastructuur en het functioneren van de voertuigen. Uit de interviews kwam naar voren dat het daadwerkelijk laten rijden van een voertuig een cruciale draagvlakfactor is, en ook als een mate van succes wordt gezien door de media en het publiek.

Ook de onderzoeksprogramma's hebben onderscheidende doelstellingen. Binnen het AVLM-programma is de overkoepelende doelstelling niet zo zeer gerelateerd aan het functioneren van de voertuigen zelf, maar heeft het een economische doelstelling. Namelijk het inspelen op de digitalisering en het creëren van arbeidsplaatsen in deze sector. Het @North programma kent juist een veel meer vervoerkundige doelstelling, namelijk het beschouwen of zelfrijdende shuttles een alternatief kunnen zijn voor het OV in rurale gebieden.

5. Ervaringen uit de pilots

Bij het ophalen van de geleerde lessen zijn er een heleboel interessante resultaten naar voren gekomen. In dit paper behandelen we de geleerde lessen op het vlak van het functioneren van het voertuig, beleid en organisatie en infrastructuur. In de uiteindelijke rapportage zal een veel breder spectrum aan geleerde lessen worden beschreven.

5.1 Functioneren van de voertuigen

We hebben gekeken naar het functioneren van de voertuigen in de pilotomstandigheden, en hebben onderscheid gemaakt in disengagement (uitschakelen) door het systeem, weersomstandigheden en het inregelen van de shuttles. NB Onderstaande aspecten zijn slechts een selectie uit de aspecten die het functioneren van de onderzochte voertuigen beïnvloeden.

Disengagement

Voor het onderdeel disengagement wordt onderscheid gemaakt tussen geplande en ongeplande onderbrekingen van de automatische rijmodus. Geplande onderbrekingen van de automatische rijmodus zijn doelmatig ingepland om de veiligheid te kunnen borgen of om bepaalde functionaliteiten van het voertuig te kunnen onderzoeken. Ongeplande onderbrekingen zijn onderbrekingen van de automatische rijmodus die niet vooraf programmeerbaar zijn of onverwacht optreden dankzij lokale pilotomstandigheden.

In de Nederlandse pilots worden door middel van geplande stops complexe interactiemomenten met overige weggebruikers gecontroleerd. Op deze geplande stops neemt de steward tijdelijk de controle over. De automatische rijmodus wordt bijvoorbeeld in Scheemda ook planmatig meerdere keren tijdens de route onderbroken. Deze geplande stops lagen bijvoorbeeld bij kruisingen met fietsers en voetgangers, bij kruisingen met onvolledig zicht of bij kruisingen met hulpdiensten. De geplande stops zijn stapsgewijs afgebouwd naarmate het veilig bleek. Bij de WePods werd de automatische rijmodus gepland onderbroken bij kruisingen met de busbaan of met overig verkeer. Na observatie van de verkeerssituatie door de steward werd de automatische rijmodus weer

ingeschakeld. Daarnaast wordt bij het halteren (het stoppen bij een halte om reizigers te laten in en uitstappen) de automatische rij-modus onderbroken.

In de pilots wordt de automatische rijmodus meermaals ongepland onderbroken. Er zijn diverse oorzaken voor deze ongeplande onderbreking van de automatische rijmodus

Ten dele zijn de ongeplande onderbrekingen te herleiden naar de technische prestaties van het systeem:

