

Proef inzet H2-inzamelvoertuig in heuvelachtig gebied

Eindrapport Rijkswaterstaat

Projectnaam/Opdracht

Referentienummer: 4300104309

Voortgangsverslag proef RD4

Penvoerder naam: **Rd4**, (Elmar Gehlen - Manager Facilitair, ICT & Technische dienst)

Ondersteuner naam: **WaterstofNet** (Stefan Neis, projectmanager)

Opdrachtgever informatie:

Rijkswaterstaat

Afdeling Duurzame Mobiliteit, Energie en Klimaat

| Griffioenlaan 2 | 3526 LA Utrecht

Contact:

Tim van Meyl

Wilco Fiechter

Inhoud

Aanleiding van het project/ deze opdracht.....	3
Doel van het RWS project	3
Het convenant Duurzame voertuigen en brandstoffen in de Reinigingsbranche.....	3
Het RWS project in de praktijk	4
Uitwerking onderzoeksopdracht Project RWS	4
Buitenlandervaringen: Waterstof (hybride) elektrische vuilniswagens.....	22
Specificaties Truck [E-Trucks Europe H2 FCEV-RE].....	6
Specificaties Tankstation.....	9
Resultaten van het project	13
Operationele data 29/10/2024	15
Datamonitoring H2Rent volledige proef Rd4	17
Resultaten van de RWS onderzoeksvraag: “minimaal motorvermogen in heuvelachtige omstandigheden”	19
(Overige) Gerealiseerde resultaten waterstof	20
Aanvullende proef met een batterij elektrische truck (BEV)	22
Specificaties laad-infrastructuur bij Rd4	30
Conclusie(s) en aanbevelingen van het project / de opdracht van RWS	31
Vooruitblik / prospectie zero emissie afvalinzameling in het Rd4 verzorgingsgebied.....	33

Aanleiding van het project/ deze opdracht

De uitdaging waar Rd4 voor staat richting de toekomst met het oog op verduurzaming van de vloot.

En de opportuniteit om mee te stappen in het H2Rent verhaal en de ervaring gaan opdoen middels een korte duur demonstratie. Dit houdt in gebruik en operatie van een afval inzamel voertuig op waterstof (fuelcell) én de combinatie met een (noodzakelijk) mobiel waterstof tankstation op locatie van Rd4

Begin september 2024 startte Rd4 met een proef om ervaringen op te doen met de inzet van een vuilniswagen op waterstof. Gegeven het verzorgingsgebied van Rd4, Zuid-Limburg, was er behoefte om ervaring op te doen met een elektrisch aangedreven inzamelvoertuig in een heuvellandschap. Dit om te bezien hoe een dergelijk voertuig in alle voorkomende operationele diensten van Rd4 functioneert. Het ging in deze proef om een waterstof-elektrisch (FCEV) aangedreven vuilniswagen van E-Trucks Europe, dat al eerder in het H2-RenT-project (van WaterstofNet) is ingezet. De energievoorziening, de levering van waterstof, voor het voertuig wordt verzorgd door WaterstofNet. WaterstofNet heeft daartoe al een mobiel waterstoftankstation geplaatst bij Rd4, op het terrein van de eigen op- en overslaglocatie. In september volgde ook gemeentelijke toestemming voor het gebruik van de tijdelijke installatie.

In het kader van het DKTI H2Rent project heeft Rd4 i.s.m. WaterstofNet een proef uitgevoerd met een waterstof-elektrisch aangedreven vuilniswagen van E-Trucks Europe in Zuid-Limburg. Uniek aan deze proef is met name het opdoen van operationele ervaringen in een heuvelachtig gebied.

Doel van het RWS project

Verkenning naar “uitdagingen bij het verduurzamen van het wagenpark”, en vanuit het ministerie gericht onderzoek laten doen om de sector hierbij te helpen.

Het convenant Duurzame voertuigen en brandstoffen in de Reinigingsbranche

In dit convenant werkt het ministerie van IenW samen met een groot aantal partijen in de reinigingsbranche aan de introductie en uitrol van zero emissie-voertuigen. Dit als onderdeel van het Klimaat Akkoord en andere nationale en Europese afspraken m.b.t. CO2-reductie. In dit kader werkt het ministerie van IenW, met Rijkswaterstaat als uitvoeringorganisatie, aan kennisopbouw rond zero emissie reinigingsvoertuigen en het delen van deze kennis. Het ondersteunen van Rd4 bij de communicatie rond de voorgenomen proef past uitstekend in de activiteiten van het convenant. Het stimuleren en organiseren van kennisdeling is een kernactiviteit van het convenant.

Het RWS project in de praktijk

- Rd4 gaat een proef met een FCEV-vuilmiswagen uitvoeren, om ervaringen in de praktijk en inzetgebied van Rd4 op te doen.
- Duur van de proef: 2 tot 3 maanden
- Operationele begeleiding door WaterstofNet.
- Evaluatie van de proef, incl. aanbevelingen voor vervolg.
- Inventarisatie van ervaringen met soortgelijke proeven met elektrische (BEV en FCEV) voertuigen in eigen of vergelijkbare inzetgebieden in het buitenland.
- Presentaties, incl. een eindpresentatie met bevindingen van de proef.

Uitwerking onderzoeksopdracht Project RWS

In het kader van dit project zijn vooraf activiteiten beschreven die door Rd4 als volgt zijn uitgewerkt:

- 1) *Eindrapportage en eindpresentatie van de resultaten van de proef, incl. de aanbevelingen voor het vervolg. De rapportage mag ook in PPT en kan dan ook direct dienen als presentatie. Onderdeel van deze presentatie is o.a.*
 - a) *inzicht in de operationele ervaringen van de inzet van een ZE-voertuig in heuvelachtig gebied. Te denken valt aan het motorvermogen bij heuvelop rijden, weggrijden vanuit stilstand op een helling, afdalen en regeneratie en de impact op het energieverbruik. Maak de conclusies ook bruikbaar voor andere inzetgebieden in Nederland, zoals bijvoorbeeld van toepassing bij het rijden door tunnels en over bruggen.*
 - b) *Inzicht in de ervaring van de inzet van een FCEV incl. de waardering door rijdend personeel, en inzicht in de operationele kosten. Zo mogelijk inclusief inzicht in de investeringskosten, operationele kosten (onderhouds- en energiekosten), samengevat in een TCO (Total Cost of Ownership).*
 - c) *Ook de ervaringen met het mobiel waterstoftankstation zijn interessant om te delen, incl. een beeld over de procedures m.b.t. vergunning omgevingswet (met input van WaterstofNet).*

>>> Deze rapportage vormt de uitwerking van dit onderdeel.

- 2) *Deze presentatie kan eventueel ook door WaterstofNet georganiseerd en gehouden worden (Rd4 besteedt de presentatie dan uit aan WaterstofNet). En kan ook onderdeel zijn van een bredere eindpresentatie van het H2-RenT-project (in overleg).*

>>> Op 9 december 2024 is op de hoofdlocatie van Rd4 's middags door WaterstofNet het DKTI-H2Rent eindevent georganiseerd. Rd4 heeft hier de eigen bevindingen gedeeld. Dit event is door ca. 35 genodigden bezocht met landelijke spreiding.

Bijgevoegd de PowerPointpresentatie van dit event.

- 3) *(Laten) presenteren van de ervaringen en bevindingen met rijden op waterstof voor regionale ondernemers (in Zuid-Limburg). Deze presentatie kan eventueel samen met andere, regionale initiatiefnemers in Zuid-Limburg. Het doel hiervan is gezamenlijk de mogelijkheden voor de inzet van waterstof te verkennen en de samenwerking hierin te intensiveren.*

>>> Op 9 december 2024 is door Rd4 op diens hoofdlocatie in de ochtend een regionaal H2 event georganiseerd. Hierbij waren ca. 35 genodigden aanwezig; ondernemers uit de regio vanuit met name de logistiek, industrie en overheid.

Bijgevoegd de PowerPointpresentatie van dit event.

- 4) *Inventarisatie (laten) doen en rapportage (laten) maken van de ervaringen met elektrisch aangedreven (BEV en/of FCEV) afvalinzamelingsvoertuigen in Europa, met een soortgelijk inzet als in Zuid-Limburg.*

>>> Zie hoofdstuk "Buitenlandervaringen: Waterstof (hybride) elektrische vuilniswagens" (pagina 22).

Specificaties Truck [E-Trucks Europe H2 FCEV-RE]

Het door Rd4 gebruikte voertuig, kaderend binnen het DKTi-H2Rent project is een achterlader van E-Trucks Europe H2. Dit voertuig is een DAF 6x2 met voorloop-as, waarop een Geesink opbouw met een rolcontainer opname voor rolcontainers van verschillende maten gemonteerd is. Hiermee kan het voertuig een groot deel fracties inzamelen.



Het basis-chassis bevat een elektrische drijflijn met een elektromotor, gemonteerd onder de cabine, met daaraan een Allison versnellingsbak en een (hydraulische) PTO die dan via het differentieel verbonden is aan de aangedreven achteras. Dit "achterlader"-chassis is uitgerust met 2 batterijpakketten, één aan iedere kant van het voertuig, gepositioneerd tussen de voorwielen en de (eerste) achteras. Het batterijpakket heeft een totale capaciteit van 136kWh dat wordt aangevuld met de zogenaamde "range-extender" op waterstof. Het waterstof systeem bestaande uit een 30kW brandstofcel en de tanks, met een gezamenlijke inhoud van 15kg op een druk van 350 bar, verzorgen nog eens extra energie aan het voertuig. Buiten dat het voertuig de waterstof snel¹ kan tanken, o.a. bij openbare tankstations, kan het voertuig ook het s' nachts langzaam bijgeladen worden via een stekker. Tevens is het nachtelijk stekkeren bedoeld om de batterij in een goed conditie te houden alsook, de antivries beveiliging voor de brandstofcel. Deze mag niet bevriezen!

Naam	H2R.08
Type	E-Trucks Europe
As-configuratie	6x2
Opbouw	Achterlader
H2 opslag	15 kg
Fuel Cell	30kW (Hydrogenics)
E-Motor	PEM (300kw)
Accupakket (kWh)	136 kWh

¹ Bij het mobiele tankstation dat gebruikt wordt binnen het DKTi-H2Rent project, duurt een tankbeurt tussen de 20 en 50 minuten, afhankelijk van de buitentemperatuur, als ook de vulgraad van de aanwezige trailer voorraad.

Overige gegevens van het voertuig volgen onderstaand uit de database van de RDW:

E-TRUCKS EUROPE CF FAG HYDROGEN ELECTRIC HYBRID		Vul hier uw kenteken in 85-BNL-5
Overzicht Motor & Milieu Technisch Fiscaal		
Algemeen		
J	Voertuigcategorie	Bedrijfsauto (N3)
	Carrosserietype	Vrachtwagen (BA)
	↳ Carrosseriecode	Vuilniswagen (18)
	Speciale doeleinden	Overig voertuig voor speciale doeleinden (SG)
	Inrichting	vuilniswagen
D.1	Merk	E-TRUCKS EUROPE
D.2	Type	M4GN3
D.2	Variant	Niet geregistreerd
D.2	Uitvoering	Niet geregistreerd
D.3	Handelsbenaming	CF FAG HYDROGEN ELECTRIC HYBRID
K	Typegoedkeuringsnummer	Niet geregistreerd
	Aantal eigenaren privé / zakelijk	0 / 3
Vervaldata en historie		
	Vervaldatum APK	11 september 2025
	Vervaldatum tachograaf	11 september 2026
	Datum eerste tenaamstelling in Nederland	14 juni 2019
B	Datum eerste toelating	14 juni 2019
	Datum inschrijving voertuig in Nederland	19 juni 2019
	Registratie datum goedkeuring	12 augustus 2022
I	Datum laatste tenaamstelling	20 oktober 2022
	Tijdstip laatste tenaamstelling	14:50 uur
Gewichten		
G	Massa rijklaar	17015 kg
	Massa ledig voertuig	16915 kg
F.1	Technische max. massa voertuig	27000 kg
F.2	Toegestane max. massa voertuig	27000 kg
F.3	Maximum massa samenstel	Niet geregistreerd
	Aanhangwagen middenas geremd	Niet geregistreerd
	Aanhangwagen autonoom geremd	Niet geregistreerd
	Oplegger geremd	Niet geregistreerd
O.2	Aanhangwagen ongeremd	Niet geregistreerd

U.3	Geluidsniveau rijdend	79 dB(A)	i
P.2	Nettomaximumvermogen	<i>Niet geregistreerd</i>	i
P.2	Nominaal continu maximumvermogen	140,00 kW	i
	Maximum vermogen 60 minuten	153,00 kW	i
	Netto maximumvermogen elektrisch	<i>Niet geregistreerd</i>	i

Het voertuig werd medio 2019 al ingeschreven en 2022 gekeurd voor de openbare weg. Gedurende een aantal jaar is het voertuig ingezet in het DKTl-H2Rent project, eerder reed het bijvoorbeeld al in Heinenoord, Moordrecht, Rotterdam en Alkmaar.

Gedurende de proef bij Rd4 is nog geprobeerd om gebruik te kunnen maken van een ander voertuig uit de H2Rent verhuur vloot: de H2Rent-02. Deze heeft namelijk een grotere fuelcell die ervoor zorgt dat er sneller bijgeladen kan worden in de specifieke heuvelachtige operatie, en die meer energie vergt dan de reguliere (platte) binnenstedelijke inzameling. Helaas is dit vanuit de leverancier niet meer gelukt.

Naam	H2R.02
Type	E-Trucks Europe
As-configuratie	6x2
Opbouw	Achterlader
H2 opslag	15 kg
Fuel Cell	45kW (Proton Motor)
E-Motor	PEM (300kw)
Accupakket (kWh)	136 kWh

De H2Rent-02 is wat uitvoering betreft identiek aan het gebruikte voertuig, met het verschil dat deze een 45kW fuelcell inbouwd heeft t.o.v. de 30kW van het andere voertuig. Ter info hierboven de technische specificaties.

Specificaties Tankstation

Binnen een eerder project van WaterstofNet werd een mobiel-/ verplaatsbaar 350bar waterstof tankstation gerealiseerd. Dit zelfde tankstation, dat demonstraties faciliteert op plekken waar er geen tankinfrastructuur aanwezig is werd binnen het H2Rent project verder ingezet om vuilniswagens te tanken.

In de basis is dit een 20" zee container waarbinnen zich een opslagvat, een compressor, een tankzuil en een aantal regelcomponenten bevinden. De samenstelling van deze componenten maakt het mogelijk, in combinatie met de aangeleverde waterstof (meestal) via een trailer, een vuilniswagen relatief eenvoudig en snel te kunnen tanken op de locatie van een eindgebruiker.

Vanwege de geplande veelzijdige inzetbaarheid én het stand alone moeten functioneren is het ontwerp zeer eenvoudig gebleven. Er dient enkel 1 krachtstroomkabel aangesloten te worden en er dient aarding geplaatst te worden, dit maakt het al mogelijk om op veel plekken te kunnen beginnen. Het station is verder zeer eenvoudig gehouden, lees: het heeft een veilig en langzaam tankprotocol (non-communicatie en non-cooling) om zo beschikbaarheid te verhogen en te zorgen dat het makkelijk inzetbaar is op de verschillende locaties, dit zorgt wel voor een langere tanktijd. Ook is dit station inzetbaar voor alle soorten toepassingen, zolang er maar een druk van 350 bar getankt hoeft te worden.



Figuur 1: Mobiele tankstation vooraanzicht

Basis specificaties tankstation:

- Behuizing in de vorm van een afgesloten 20 voets container met de afmetingen (lxbxh)6058x2509x2589 mm
- Gewicht: <10T en kan op verschillende soorten bestrating geplaatst worden (géén speciale fundatie vereist, normale verharding is voldoende sterk)
- Stroomvoorziening middels een 64 ampère, 3 fase + nul, Mennekens krachtstroom aansluiting
- Aarding m.b.v. een aardpen (in de grond te slaan)
- Bliksem beveiliging
- Tankdruk 350 bar @15°C (SAEJ2601 temperatuur compensatie, getest i.s.m. Toyota Motor Europe)
- Dispenser met TK16 (IR/non IR) nozzle
- Opslagvat (intern) (531L composiet) 1x 15 kg H2 @ 450 bar
- Hydraulische “oil-free” compressor 450 bar (gem. 9 kg/uur) min. voordruk 10 bar
- Live-Monitoring via 4G
- 2x ingang 200 bar

Voor de demonstraties met vuilniswagens is gekozen om te werken met externe bevoorrading via een tube trailer. Op het moment zijn er verschillende soorten trailers in omloop o.a. 200, 300 en 380 bar trailers.

Voor de demonstratie samen met Rd4 werd gekozen voor een 300 bar trailer met een ingebouwde reduceer naar 200 bar.

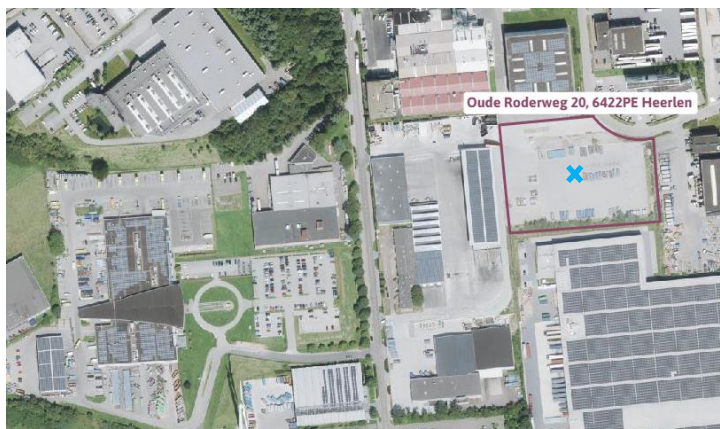
De gekozen aanbieder leverde de groene waterstof aan via een trailer van het merk Calvera met een totale capaciteit van +/-320 kg

Zowel het plaatsen en het in gebruik nemen van het tankstation als ook de trailer, na het verkrijgen van de benodigde vergunning, is zeer eenvoudig. Onderstaand een aantal foto's over het plaatsen en inrichten van de locatie volgens de opgestelde voorschriften van de vergunning.

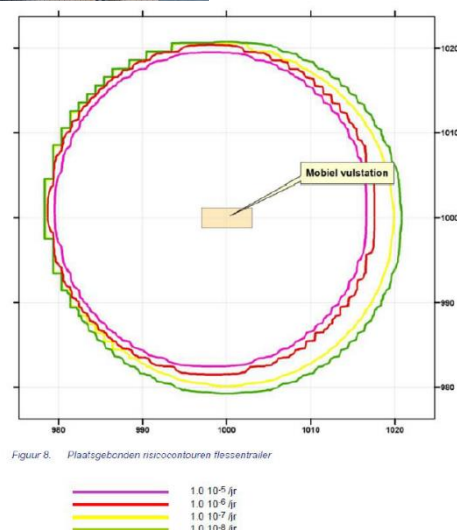


Locatie:

Het mobiele station werd geplaatst op het eigen terrein van Rd4 aan de “Oude Roderweg” in Heerlen (blauwe X). Dit nieuw ingerichte stuk terrein, her-bestemd voor op- en overslag van o.a. containers, een nieuwe weegbrug en opberglocatie voor huis aan huis rolcontainers, werd gekozen als de meest voordelige locatie m.b.t. het plaatsgebonden risico en de invloed van het station op de omgeving en vice versa. Het stuk terrein had ook een voldoende grote (vrije) stroomaansluiting en bood genoeg ruimte om het tankstation, als ook de trailer te plaatsen en tegelijkertijd nog alle manoeuvreer ruimte te behouden voor de reguliere operatie op de op- en overslag locatie.



Vanuit een vergunningen perspectief geldt ook voor een dergelijk waterstof-tankstation, te plaatsen op een “privé-locatie”, een vergunningsplicht. Om te komen tot een vergunning, of toestemming tijdelijke activiteit dient er met de PGS35 (publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen) voor waterstof-tankstations, waaronder ook mobiele installaties, rekening gehouden te worden, alsook met de PGS15 rond de opslag van (brandbare) gasen.



Voor de vergunningverlener, in dit geval de Gemeente Heerlen, is het dan ook belangrijk dat er een omvangrijk dossier wordt aangelegd en een aanvraag wordt ingediend via het omgevingsloket. Nieuw bij de aanvraag in Heerlen was dat de nieuwe Omgevingswet in werking was getreden en dit project daarmee ook in een nieuwe procedure terecht kwam.

Zo is er als initiatiefnemer/operator en indiener een zorg- en informatieplicht richting de vergunning verlenende instantie en haar adviseurs zoals de Veiligheids Regio (VR) en de Regionale Uitvoerings Dienst (RUD).

Om te komen tot een ontvankelijke en volledige aanvraag werd er een dossier opgesteld met daarin een aantal belangrijke onderdelen:

- Een informatief dossier dat de installatie, haar componenten, de gevaren en impact op de omgeving, rollen van partijen binnen de demonstratie, noodplan, procedures etc. worden beschreven.
- Ook is er een Quantitatieve Risico Analyse! (QRA) opgemaakt.
- Werd het dossier aangevuld met een geluidsonderzoek en werd de locatie getoetst met een omgeving quick scan/ risico inventarisatie op het Rd4 terrein.
- Uit de QRA volgde een PR 10^{-6} contour met een straal van 26 meter waarin er geen kwetsbare of beperkt-kwetsbare bebouwing mag zijn, als ook het feit dat de Gemeente opteerde om de risico-cirkel volledig binnen de bedrijfsgrenzen van Rd4 te laten vallen.
- Enkele aanvullende voorwaarden rond bescherming van de installatie en aanrijbeveiliging werden opgelegd.