- Wegvallen van het gps-signaal, waardoor het voertuig afwijkt van de geprogrammeerde route. Dit komt in meerdere pilots voor;
- Bij de pilot in Weeze zorgde extreme hitte (zie ook weersomstandigheden) voor het oververhitten van de boordcomputers;
- In Scheemda kruist de route van de shuttles met de uitrukroutes voor de ambulance en de brandweer. Doordat de shuttles nog niet technisch in staat zijn te communiceren en te acteren op een uitruksituatie, zijn de stewards voorzien van pieper om in geval van een uitruk uit voorzorg de automatische rijmodus te onderbreken om eventuele hinder van de hulpdiensten te voorkomen;
- In de pilot bij Drimmelen is er een auto bij het verlaten van een parkeervak tegen de zelfrijdende shuttle aangereden. Hierdoor is de shuttle tot stilstand gekomen. Hierbij zijn geen gewonden gevallen, en het is een ongeluk die ook bij regulier verkeer regelmatig voorkomt. Er loopt momenteel een onderzoek naar de verdere oorzaken;
- Het foutief detecteren van een object wat niet herkend wordt door het voertuig of wat niet bestaat, zie ook de externe invloeden.

Het overige deel wordt veroorzaakt door externe invloeden binnen de pilotomstandigheden. Een breed scala aan oorzaken treedt op in de Nederlandse pilots. Een belangrijk deel van de onderbrekingen worden veroorzaakt door het onderbreken van de virtuele veiligheidsruimte rondom het zelfrijdende voertuig:

- Inhalende auto die de zelfrijdende shuttle te krap passeert;
- Fietser binnen de veiligheidsruimte;
- Geparkeerde auto's binnen de geprogrammeerde route;
- Verandering van de gebouwde omgeving langs de route;
- Werkzaamheden langs de route;
- Bermbegroeiing (hoog gras) en bladeren;
- Begroeiing van de weg zoals onkruid;
- Kleine bewegende objecten zoals een vogel, een wapperend afzetlintje of een paraplu.

Weersomstandigheden

Op dit moment mogen de shuttles nog niet onder alle weersomstandigheden rijden. De pilots lijken tot nu toe in het algemeen echter goed binnen de tot nu toe voorgekomen weersomstandigheden te kunnen opereren, zelfs in zware regenval. Tot nu toe is hierop één uitzondering geweest, zo had de shuttle in Weeze last van oververhitting van de boordcomputers bij extreme hitte (+35 °C). Tijdens de dagen waarop deze extreme hitte optrad zijn er aanpassingen aan de dienstregeling gedaan om het voertuig voldoende tijd te gunnen om te kunnen koelen.

Inregelen van de shuttles

Het inregelen en testen van de shuttles vindt op verschillende manieren plaats. Zo zijn de pilotomstandigheden van de HAGA-shuttle in Lelystad op een afgesloten terrein bij de RDW nagebootst. Bij veel pilots binnen het Autonoom Vervoer Noord programma wordt simulatie ingezet om shuttles vooraf kennis te laten maken met verschillende verkeerssituaties langs de route. De software van de shuttles wordt dan in de simulatieomgeving ingeladen, het voertuig berijdt de route in de simulatieomgeving en ondergaat diverse verkeerssituaties (bijv. spelend kind met een bal, mensen die achter een halterende bus vandaan komen en oversteken). Na de simulatie wordt de software weer terug in het voertuig geladen, inclusief de nieuwe leerervaringen. Daarnaast worden shuttles ook op de daadwerkelijke route geplaatst om de route in te meten, dit gebeurt veelal op een afgesloten route of onder de supervisie van een bestuurder. De benodigde tijd voor het inregelen lijkt in veel pilots veelal overschat te worden.

5.2 Beleid en organisatie

Businesscases

Het uitvoeren van een pilot met zelfrijdende shuttles is voor marktpartijen momenteel niet mogelijk zonder overheidssubsidie. De kosten voor de techniek zijn nog te hoog om een sluitende business case te kunnen maken. Een voorbeeld hiervan is de pilot met zelfrijdende shuttles tussen Rotterdam The Hague Airport en metrohalte Meyersplein. Deze is in 2016 door de Verkeersonderneming als tender uitgebracht op de marktplaats voor infrastructuur. Er waren drie partijen/consortia geïnteresseerd (2getthere, APPM-Engie-Nissan-Connexion, RET), maar uiteindelijk heeft geen enkele partij ingeschreven (Boersma, et al., 2018).