Nadat alle informatie getoetst werd en het dossier ingeladen en ingediend werd bij het Omgevingsloket verliep het proces snel en zonder noemenswaardige oponthouden. Er werd een “tijdelijke” of ook wel “vergunning van beperkte duur” aangevraagd (max. 6 maanden) en deze werd ook gehonoreerd. Het soepel verlopen van de vergunning is te danken aan de open en constructieve samenwerking met de Gemeente, VR en RUD. Zo heeft dit dossier een doorlooptijd gekend van 3 maanden.

Nadat de vergunning definitief werd afgegeven, kon het station geplaatst worden en binnen 1 dag in gebruik genomen worden. Zo werd het tankstation eerst gecertificeerd geaard, middels 2 aardpennen, werd de stroomkabel aangesloten en werd de trailer geplaatst, waarna het station langzaam onder druk gebracht werd tot de werkdruk van een 425 bar in de lokale opslag.

Na het beëindigen van de proef kon het tankstation ook weer snel ontmanteld worden. Zo werd het station veilig afgeschakeld, de trailer afgekoppeld en verwijderd, het station van druk af gelaten en transport klaar gemaakt.

Het mobiele tankstation maakte het Rd4 mogelijk überhaupt een proef op waterstof te kunnen uitvoeren. Tot 2025 is er géén waterstoftankstation in de nabijheid van het depot om een dergelijk voertuig met voldoende druk af te kunnen vullen. Vanaf Q1/Q2 2025 zal er een nieuw en publiek gerealiseerd worden in Landgraaf, die Rd4 de mogelijkheid geeft potentiële toekomstige waterstof trucks te kunnen tanken. Dit station bevindt zich op 10 minuten rijden van het Rd4 depot, ong. 6 km verderop.

Resultaten van het project

Een belangrijkste motivatie voor Rd4 om deel te nemen aan de proef van H2Rent was o.a. de onvermijdelijke introductie van nieuwe zero emissie technologieën binnen het bedrijf (operatie en onderhoud), om te zien hoe en of die nieuwe technologie in de huidige staat een goede vervanging of zelfs een verbetering biedt t.o.v. de huidige state of the art.

Ook bood het project direct het perspectief om op eigen depot een tijdelijk waterstoftankstation te realiseren. Dit laatste gaf ook veel inzicht in het verkrijgen van een milieuvergunning voor een dergelijke testopstelling als ook het (her)organiseren van processen en procedures binnen het bedrijf.

Vooraf is met Rd4 goed in gegaan op de verwachtingen van deze proef en demonstratie. De demonstratie werd voor 3 maanden ingepland, waarbij het mobiele tankstation dienst zou doen om het voertuig dagelijks te tanken op het eigen terrein van Rd4. Ook hier zijn de verwachtingen goed afgestemd met Rd4. Het mobiele waterstoftankstation, voorzien als facilitator voor demonstraties is niet te vergelijken met de state-of-the-art publieke waterstoftankstations, die met koeling en via communicatie-vul-protocollen een dergelijk voertuig binnen 10 minuten kunnen tanken. Het mobiele tankstation, dat niet voorzien is van communicatie alsook koeling, tankt het voertuig gemiddeld in 35-40 minuten vol.



Bevindingen truck:

Het voertuig wijkt in z'n basis niet veel af van een reguliere achterladers die binnen Rd4 ingezet worden. Het voertuig is netto wat zwaarder dan de reguliere diesel en mag daardoor ook iets minder belading meenemen. De bediening van het voertuig wijst zich vanzelf en is in operationeel gebruik niet veel verschillend van een regulier inzamelvoertuig.

Zaken waar het voertuig zeker beter in aanvoelt is het algehele comfort. Het voertuig is comfortabeler (minder trillingen), minder geluid zowel intern als extern, zero-emissie en "stinkt" dan ook niet naar uitlaatgassen. Op het aspect geluid wordt zéér positief gereageerd vanuit de beladers die hierdoor een veel fijnere werkomgeving hebben. "Men kan gewoon praten zonder over het geluid heen te moeten schreeuwen".

Toch is er wel te zeggen dat het aspect geluid ook weer andere effecten met zich mee brengt, zo wordt ook gemeld dat chauffeurs nog beter moeten opletten omdat het voertuig door het beperkte geluid minder opvalt bij andere deelnemers in het verkeer.

Zaken van grote en kleine aandacht bevinden zich in de prestaties en grootte van de aandrijflijn, de brandstofcel en de technologie van het batterijpakket.

Gedurende de proef bleek de aandrijflijn te licht gedimensioneerd voor de geografische uitdagingen van Rd4, doordat zij in 10 Gemeenten in Zuid-Limburg afval inzamelen, in binnen- als ook buiten stedelijk gebied, maar zeker ook in heuvelachtig gebied. Op langere lichte hellingen komt het voertuig merkbaar vermogen te kort om goed met het verkeer mee te kunnen. In het geval van Rd4, dat heel vaak gebruik moet maken van hellende de stads(snel)weg N281, is de acceleratie van het voertuig te langzaam. Het duurt 1 tot 1,5 minuten om van 20-25 km/uur naar de ≤ 80 km/uur te

komen, hierdoor kunnen zich ongewenste situaties voordoen i.v.m. hoog snelheidsverschil t.o.v. medeweggebruikers.

Ook bleek het lastig om met dit voertuig de relatief zwaardere fracties te gaan inzamelen in het buitengebied. De combinatie van een hoog eigen gewicht, met daarbij de belading en de te lichte drijflijn, weerhield de chauffeur om met het voertuig de operatie in heuvelachtige omstandigheden uit te voeren. Derhalve werd ervoor geopteerd het voertuig “enkel” binnenstedelijk in te zetten.

Aspect Tanken/laden:

Ondanks de afgestemde verwachtingen binnen het kader van de proef, werd het langzaam tanken toch als minder comfortabel ervaren. Ook zorgden kleine waarschuwingen of foutjes in het tanksysteem er regelmatig voor dat een online, of effectieve plaatselijke reset of interventie nodig waren om tanken mogelijk te maken.

Met het zicht op een toekomstig tankstation nabij Rd4 in Heerlen en de veronderstelling dat er een performantere en snellere tankervaring zal zijn, lijkt de handeling van het tanken t.o.v. opladen wel een voorkeur te genieten bij medewerkers. Het blijft eenzelfde ervaring als bij regulier diesel tanken, mogelijk met de kanttekening, dat er dagelijks getankt zou moeten worden.

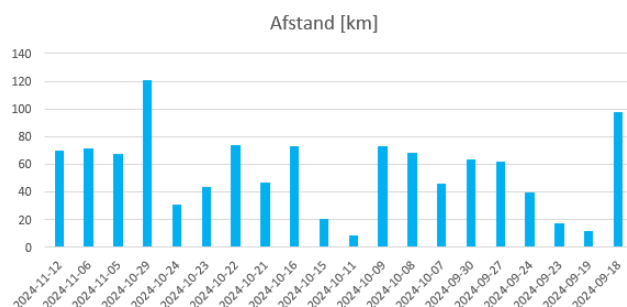
Samenvattend kan het volgende gesteld worden door Rd4:

- Kwalitatief:
 - Luchtkwaliteitsverbeteringen lokaal (voertuig niveau) is een grote plus.
 - Het voertuig en de technologie past binnen de voorgenomen zero-emissie zones.
 - Verbeterde werkomstandigheden, geluid, comfort, veiligheid in verkeer (bovenstaande aandachtspunten) en gezondheid.
- De eindgebruikers zijn positief over de technologie (zero-emissie, snel tanken en even performant, géén eigen infrastructuur op locatie nodig), maar:
 - de kosten (CAPEX en OPEX) moeten omlaag;
 - de performance en de beschikbaarheid in de operatie moet omhoog (voertuig en infrastructuur!).
- Een MIX van ZE technologieën in de toekomst is nodig, maar:
 - er is een (aanzienlijke meer)kost voor de ZE-optie(s);
 - aandacht moet ook uitgaan naar laadcapaciteit en/of netcongestie;
 - waterstof infrastructuur ontwikkeling in NL moet verder evolueren;
 - energie- / brandstofprijzen (groen) moeten betaalbaar zijn en blijven.

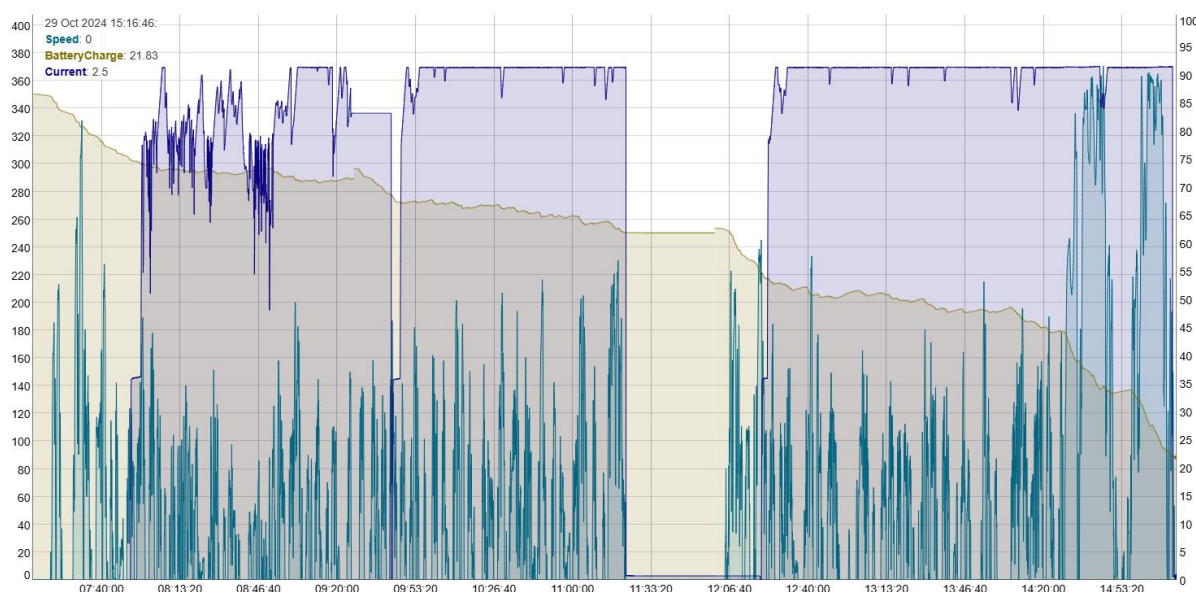
Overzicht operationele dagen en totale inzet:

Rd4 heeft gedurende 2,5 maand, 20 dagen het voertuig effectief kunnen inzetten in de operatie, ook mede dankzij de inzet van een toegewijde chauffeur. Belangrijk te melden, dat het voertuig 4 dagen in de week ingepland werd, omdat niet alle routes gereden konden worden. In totaal werd er meer dan 1.100 km gereden binnen Rd4-gemeenten en is het route profiel als gemiddeld te beschouwen, de gem. snelheid ligt wat hoger dan bij andere stedelijke gebieden binnen de H2Rent demonstraties en het verbruik ligt ook hoger, mogelijk mede door de uitdagende geografische omstandigheden en het feit dat de drijflijn constant veel vermogen moet leveren.

Operationele data 29/10/2024



Afstanden en verbruik	
Totale afstand	1108 kilometer
Gemiddelde afstand p/d	55,40 kilometer
Gemiddelde snelheid	20,62 km/u
Km per kg H2	7,17 km
Verbruik per 100km	13,94 kg



Het voertuig start z'n operatie rond 7 uur met een batterij SOC van +-88% en begint na een kort stukje (stads)autoweg aan z'n inzamelronde. Op het moment dat de SOC van de batterij 70% is gaat de brandstofcel aan (dit lijkt na de vele testen de sweetspot voor het opstarten van de range-extender, omdat er dan geruime tijd gedraaid kan worden met de fuelcell, ga je hoger zitten dan krijg je veel start-stop gebruik, dat de fuelcell en de levensduur geen goed doet. In het eerste deel van de ochtend draait de brandstofcel dynamisch op een iets lager vermogen en houdt de batterij goed op een SOC van op 70%, in het volgende deel van de operatie is te zien dat de gemiddelde snelheid en de pieken iets omhoog gaan t.o.v. de vroege ochtend. Ook valt op dat de brandstofcel een hoger (afgeregeld/afgetopt) vermogen gaat draaien, maar dat de batterij desondanks toch leger raakt. De SOC van de batterij daalt op dit stuk een 7%, voordat het voertuig stilgezet wordt in de pauze. Op een beperkt aantal dagen, waaronder ook deze dag, werd er niet voor gekozen het voertuig aan te laten staan in de pauze en zo met de brandstofcel de batterij in de pauze bij te laden tot een hogere SOC.

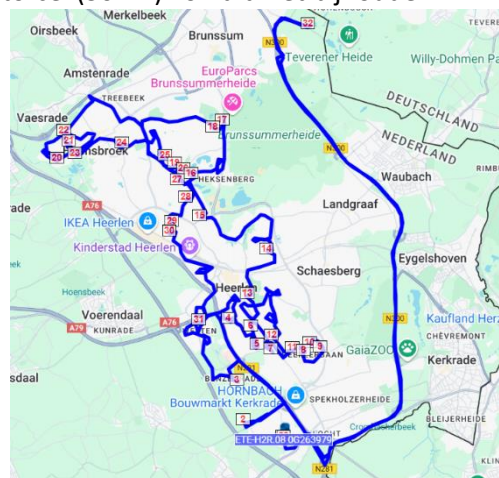
Gedurende de rest van de dag blijft het voertuig binnen de Parkstad Gemeenten afval inzamelen, daalt de gemiddelde snelheid lichtjes en wordt het voertuig ook iedere keer zwaarder. Vooral in dit laatste stuk is een daling van de SOC te zien, terwijl de brandstofcel draait om energie op te wekken en de batterij ondertussen bij te laden. In het allerlaatste deel van de dag wordt twee keer een flink stuk op de lokale ring/ N-weg gereden, waarbij de snelheid een stuk hoger ligt dan in de binnenstedelijke inzameling. Het voertuig rijdt dan ook vol naar de stortplaats en rijdt vanuit de stortplaats over de N-weg en de stadssnelweg (vals plat) terug richting het depot van Rd4 op de

Beitel. Op deze twee stukken van de route is goed te zien, dat dit veel energie uit het accupakket haalt en de SOC snel daalt binnen korte tijd. Ook de brandstofcel (30kW) kon dit niet bijhouden.

De dag eindigt met een SOC van +-24%, op een route met een gemiddelde snelheid van een 21 km/uur op een route van net iets meer dan 120 km

Data:

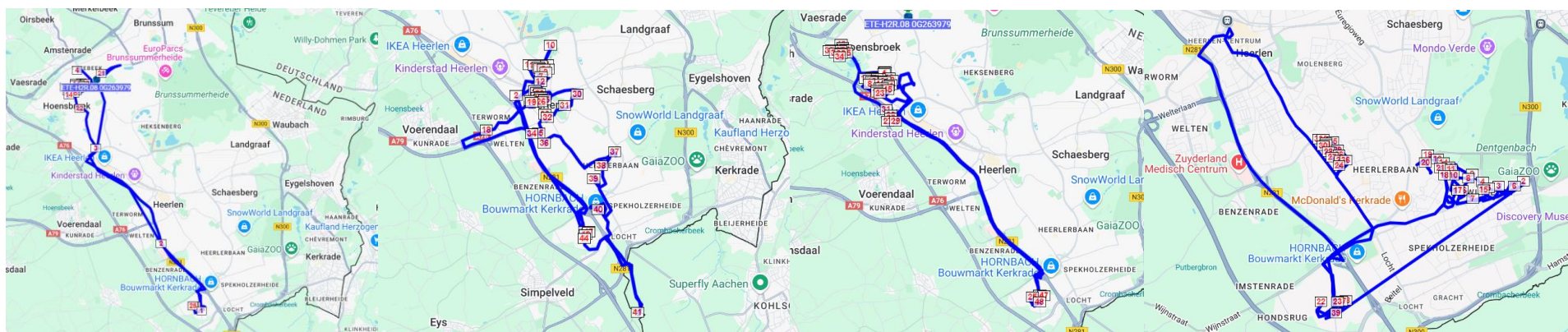
Afstand:	120,8 km
Verbruik H2:	11,1 kg
Verbruik Elec.:	134kWh
Start tijd:	07:11u
Eind tijd:	15:17u

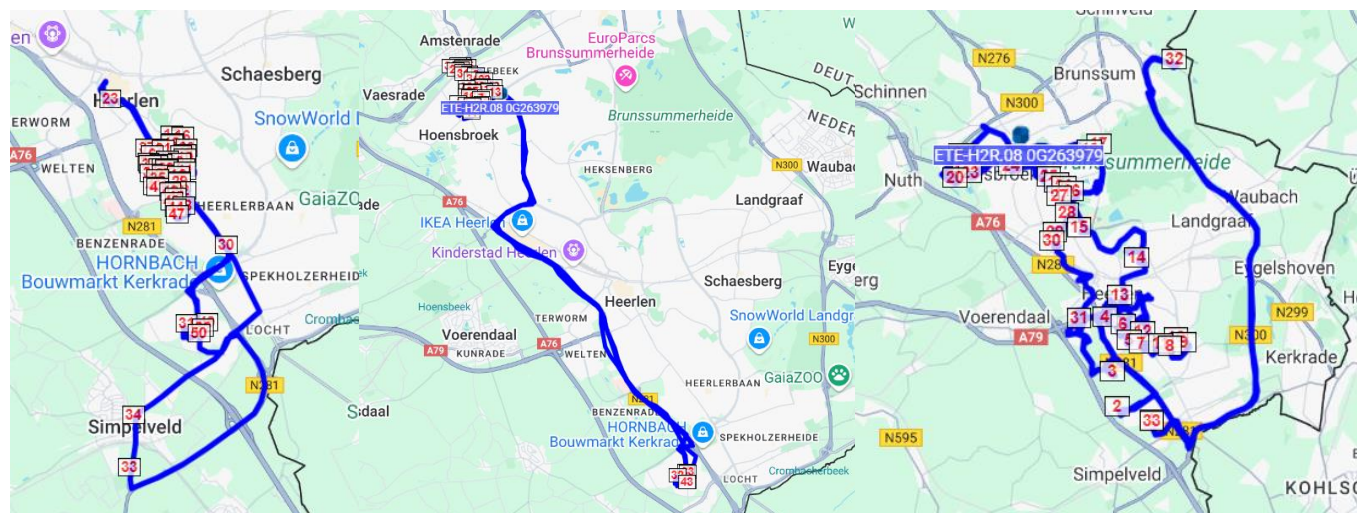
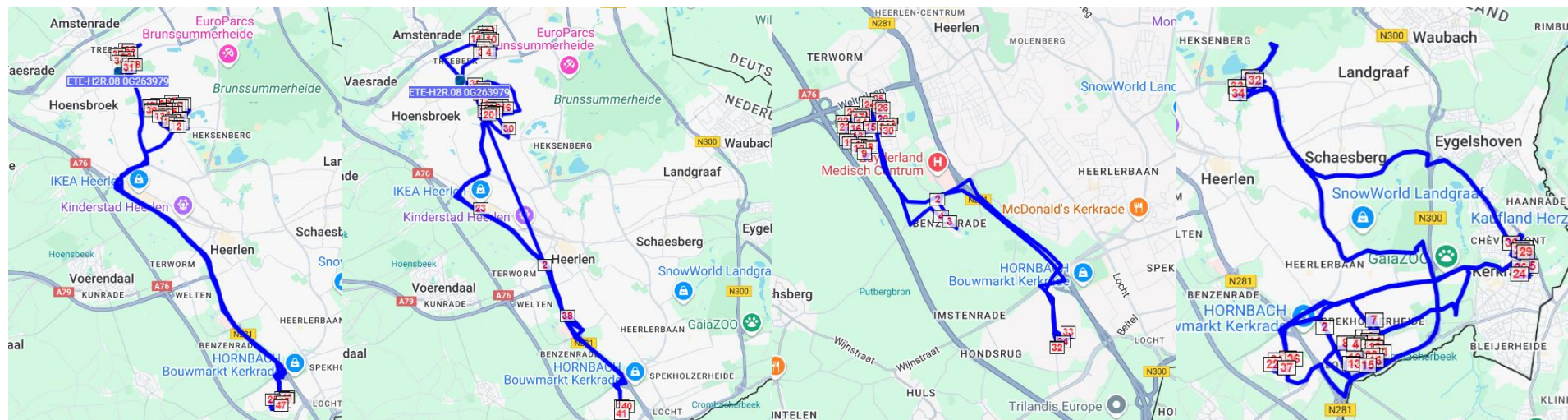