Concessies

Ondanks dat er bij nagenoeg alle pilots een OV-bedrijf betrokken is, is geen van alle pilots gekarakteriseerd als OV en worden de pilots buiten de bestaande concessies om georganiseerd (met toestemming van de concessieverlener)¹. Wel is er binnen veel van de bestaande OV-concessies ruimte om innovaties zoals zelfrijdende shuttles binnen de lopende concessie op te nemen. De voornaamste reden om de pilots nog niet onder te brengen in een OV-concessie is om voldoende experimenteeruimte te bieden. Als een pilot als OV wordt gekarakteriseerd zitten daar ook eisen ten aanzien van betrouwbaarheid, rituitval etc. aan vast en dient er voor het vervoer betaald te worden. Dit is tegenstrijdig met het experimentele karakter van de huidige pilots.

5.3 Infrastructuur en interactie overige weggebruikers

Om de pilotlocaties geschikt te maken voor zelfrijdende shuttles en het functioneren van het voertuig te kunnen waarborgen is een aantal aanpassingen aan de infrastructuur gedaan. Onderstaande lijst is een samenvatting van de aanpassingen die in de pilots in Nederland zijn gedaan. De aanpassingen zijn per pilot verschillend en hangen af van de lokaal geldende randvoorwaarden.

- Extra belijning toevoegen;
- Bermen snoeien;

¹ De Rivium Parkshuttle is momenteel in een losse OV-concessie ondergebracht.

- Voorrangssituatie gewijzigd;
- Verbreden van de beschikbare infrastructuur;
- Verlagen van de lokale snelheid;
- Hekken langs de route;
- Verkeerslichten voorzien van communicatie;
- Het plaatsen van extra bakens langs de route geplaatst, zodat het voertuig extra herkenningspunten langs de route heeft;
- Verder wordt er veelal extra bebording in het pilotgebied neergezet, om overige weggebruikers alert te maken op de testlocatie van een zelfrijdende shuttle.

Het merendeel van de aanpassingen wordt voorafgaand aan een pilot gedaan vanuit veiligheidsperspectief (bijv. snelheid verlagen, verkeersborden en hekken plaatsen), of op basis van ervaringen uit eerdere pilots (bijv. bermen snoeien, verbreden van infrastructuur). Het aanpassen van een voorrangssituatie en het toevoegen van extra bakens wordt veelal tijdens het inregelen of testen van het voertuig bepaald.

Uit de interviews werd duidelijk dat in veel pilots er in het voorbereidingstraject van de pilot, door de voertuigleveranciers veelal een rooskleuriger beeld geschetst ten aanzien van de benodigde infrastructurele aanpassingen. Vaak bleek bij het inregelen dat er toch een aantal aanvullende maatregelen nodig waren, of dat bepaalde beoogde routes vanwege infrastructurele complexiteit niet gereden konden worden (bijv. door grote bomen).

Interactie met overige weggebruikers

Er vindt interactie met voetgangers, fietsers, auto's en hulpdiensten plaats in de Nederlandse pilots. In iedere pilot vindt er een ander samenspel plaats. Alle shuttles zijn elektrisch uitgevoerd en zijn daardoor erg stil, om ze te laten opmerken door overige weggebruikers is een "trambel" geïnstalleerd, daarnaast beschikken de shuttles over een claxon die door de steward bedient kan worden. De overige weggebruikers worden bij nagenoeg alle pilots gewaarschuwd middels bebording, zie figuur 2. Er vindt nagenoeg geen communicatie plaats tussen de shuttles en de overige weggebruikers waarin het rijgedrag van de shuttles wordt aangeduid. Enkel de WePods hebben een lichtbalk aan de buitenkant van het voertuig waarop korte mededelingen geplaatst kunnen worden.