Datamonitoring H2Rent volledige proef Rd4

	Start "dag"	Einde "dag"	Operatieve uren	Tankbeurt	H2 gebruikt [kg]	Afstand [km]	Daily Consumption [kg/100km]	Speed Avg	FcEnergy [kWh]	WallEnergyPerDay [kWh]
2024-11-12	7:02:44	17:16:48	10:14:04	1	12,311	70,1	17,562	19,94	180,7797	87,561
2024-11-06	7:09:11	14:43:50	7:34:39	1	8,846	71,3	12,407	22,94	128,7952	73,278
2024-11-05	7:05:42	15:12:40	8:06:58	1	6,355	67,5	9,415	22,66	104,5387	135,0675
2024-10-29	7:10:45	15:16:46	8:06:01	0	11,111	120,8	9,198	25,8	168,0264	133,8669
2024-10-24	7:10:07	14:50:28	7:40:21	0	8,094	31,3	25,859	12,1	120,6485	59,823
2024-10-23	7:04:57	15:07:18	8:02:21	1	7,301	43,3	16,861	15,05	108,9133	70,173
2024-10-22	7:08:03	15:28:54	8:20:51	1	8,679	73,7	11,776	20,55	128,6227	111,8421
2024-10-21	7:05:24	16:16:26	9:11:02	1	10,341	47	22,002	14,6	154,058	65,3292
2024-10-16	7:10:50	16:18:52	9:08:02	1	8,195	73,1	11,211	16,88	120,9391	109,7928
2024-10-15	7:05:27	14:03:06	6:57:39	1	9,173	20,8	0	11,38	91,9292	36,3906
2024-10-11	11:16:22	16:16:50	5:00:28	1	0,246	8,6	0	18,43	1,0092	16,56
2024-10-09	7:09:01	14:45:34	7:36:33	0	7,637	73,2	10,433	22	110,8962	92,8395
2024-10-08	7:08:45	16:58:24	9:49:39	1	9,993	68	14,696	19,76	148,686	74,9961
2024-10-07	7:04:52	15:05:04	8:00:12	1	10,164	46,2	22	14,87	148,6038	35,5212
2024-09-30	7:08:43	16:31:48	9:23:05	1	11,454	63,6	18,009	18,94	170,0035	72,243
2024-09-27	7:07:34	16:43:24	9:35:50	2	11,302	62,1	18,2	18,62	169,292	48,0447
2024-09-24	7:08:36	16:31:58	9:23:22	0	6,303	39,9	15,797	21,2	93,3506	29,6631
2024-09-23	9:03:36	15:15:24	6:11:48	0	2,03	17,7	0	14,5	30,0518	49,3074
2024-09-19	8:24:38	15:02:20	6:37:42	1	0,125	12	0	33,3	0	24,6123
2024-09-18	7:21:53	13:10:52	5:48:59	0	4,818	97,8	4,926	48,9	69,9376	70,9389

Gereden routes (GPS-tracking)





Resultaten van de RWS onderzoeksvraag: “minimaal motorvermogen in heuvelachtige omstandigheden”

Als (deel)opdracht binnen de Rd4 H2Rent proef werd met Rijkswaterstaat een extra onderzoeksvraag meegenomen, rond het “minimale motorvermogen voor afval inzamelvoertuigen in heuvelachtige omstandigheden”.

Uit bovenstaand beschreven ervaringen en conclusies vanuit het H2Rent project kan geconcludeerd worden dat het waterstof aangedreven voertuig, in de huidige technische uitvoering te licht bemeten is om daadwerkelijk de volledige operatie naar tevredenheid uit te voeren. Hier kan, in de context van de opdracht dan ook geconcludeerd worden, dat de zero-emissie aandrijflijn van afval inzamelvoertuigen in (Zuid-)Limburg toch wel minimaal over een gecombineerd vermogen moeten beschikken van >250kW.

In vergelijking is ook wel te stellen dat de huidige vloot aan diesel of aardgas voertuigen ook bovengemiddeld tot aanzienlijk meer vermogen hebben dan vergelijkbare afval inzamelvoertuigen in andere (vlakke) delen van Nederland, vanwege geografische verschillen in het landschap.

De parallelle proef met het Volvo batterij elektrische voertuig laat dit ook min of meer zien. Bij dit voertuig is de aandrijflijn zwaarder uitgevoerd en levert deze meer vermogen en daarmee voldoende koppel en kracht om het voertuig, leeg én beladen voort te bewegen en operatie uit te voeren zoals dit verwacht wordt. Verder lijkt de batterij capaciteit toereikend te zijn voor een dag operatie in het inzet gebied. Met het al dan niet, snelladen in de pauze zou dit BEV-voertuig voldoende energie hebben om een dagelijkse inzamelroute te kunnen rijden. Let wel: de proef met dit voertuig werd (maar) 1 week uitgevoerd en er zijn (nog) géén andere zware verbruikers op de enige snel-laadpaal van Rd4 in Heerlen. Dit specifieke voertuig is uitgerust met een >300 kW aandrijflijn die voldoende koppel en vermogen heeft in de geografische omstandigheden van het inzet gebied van Rd4 in Zuid-Limburg.

(Overige) Gerealiseerde resultaten waterstof

Vergunning tanken op terrein van een huisvuilinzamelaar:

Één van de projectdoelen van het H2Rent project was het demonstreren en realiseren van een aantal demonstraties d.m.v. het gebruik van het mobiele waterstof tankstation van WaterstofNet. Dit hield in het upgraden en updaten van het bestaande tankstation, maar vooral ook het vergunnen en inzetten van het mobiele station op meerdere publieke als ook niet publieke locaties. Zo werd het tankstation 2x in Breda ingezet (1x publiek en 1x privaat), plus werd het privaat in Moordrecht bij Cyclus NV en Heerlen bij Rd4 op eigen terrein van de afval inzamelaars vergund en geopereerd. Hierbij zijn voor alle locaties milieuvergunningen aangevraagd en verkorte als ook uitgebreide procedures doorlopen om effectief de operatie te mogen uitvoeren op de specifieke locaties. Dit maakt het project uniek voor de reinigungssector.

Zo werd de laatste vergunning afgegeven voor de locatie van Rd4, een primeur in Limburg, waarbij een reguliere procedure doorlopen is binnen de nieuwe omgevingswet, hetgeen anders was dan de aanvragen die voorheen werden ingediend binnen het project. Met een goede samenwerking van Rd4, WaterstofNet, Kracht In Omgeving en de Gemeente Heerlen i.c.m. de RUD Zuid-Limburg en de VR-Zuid Limburg, kwam ook deze vergunning snel tot stand en werd de minimale vergunningsduur gehaald, waarna de operatie snel kon starten.

Inzicht in Energiestromen en toekomstige (noodzakelijke) depot- en locatie aanpassingen om een Zero-Emissie vloot te kunnen laden:

Rd4 staat aan de vooravond van een (verplichte) transitie naar een zero-emissie vloot. Deze transitie heeft invloed op de diverse aspecten van de bedrijfsvoering van Rd4 en dit was ook een belangrijke motivatie om de proef te initiëren.

1) Rd4 voert in de eigen werkplaats onderhoud uit aan voertuigen; met name aan de opbouw van zware vrachtwagens. Om veilig aan e-voertuigen te mogen werken zijn verschillende Technisch specialisten al opgeleid conform de NEN9140. Daarnaast zijn er echter ook nog technische aanpassingen in de werkplaats noodzakelijk. Hierover is uitgebreid kennis uitgewisseld met Daf-dealer Loven Trucks; partner bij deze proef.

2) Momenteel kan bij verschillende tankstations in het Rd4 verzorgingsgebied diesel getankt worden. Waterstof zal de eerste jaren slechts heel beperkt verkrijgbaar zijn en dit gaat ten koste van flexibiliteit bij de inzet van voertuigen. Hier dient bij de routeplanning rekening mee gehouden te worden. De afdeling Werkvoorbereiding gaat op basis van de opgehaalde data uit de proef de (on)mogelijkheden in kaart brengen.

3) De additionele proef met het BEV voertuig heeft heel goed duidelijk gemaakt hoe belangrijk de beschikbaarheid van snellaadpalen voor trucks zijn. Deze zijn nog (te) beperkt aanwezig in het Rd4 verzorgingsgebied. Rd4 heeft verschillende locaties verspreid over dit verzorgingsgebied; met name als Grondstoffenparken. Daar waar voorheen enkel op de hoofdlocatie werd gekeken naar mogelijkheden om snellaadpalen te realiseren gaan de mogelijkheden op eigen externe locaties nu ook onderzocht worden.

Realisatie van een openbaar waterstoftankstation door Minli en (mogelijke) discussies om extern te kunnen tanken met (potentiële) toekomstige H2 voertuigen:

Initieel werd voor Rd4 gekeken om de proef te kunnen starten vanuit een nog te realiseren (vast) waterstof tankstation in de buurgemeente Landgraaf, net naast een van de milieustraten van Rd4. Ongelukkige timing en vooral vertragingen in de vergunningsaanvraag en duur bleken niet overeen te komen met de tijdslijn van het H2Rent project. Wel is ook nog geprobeerd om het mobiele tankstation op dezelfde locatie onder dezelfde vergunning te plaatsen. Echter leverde dit extra complexiteit op en werden vergunningsaanvragen van elkaar afhankelijk/ aan elkaar gekoppeld, hetgeen voor één van beide partijen wenselijk was. Ook bleek de directe route op het eigen terrein, de kortste en best passende. Desalniettemin zijn beide initiatieven vergund geraakt en kijkt Rd4 uit naar de realisatie van dit grote vaste en publieke station in Landgraaf van de firma Minli. Het tankstation met een capaciteit van 1000kg/dag zal in Q1 2025 openen en biedt een uitvalsbasis en is een belangrijke schakel voor Rd4 om mogelijk met waterstof aangedreven voertuigen afval in te zamelen.

(Positieve) Gebruikservaringen chauffeur + beladers rond zero-emissie voertuigen:

Zowel het waterstof elektrische voertuig als ook het batterij elektrische voertuig hebben bij de uiteindelijke eindgebruikers een positief beeld gegeven, rond de ontwikkelingen als ook de inzet van zero-emissie voertuigen en de verbeteringen die deze voertuigen kunnen hebben in de dagelijks uitvoering van de werkzaamheden in de afval inzameling. Chauffeur staat positief tegenover een overgang naar dergelijke voertuigen in de toekomst, er zou echter wel meer ervaring opgedaan moeten worden om te komen tot een gelijksoortige operatie met laadpauzes (wanneer nodig) of tanken op bepaalde locaties binnen de Gemeenten.

Ook is er positief gereageerd vanuit het overige personeel, beladers, als ook monteurs en technici van de werkplaats. Men omarmt de innovatie en technologie, echter zal deze zich wel verder moeten bewijzen en is het essentieel het kennis niveau mee te laten stijgen door en o.a. opleidingen te voorzien.

Buitenlandervaringen: Waterstof (hybride) elektrische vuilniswagens

Momenteel zijn er buiten België en Nederland, nog 2 landen waar er demonstraties of kleine vloten waterstof elektrische huisvuil inzamelwagens in de operatie zijn. De eerste is Frankrijk, waar er zowel een paar Enginius voertuigen, een 5-tal E-Trucks Europe voertuigen en enkele lokaal in Frankrijk omgebouwde voertuigen in de huisvuil inzameling actief zijn. De 5 stuks van E-Trucks Europe zijn actief in Dijon, deze stad en de omgeving is ook wel gekend als enigermate heuvelachtig. De uitgeleverde voertuigen zijn van de laatste generatie van E-Trucks Europe, deze hebben het nieuwste batterij pakket, een grote fuelcell en een grote elektromotor. Echter was de operatie nog niet voortvarend van start kunnen gaan door vertragingen en problemen bij het in gebruik nemen van de tankinfrastructuur. Hierdoor is er nog niet echt een vergelijk te maken met de operatie die plaatsvond in Heerlen bij RD4.

Duitsland

De grootste markt (binnen Europa) is de Duitse markt, waar er bijna 200 waterstof elektrische voertuigen van de leverancier Enginius in operatie zijn. Ook werd er één voertuig uitgeleverd aan BrusselNet in België.

Het grote aantal voertuigen dat geproduceerd is, is te danken aan een subsidieprogramma van de Duitse overheid, die het voor Faun, later Enginius, mogelijk maakte een volledige productielijn op te zetten. Tijdens dit subsidieprogramma werd 80% van de meerkost van het voertuig gesubsidieerd. De productielijn is in staat een 100 tal voertuigen per jaar te produceren. Deze Enginius voertuigen zijn door het hele land actief in de operatie. Een mooi voorbeeld is bijvoorbeeld de vloot van waterstofbussen en enkele waterstof huisvuil inzamel voertuigen in Wuppertal².

In Wuppertal zijn de geografische gelijkenissen groot of zelfs nog uitdagender dan in het Zuid-Limburgse heuvelland, verder is er een circulair aspect aan deze demonstratie. De huisvuil inzamelvoertuigen halen de verschillende afvalstromen op, voor een deel van deze afvalstromen, rijden ze naar de verbrandingsoven van de Stadwerke om het afval te deponeren. Energie opgewekt uit deze afvalverbrandingsoven gaat op dezelfde locatie naar een elektrolyser die waterstof produceert, om vervolgens na opdrukken opgeslagen te worden op een lokaal waterstof tankstation. Dit tankstation tankt ook meteen de lokale busvloot als ook enkele huisvuil inzamelvoertuigen af. Het mooie aan dit initiatief is ook dat zij de volledig batterij elektrische variant van het Enginius afval voertuig rijden en deze met behulp van snelladers gedurende de operatie in de pauze of na de shift opladen. Tijdens een bezoek aan de ASW werd ook, net als dat het voor de Nederlandse inzamelaars geldt gekeken naar een mix van brandstoffen om te verduurzamen, zo gaan batterij elektrisch en waterstof hier hand in hand. De lange routes of die met de hoogste intensiteit worden hier met waterstof gereden.

Bij Enginius heeft er ook een flinke ontwikkeling plaatsgevonden. Eerste voertuigen (destijds nog onder de Faun organisatie gebouwd) reden al in 2019. In de daaropvolgende jaren zijn er verschillende technische verbeteringen doorgevoerd. Het concept van Enginius, ook een hybride

² [AWG: Müll macht mobil](#)

concept is op dit moment afwijkend van het ontwerp van E-Trucks Europe H2. Bij Enginius wordt gewerkt met 700 bar opslag, een schaalbaar batterijpakket en een grote brandstofcell (90kW). Het laatste is een evolutie van een systeem dat uit meerdere systemen van 30kW bestond, naar 1 groot systeem van 90kW. Daarbij heeft de aandrijflijn de beschikking over een 300 kW elektromotor. Het vergelijk met E-Trucks laat zien dat het voertuig en de drijflijn er anders uitzien. Zij werken met een reguliere cabine, t.o.v. een low-entry bij Enginius, met een (groter => 15kg) 350bar tanksysteem, 1 brandstofcel van max. 45kW, een 135 kWh effectief batterijpakket en een 300kw (piek) elektromotor.

Uit de verschillende steden in Duitsland wordt positief gekeken naar de inzet en de performance van de voertuigen. Door de aanwezige subsidie werden de voertuigen betaalbaar, echter zijn dit ook meteen de duurste voertuigen op de markt.

De elektrificatie van huisvuilwagens met batterijen begint in Europa begint ook al aan te trekken. Zo zijn er al af-OEM voertuigen te koop en is het laden van kleinere aantallen voertuigen vaak al mogelijk.

Polen

Zo is er een onderzoek gedaan naar batterij elektrische huisvuil inzameling in Polen. ³ De studie onderzocht het gebruik van elektrische vuilniswagens voor het ophalen van afval in Polen, waarbij er in verschillende gemeenschappen werd getest. De studie omvatte tests in dichtbevolkte steden, dorpen en landelijke gebieden in Polen om de prestaties van elektrische vuilniswagens in de verschillende omgevingen te evalueren.

Een van de belangrijkste factoren voor het plannen en routeren van elektrische voertuigen is de actieradius van het voertuig en de laadstatus van de batterij. Deze elementen zijn cruciaal voor een efficiënte routeplanning en het succes van de operaties. Uit de kostenanalyse blijkt dat de aanschafkosten van elektrische vuilniswagens hoog zijn, en dat er technische uitdagingen zijn met betrekking tot de realisatie en kost van de infrastructuur, de service en het onderhoud.

De trends in de automobiellindustrie laten zien dat de productie van elektrische voertuigen wereldwijd toeneemt, zo ook die van trucks (en daarmee ook huisvuil inzamelvoertuigen) met een marktaandeel van 8.3% van het totale aantal voertuigen in 2021. Overheden implementeren beleid en initiatieven om de inzet van elektrische voertuigen te bevorderen en de infrastructuur voor opladen te bouwen om emissies te beperken.

Elektrische vuilniswagens kunnen de uitstoot en het geluid in stedelijke en landelijke gemeenschappen aanzienlijk verminderen, en vooral in stads- en dorpscentra.

Kopenhagen (ARC)

Een ander voorbeeld is de aanschaf van een groot aantal voertuigen door de Stad Copenhagen, waarbij er maar liefst 86 batterij elektrische trucks aangeschaft werden en de gebruikers zeer tevreden zijn over het comfort, de stilte en de performance⁴. Geografisch is Kopenhagen

³ [Electric waste collection vehicles in Poland: A challenge or burden for local communities? - ScienceDirect](#)

⁴ [Silent revolution as Copenhagen's rubbish trucks go electric - Vattenfall](#)

(buitengebied) ook voor een deel vergelijkbaar met de heuvel achtige omstandigheden in Zuid-Limburg. Zoals ook al uit het bovenstaande onderzoek in Polen bleek is het wel belangrijk goed af te stemmen hoe de laadinfrastructuur gerealiseerd wordt, en hoe de routes gepland kunnen worden, al dan niet met 1 lading per dag. In andere steden in Denemarken rijden er ook batterij elektrische huisvuil inzamelvoertuigen⁵, hierin lijkt het dat Denemarken als klein land een grote rol speelt in de vergroening van de sector, met al meer dan 100 inzamelvoertuigen die batterij elektrisch operatie rijden.

Deze ontwikkelingen zijn niet op zichzelf staand en er is een trend bij grote (en ook kleine) steden in Europa om te vergroenen in de huisvuil inzameling, waar dat dan ook nog eens kosten efficiënt kan. Verduurzaming kost geld en zal zeker in het begin duurder zijn dan de fossiele alternatieven.

Andere voorbeelden in Europa met batterij-elektrische huisvuil inzamelwagens zijn bijvoorbeeld:

1. **Amsterdam, Nederland** - Amsterdam heeft meerdere elektrische huisvuil inzamelwagens in gebruik om de uitstoot te verminderen en de luchtkwaliteit te verbeteren
2. **Oslo, Noorwegen** - Oslo is een van de koplopers op het gebied van duurzame stadslogistiek en maakt gebruik van elektrische voertuigen voor afvalinzameling
3. **Kopenhagen, Denemarken** - Kopenhagen heeft ook geïnvesteerd in elektrische huisvuil inzamelwagens als onderdeel van hun streven naar een koolstofneutrale stad
4. **Parijs, Frankrijk** - Parijs heeft elektrische huisvuil inzamelwagens geïntroduceerd om de luchtvervuiling te verminderen
5. **Göteborg, Zweden** - Göteborg maakt gebruik van elektrische voertuigen voor verschillende stadsdiensten, waaronder afvalinzameling

Deze steden zijn slechts enkele voorbeelden van de groeiende trend in Europa om over te schakelen naar elektrische voertuigen voor afvalinzameling

⁵ [Electric Trucks From Mercedes-Benz Are Cleaning Up In Denmark - CleanTechnica](#)

Aanvullende proef met een batterij elektrische truck (BEV)

Zoals reeds eerder aangegeven bleek gedurende de proef dat de aandrijflijn van de FCEV te licht gedimensioneerd was voor de geografische uitdagingen van Rd4. Dat was terug te voeren op de prestaties en de grootte van de aandrijflijn, de brandstofcel en de technologie van het batterijpakket.

Aangezien we tijdens de proef ook inzicht wilden krijgen in een zwaardere aandrijflijn hebben wij additioneel bij commerciële partij Cleanmat een BEV gehuurd: een Volvo Battery Electric vuilniswagen. Net als het FCEV was dit voertuig uitgevoerd als achterlader.

Deze BEV is gedurende 1 week ingezet op soortgelijke routes als het FCEV voertuig.

Specificaties voertuig [Volvo BEV via Cleanmat]

Gegevens van het voertuig volgen onderstaand uit de database van de RDW:

 VOLVO FE ELECTRIC		Vul hier uw kenteken in  
Overzicht Motor & Milieu Technisch Fiscaal		
Algemeen		
J	Voertuigcategorie	Bedrijfsauto (N3) 
	Carrosserietype	Vrachtwagen (BA) 
	↳ Carrosseriecode	Vuilniswagen (18) 
	Inrichting	vuilniswagen 
D.1	Merk	VOLVO 
D.2	Type	FEF3C 
D.2	Variant	Niet geregistreerd 
D.2	Uitvoering	Niet geregistreerd 
D.3	Handelsbenaming	FE ELECTRIC 
K	Typegoedkeuringsnummer	Niet geregistreerd 
	Aantal eigenaren privé / zakelijk	0 / 1 

Vervaldatum en historie

	Vervaldatum APK	16 mei 2025	i
	Vervaldatum tachograaf	11 mei 2025	i
	Datum eerste tenaamstelling in Nederland	3 mei 2023	i
B	Datum eerste toelating	3 mei 2023	i
	Datum inschrijving voertuig in Nederland	3 mei 2023	i
	Registratie datum goedkeuring	1 mei 2023	i
I	Datum laatste tenaamstelling	3 mei 2023	i
	Tijdstip laatste tenaamstelling	10:21 uur	i

Gewichten

G	Massa rijklaar	16794 kg	i
	Massa ledig voertuig	16694 kg	i
F.1	Technische max. massa voertuig	27000 kg	i
F.2	Toegestane max. massa voertuig	27000 kg	i
F.3	Maximum massa samenstel	Niet geregistreerd	i
	Aanhangwagen middenas geremd	Niet geregistreerd	i
	Aanhangwagen autonoom geremd	Niet geregistreerd	i
	Oplegger geremd	Niet geregistreerd	i
O.2	Aanhangwagen ongeremd	Niet geregistreerd	i
U.3	Geluidsniveau rijdend	76 dB(A)	i
P.2	Nettomaximumvermogen	Niet geregistreerd	i
P.2	Nominaal continu maximumvermogen	332,00 kW	i
	Maximum vermogen 60 minuten	Niet geregistreerd	i
	Netto maximumvermogen elektrisch	400,00 kW	i



Data Rd4:

Rd4 heeft zowel data van Cleanmat ontvangen alsook hun eigen data van de (DC) snellader gebruikt om onderstaande tabel op te stellen en te kijken naar verbruiken van dit voertuig in de week dat het in operatie was.