De voetganger wordt door de betrokken partijen als het meest onvoorspelbaar gekarakteriseerd. Deze wordt dan ook in een aantal pilots door middel van belijning gescheiden van de shuttles, zie figuur 3.



figuur 3: HAGA Shuttle op de route naar het ziekenhuis, afscheiding tussen voetgangers en de shuttle

In de Nederlandse pilots worden door middel van geplande stops complexe interactiemomenten met overige weggebruikers gecontroleerd. Op deze geplande stops neemt de steward tijdelijk de controle over. In Scheemda waren veel fietsers al bekend met een voertuig (golfkarretje) op hun route, dit heeft positief bijgedragen aan de acceptatie van de zelfrijdende shuttles. In Appelscha is er op kruisingen met op en afritten van de provinciale weg N381 gebruik gemaakt van verkeersregelaars om de interactie tussen de zelfrijdende shuttle en het autoverkeer te ondersteunen, zie figuur 4.



Figuur 4: Verkeersregelaar en Easymile EZ-10 voertuig bij de kruising tussen de route en de op en afritten van de provinciale weg N381

6. Reflectie en Vervolg

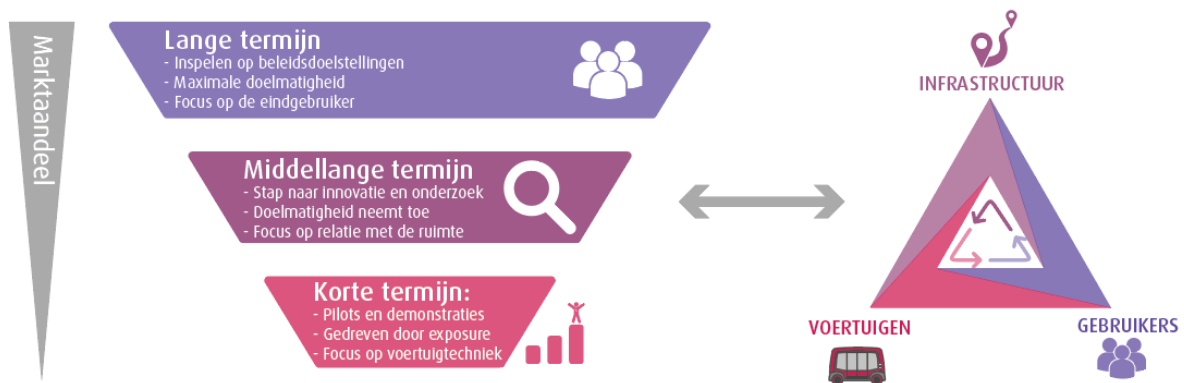
Sinds 3 jaar vinden er in Nederland pilots met zelfrijdende shuttles plaats. Het aantal pilots neemt steeds sneller toe en ook de technische mogelijkheden bij de pilots neemt ook sterk toe. Hierdoor neemt ook het belang om de leerervaringen te bundelen toe. In de wetenschappelijke literatuur ontbreekt de definitie voor een zelfrijdende shuttle, de auteurs stellen de volgende definitie voor:

"Een kleinschalig voertuig met een capaciteit voor circa 4-20 personen wat op een korte afstand, met een beperkte snelheid en met behulp van een bepaalde mate van automatisering (deels) zelfstandig kan rijden om een kleine- of diffuse (in tijd of ruimte) vervoervraag te bedienen."

De focus in de huidige pilots ligt momenteel vooral nog op de relatie tussen de voertuigen en de infrastructuur, wat logisch is gezien de relatief korte tijd waarin er pilots plaatsvinden. Pilots hebben nog een kortdurend karakter en worden vooral nog gedreven door exposure en ontwikkeling in de voertuigtechniek. Het is belangrijk om te beseffen dat we momenteel nog maar 3 jaar in de ontwikkeling van zelfrijdende shuttles in gemengd verkeer zitten en dat er nog een hoop uitdagingen zijn te overwinnen. Dit is ook duidelijk zichtbaar in de infrastructurele aanpassingen en de geplande en ongeplande stops van de voertuigen.