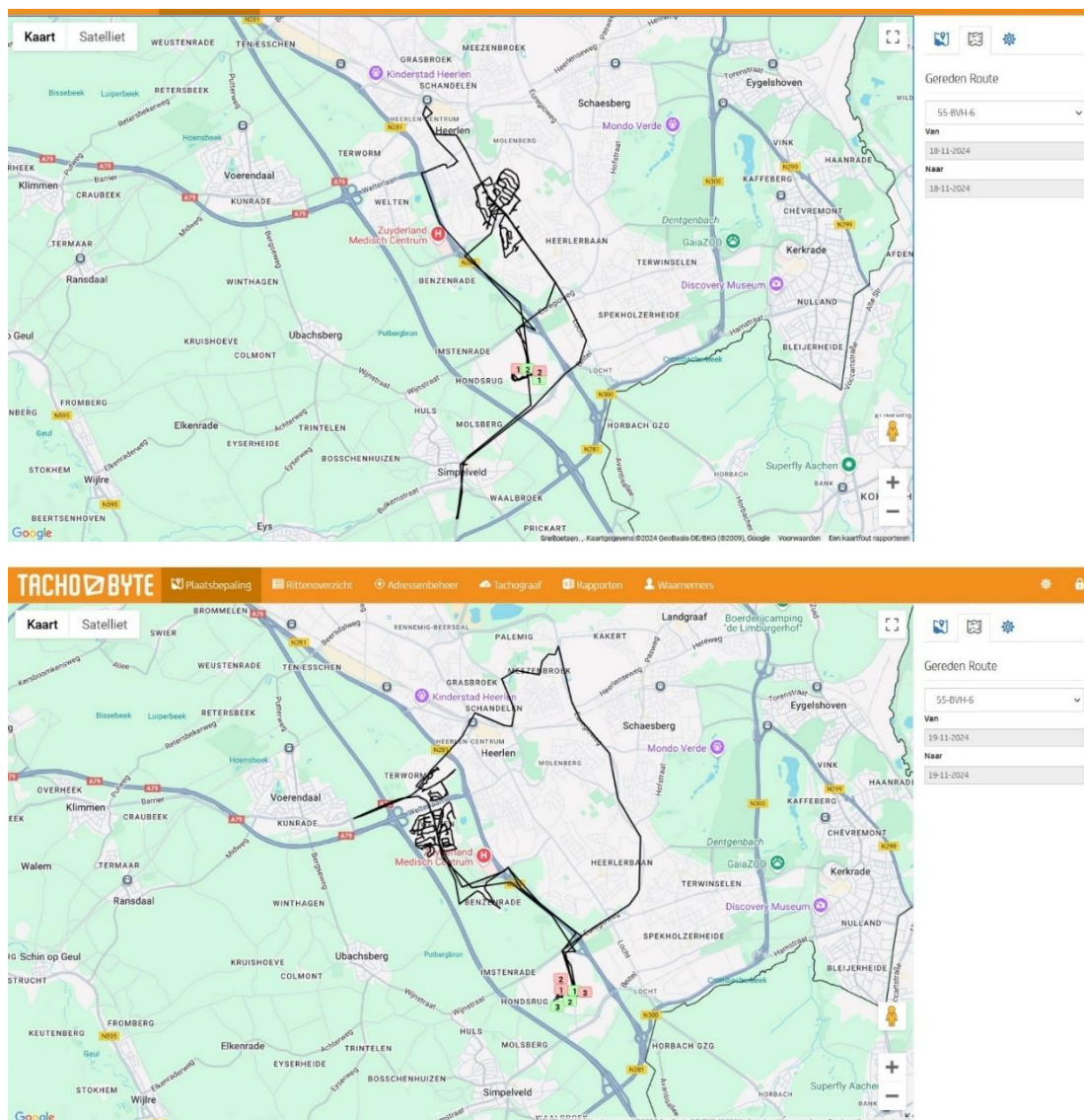
Volvo FE 6x2 (BEV) 55-BVH-6					
376kWh accu	Afstand (km)	Verbruik (kWh)	Verbruik (kWh/100km)	Gem. snelheid	Opmerking
18-11-2024	47	188	400	6,1 km/h	
19-11-2024	51	186	364	5,7 km/h	
20-11-2024	49	165	337	7,2 km/h	
21-11-2024	38	179	471	4,8 km/h	
22-11-2024	121	165	136	32,8 km/h	lege rit door Heuvelland
Gemiddeld verbruik			<u>393</u> <u>kwh/100km</u>		
AC laden 43kW					
DC laden 150kW					

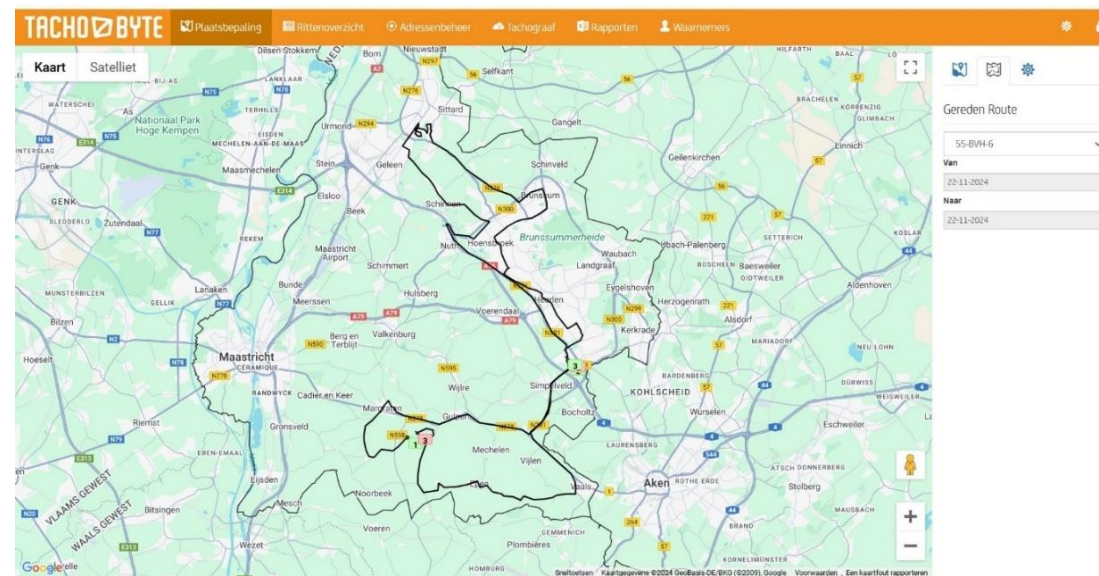
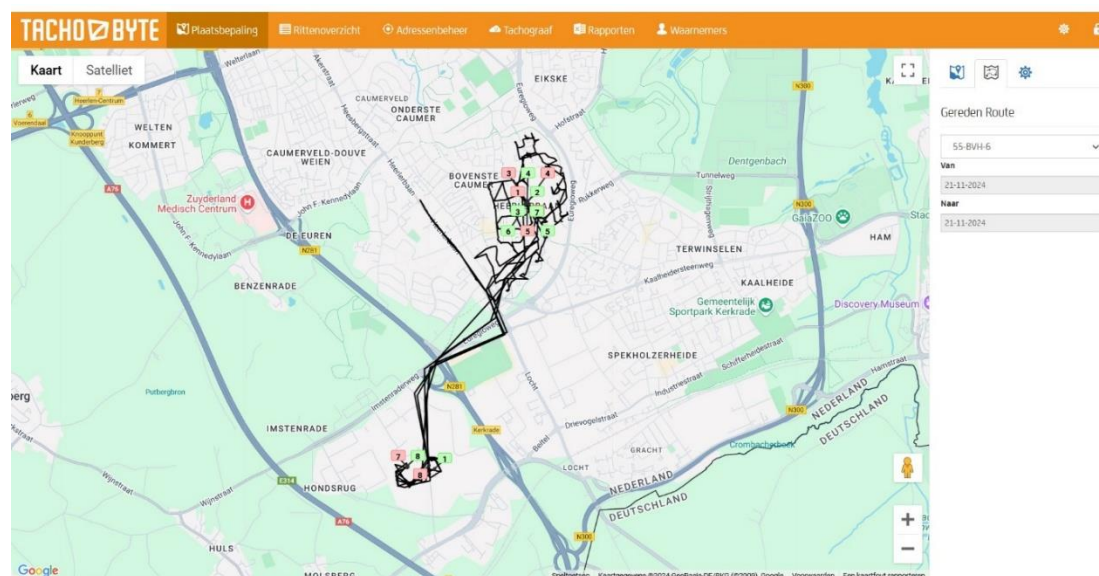
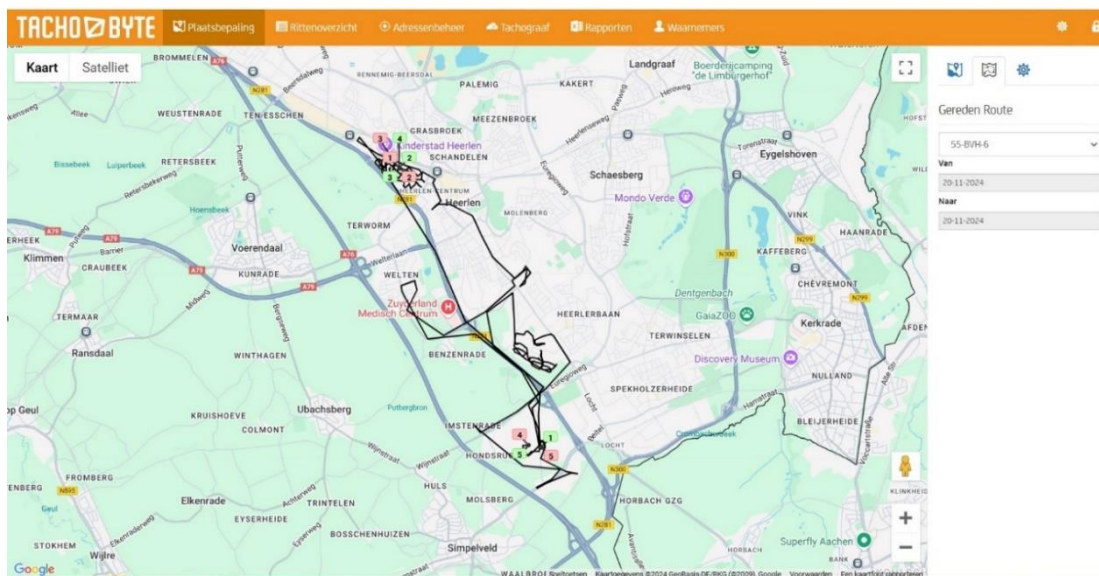
De week dat wij de beschikking hadden over de volledige elektrische Volvo hebben we bewust dezelfde chauffeur deze routes laten rijden om verschillen zo veel als mogelijk uit te vlakken qua rijstijl.

We hebben opmerkelijke verschillen geconstateerd tussen de data uit het voertuig en de werkelijke laadhoeveelheden vanuit de data van de laadpaal. De laadhoeveelheden zullen altijd meer zijn door laadverliezen. Bij DC lading zoals wij die toegepast hebben liggen deze toch tot max 10% hoger. Wij lezen echter in de tabellen vele grotere waarden af. De proef is wel in de winter uitgevoerd en dan zijn de verliezen van andere aard over het algemeen nog groter. Denk hierbij o.a. aan het verwarmen van de accu maar ook de cabine. Gezien de verschillen in de data hebben wij contact gezocht met Volvo trucks Nederland; dhr. John Timmers. Zij komen nog met hun visie op dit verhaal. Maar ook hij trekt de gemeten waarden van de truck in twijfel.

Wat we wel duidelijk constateren is dat de route en het gebruik van het voertuig van grote invloed is. Dit zie je vooral op de vrijdag waar met een leeg voertuig twee relatief langer routes zonder inzameling in het heuvelland zijn gereden zonder de vele tussenstops. Dan werkt de regeneratie opvallend goed. Het systeem geeft aan dat 281 kWh verbruikt is terwijl slechts 165kWh geladen kon worden aan de paal. Dit i.t.t. de andere dagen waar het verschil andersom is, daar wordt meer uit het net getrokken. Bij de vele korte stukken achter elkaar blijft de snelheid laag en dus ook relatieve lage regeneratie. Dat maakt het voertuig niet minder geschikt voor ons werk. We zullen naar omstandigheden wel moeten zorgen voor een op maat gemaakte accu. De geleverde in de Volvo bleek voor de proef een goed werkbaar alternatief te zijn.

Logging gereden routes Volvo batterij elektrisch voertuig [Tachobyte]:





Specificaties laad-infrastructuur bij Rd4

Rd4 beschikt op de hoofdlocatie over:

15 stuks DC laadpalen / 30 stuks laadpunten 11kW

Deze laadpunten worden gebruikt voor bedrijfswagens <3,5T en personenauto's.

2 stuks HPC snellaadpalen 350kW

Op verzoek van Zuid Limburg Bereikbaar zijn in 2022 de mogelijkheden verkend om onder het Interreg project "eGLM" een publieke snellaadpaal voor vrachtwagens te realiseren. Uiteindelijk heeft dit geleid tot het plaatsen van twee van zulke laadpalen; één publiek toegankelijke en één private laadpaal. Via het Interreg project "eGLM" heeft er cofinanciering plaatsgevonden.

Het betreft HPC snellaadpalen: ABB Terra HP high power charger 350 kW.

CPO (Charge Point Operator): Green Caravan



Conclusie(s) en aanbevelingen van het project / de opdracht van RWS

Prospectie vanuit Rd4:

Voor Rd4 was deze proef een leerzame ervaring waarmee we beter inzicht hebben gekregen in de actuele status van elektrificatie van zware voertuigen en om te kunnen beoordelen of het interessant is om op dit moment stappen te zetten richting elektrificatie van zware voertuigen. Die ervaringen hebben we vooral ook kunnen opdoen door de zeer prettige samenwerking tussen met name de medewerkers van E-Trucks, Stefan Nijs van WaterstofNet en onze chauffeur Marco Willems. Stuk voor stuk enthousiaste mensen met veel passie voor hun dagelijkse werk.

De eerste kennismaking met E-Trucks vond plaats in Lommel (B) alwaar de trucks gebouwd worden. Een state of the art en cleane werkplaats met een magazijn zonder personeel. Veiligheid staat hier hoog in het vaandel en dat zie je aan veiligheidsvoorzieningen zoals o.a. automatische beluchting in plafond die geactiveerd wordt bij het waarnemen van te veel waterstof. Maar ook in de truck, waar het eenvoudige checkpanel meteen voor zich spreekt wanneer je er met een technische blik naar kijkt.

De betrokken monteurs weten hun dagelijkse werk goed op ons over te brengen. Ook al kunnen wij niet alle details onthouden; de rode draad is altijd duidelijk. Uiteindelijk ook een rechtstreeks telefoonnummer ontvangen zodat we samen storingen en stilstand tot een absoluut minimum hebben weten te beperken. Vooral in de beginperiode hebben wij hier heel nuttig gebruik van gemaakt. Zij laten ook weinig aan het toeval over en plaatsten bij het begin van de proef preventief nieuwe 12V accu's. Op locatie werden voor onze chauffeurs proefritten ingepland en alle veiligheidsinstructies herhaald. Veiligheidsinstructies werden ook als hard copy uitgereikt; makkelijk voor de chauffeur onderweg.

Een regelmatig terugkerend technisch mankement; het niet kunnen inschakelen van de PTO, leidde tot een goede samenwerking met een externe onderhoudspartij van E-Trucks: H2 specialist Pascal Meessen van Loven Trucks in Heerlen. Zijn technische kennis van Daf trucks kwam goed van pas bij deze E-Trucks; een naar waterstof Fuelcell omgebouwde Daf waarbij E-Trucks gebruik is blijven maken van het originele Canbus systeem van Daf. Het was ook duidelijk merkbaar dat hij de afgelopen jaren verschillende ervaringen met waterstof voertuigen heeft gehad waardoor hij ook een breed netwerk heeft in de branche.

Wat snel opviel tijdens de proef was het geringe vermogen (140 kW) van de truck. Dit uitte zich vooral bergopwaarts. Een snelle oplossing waarop we in het begin hoopten bleek helaas niet mogelijk. Onze chauffeur heeft hierdoor onvoldoende vertrouwen gehad om het FCEV voertuig tijdens routes in het Heuvelland in te zetten. Hier hebben dan ook helaas geen ervaringen op kunnen doen met reguliere inzamelroutes; ook niet met lichte fracties.

Om een vergelijking te kunnen maken met een ander EV-voertuig hebben gedurende 1 week een volledige elektrische (BEV) 6x2 Volvo achterlader gehuurd. Met een batterijpakket van bruto 376 kWh en DC lading van 150 kW aan boord. Hierop zat een identieke Geesink opbouw zoals ook op het FCEV voertuig zat. Deze truck was nauwelijks zwaarder dan de waterstoftruck. Het vermogen (300 kW) werd wel als voldoende ervaren en de chauffeur gaf aan dat deze duidelijk zijn voorkeur had.

Het grote voordeel van deze BEV-truck was ook het eenvoudige elektrisch laden in relatief korte tijd. Dit kon altijd na werktijd gebeuren. Dit in tegenstelling tot de FCEV-truck waar zowel waterstof

getankt moet worden als stroom laden. Het waterstof-tankstation op ons terrein was nogal storingsgevoelig waardoor we regelmatig een beroep hebben moeten doen op derden om te kunnen tanken. Met name doordat het systeem intern steeds te hoge druk(verschillen) registreerde en dus uitviel. De ondersteuning van WaterstofNet was in ieder geval wel lovenswaardig. Verder moest er tijdens het tanken rekening gehouden worden met een stilstand van op zijn minst 45 minuten. En vervolgens moest het voertuig meteen aan de 380V lader om te voorkomen dat er in het systeem Fuelcell storingen ontstonden.

Kortom; de waterstoftechnologie is slechts beperkt geschikt voor afvalinzameling in ons heuvelachtige verzorgingsgebied. Als range extender is de waterstoftechniek wel een welkome aanvulling op een standaard (B)EV voertuig; dat blijkt ook uit de geregistreerde data. Het FCEV voertuig hebben we als technisch storingsgevoelig ervaren en het door ons geteste voertuig was wat vermogen betreft absoluut niet toereikend. Het is jammer dat we de zwaardere uitvoering met sterkere (45 kW) Fuelcell niet hebben kunnen testen. Dit had mogelijk de onzekerheid bij onze chauffeur kunnen wegnemen.

Prospectie vanuit E-Trucks Europe H2:

Na de afronding van het H2Rent project en de laatste demonstratie bij Rd4 in heuvelachtige omstandigheden is gebleken dat de aandrijflijn sterker en groter moet om overal in Nederland (en daarbuiten) een optimaal voertuig te hebben. Een deel van de bestaande vloot van voertuigen kunnen ingezet blijven worden voor binnenstedelijke inzameling, hier is het huidige concept toereikend. Zijn de routes intensiever of is de geografie uitdagender, dan zal het voertuig performanter moeten zijn, dit betekent dat het elektrische motorvermogen omhoog moet, met in combinatie een sterkere fuelcell en een batterij pakket dat meer vermogen kan leveren.

Daarbij is het logisch om niet meer uit te gaan van een bestaand diesel voertuig of een “diesel-glider”, maar te starten met een batterij elektrische truck, om daar een range extender systeem op te voorzien. Hiermee is het basis voertuig af OEM al elektrisch, is de batterij technologie state of the art en kan door de ontwikkelingen op gebied van brandstofcellen een sterkere/grotere, betrouwbaardere, maar belangrijker nog een goedkopere component in voertuigen ingebouwd worden. Een mooi voorbeeld hiervan is een brandstofcel van Toyota 2-3x zoveel vermogen levert, compacter is en een factor 2 goedkoper kan worden bij opschaling.

Dit zal zorgen voor een betrouwbaar voertuig dat meer vermogen als ook meer energie als voorheen kan meenemen. Echter zal hiervoor een nieuw ontwikkel en homologatie traject opgestart moeten worden.

Vooruitblik / prospectie zero emissie afvalinzameling in het Rd4 verzorgingsgebied

De maatschappelijke en politieke idealen iz. zero-emissie afvalinzameling lopen wat zware BEV en FCEV voertuigen betreft ruim voor op structureel betaalbare en betrouwbare technische mogelijkheden. Rd4 zal blijven inzetten op verdere verduurzaming van het wagenpark; maar voor zwaar materieel lijkt op dit moment het gebruik van HVO het meest optimale alternatief voor fossiele brandstof.

Elektrificatie zal op termijn onvermijdelijk zijn. Binnen het verzorgingsgebied van Rd4 zijn er weliswaar nog geen gemeenten die deelnemen aan de GreenDeal Zero Emissie Zone's, maar Maastricht neemt hier bijvoorbeeld sinds 1 januari 2025 wel al aan deel. En ook hier moeten wij de binnenstad in voor bijvoorbeeld bedrijfsklanten. Daarnaast zijn er verschillende richtlijnen vanuit de overheid en de branche waardoor we verplicht in steeds meer ZE-voertuigen moeten investeren.

In eigen beheer voorzieningen treffen om waterstof te tanken heeft vanwege met name de regelgeving niet de voorkeur. Het realiseren van voldoende laadcapaciteit voor BEV voertuigen heeft nu wel al hoge prioriteit. Op dit moment is het bestaande "eigen" en gemeentelijke elektriciteitsnet nog maar net toereikend is. Er zijn voor alle locaties netwerkverzwaringen aangevraagd die vanwege capaciteitstekorten bij de netwerkbeheerder allen niet gehonoreerd kunnen worden. Structurele vervanging van fossiele- door BEV-voertuigen is daardoor op dit moment niet werkbaar te realiseren.