Zelfrijdende shuttles vervullen een aanvullende functie in het vervoerssysteem, ze worden toegepast op korte afstanden met een beperkte verkeerskundige complexiteit. Met beperkte infrastructurele aanpassingen kunnen de zelfrijdende shuttles op een aantal niet complexe locaties in gemengd verkeer worden toegepast. In de pilots in Nederland wordt stapsgewijs de moeilijkheid van de technisch functioneren van de voertuigen verhoogd. Bij het realiseren van pilots is er tweedeling in rollen zichtbaar, de markt en de overheid. Het delen van lessen tussen deze twee partijen is volgens verschillende geïnterviewden een belangrijk aandachtspunt.

In figuur 5 staan een drietal fases weergegeven waarin de ontwikkeling van zelfrijdende voertuigen staan beschreven. De ontwikkeling van zelfrijdende shuttles zitten momenteel tussen de korte en middellange termijn.



figuur 5: Toepassingstermijnen van zelfrijdende voertuigen

De huidige pilots zijn, of worden allemaal nog, gerealiseerd met behulp van overheidssubsidie. Vanuit de interviews komt het beeld naar voren dat, om tot een gezonde business case te komen, het technisch functioneren van de voertuigen nog verder verbeterd dient te worden. Daarnaast vindt men het belangrijk de focus langzaam te verschuiven naar de eindgebruiker als het technisch functioneren verbeterd is.

De auteurs concluderen dat het wenselijk is dat de pilots hun opgedane leerervaringen ook in de aankomende jaren blijven bundelen, hiermee wordt een versnelling in de technologische bewerkstelling en voorkomt dat het spreekwoordelijke wiel in meerdere pilots opnieuw uitgevonden gaat worden. Onderlinge concurrentie tussen pilots zou hierbij voorkomen moeten worden, ook het spanningsveld tussen de overheids- en de markt geregisseerde pilots draagt hier niet positief aan bij. Door niet enkel leerervaringen te delen maar ook onderzoeksdoelstellingen onderling af te stemmen kunnen er grote stappen gemaakt worden in de aankomende jaren.

7. Bibliografie

@North, 2019. <https://www.at-north.nl/festival/>. Available at: <https://www.at-north.nl/festival/> [Geopend 2019].

Arcadis; TNO, 2018. *Impactstudie Autonome Voertuigen*, Amsterdam: Provincie Noord Holland.

Boersma, R., Kort, M., van Arem, B. & Rieck, F., 2018. Rotterdam The Hague Airport: an analysis of the application of automated vehicles at Rotterdam the Hague Airport as part of the tender 'Marketplace for Infrastructure'. *ITS World Congress*.

Boersma, R., Mica, D., van Arem, B. & Rieck, F., 2018. *Driverless electric vehicles at Businesspark Rivium near Rotterdam (the Netherlands): from operation on dedicated track since 2005 to public roads in 2020*. Kobe, Japan, SURF-STAD.

Boersma, R., Scheltes, A. & van Oort, N., 2018. *Automatische voertuigen; kans of bedreiging voor het OV in Nederland?*. sl, Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk.

Boersma, R., 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*.

MRDH, 2017. *Marktverkenning AVL: Metropoolregio Rotterdam Den-Haag*.

SAE-International, 2018. *SAE International Releases Updated Visual Chart for Its “Levels of Driving Automation” Standard for Self-Driving Vehicles*. Available at: <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles>

Scheltes, A., Ackerman, H. & Heida, P., 2018. *Help mijn wethouder wil een zelfrijdend voertuig*. Amersfoort.

SURF-STAD, 2016. *Spatial and Transport impacts of Automated Driving*. [Online] Available at: <http://stad.tudelft.nl/> [Geopend september 2019].

Pilots en toepassingen met zelfrijdende shuttles in Nederland

