



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland



Universiteit Utrecht

# *V2X in Nederland*

Marijn Roks – Stage Master Energy Science

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland – Begeleider: Hielke Schurer

Universiteit Utrecht – Begeleider: dr. ir. Ioannis Lampropoulos

Juni 2019



(aangepast van NewMotion, n.d.)

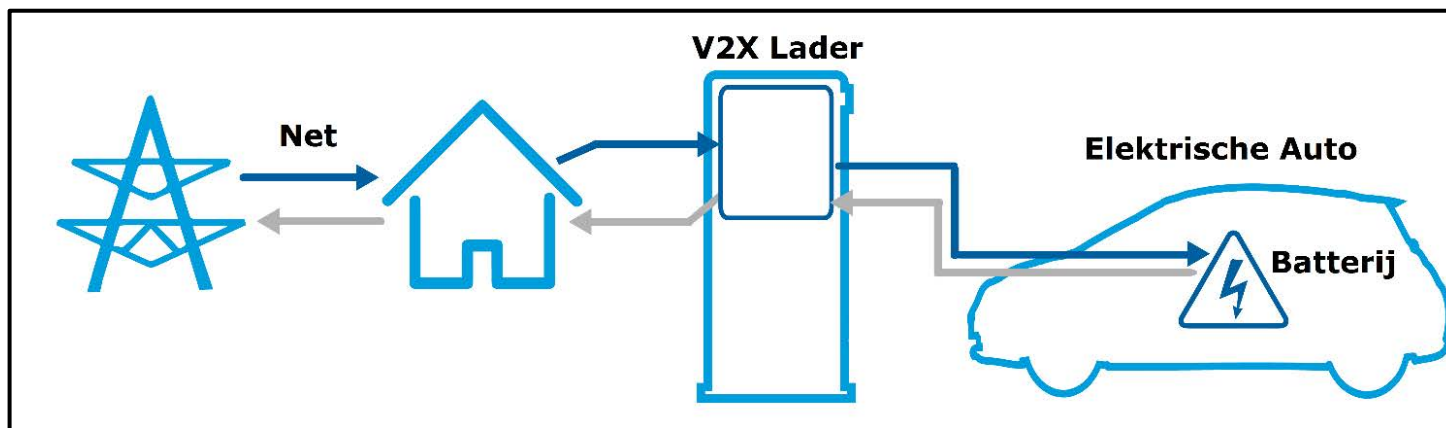
# *Inhoud*

Introductie: V2X technologie .....	3
Stakeholder overzicht.....	5
Business case .....	7
Batterij degradatie .....	10
Regelgeving en beleid .....	13
Conclusie .....	15
Bronnenoverzicht .....	17
Overzicht batterij studies.....	20
Lijst met geïnterviewden .....	22

*Hoofdstuk 1*

Introductie: V2X technologie

Het waait niet altijd en de zon schijnt niet altijd. Een gegeven dat de integratie van hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitsnetwerk bemoeilijkt. Veel partijen zien (een deel van) de oplossing in het toepassen van Vehicle-to-Everything (V2X) technologie. V2X is een verzamelnaam voor de volgende technologieën: Vehicle-to-Grid (V2G), Vehicle-to-Building (V2B), Vehicle-to-Home (V2H) en Vehicle-to-Load (V2L). Kortgezegd, wordt met V2X de mogelijkheid tot bi-directioneel laden bedoeld. Met andere woorden, de elektriciteit stroomt niet meer alleen de elektrische auto (EV) in, maar de EV kan ook elektriciteit terug leveren. Figuur 1 geeft een visuele weergave van V2X.



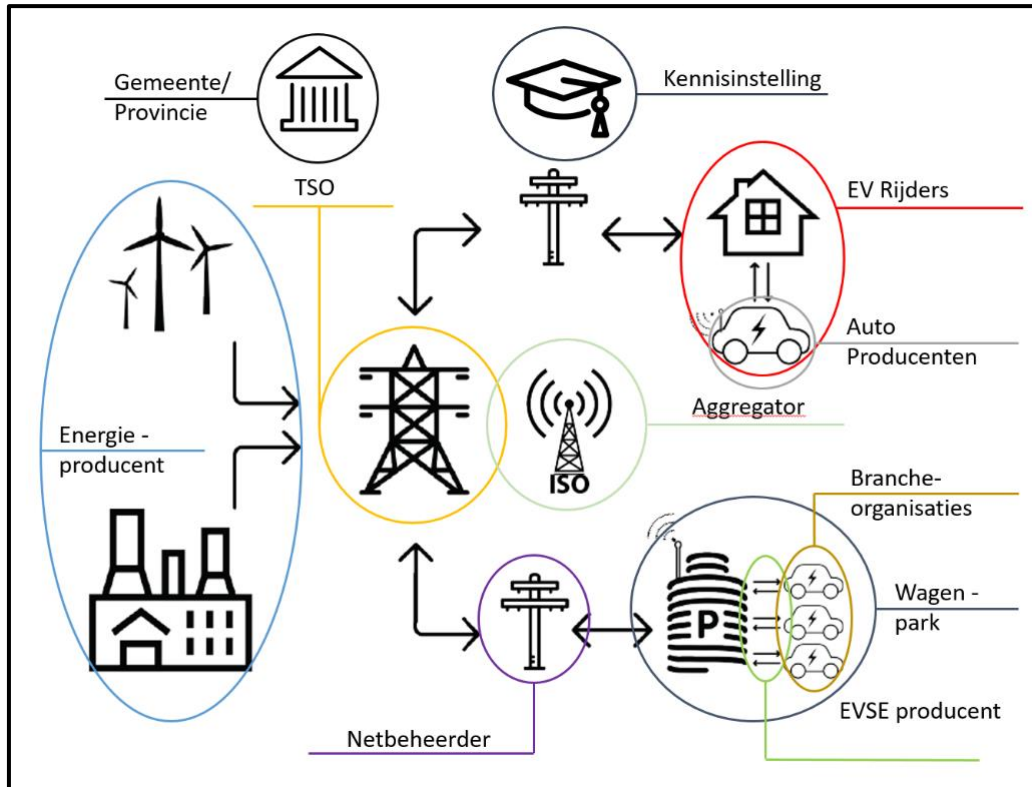
*Figuur 1: Visuele weergave V2X (aangepast van Payne & Cox, 2019)*

V2X wordt gezien als een technologie met veel potentie. Onder andere om piekmomenten voor het elektriciteitsnet te verminderen, netverzwaring te voorkomen en de integratie van hernieuwbare energie in de energiemix te bevorderen. Echter is er ook nog veel onduidelijk rondom deze technologie. Zo is het nog onduidelijk wat de invloed van bi-directioneel laden op de batterij is en lijkt de huidige regelgeving bi-directioneel laden nog onmogelijk te maken. Ander belangrijk aspect voor de ontwikkeling van een technologie is de business case. In andere woorden, wat kan er verdient worden met V2X en door wie. In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het RVO.nl is daarom dit onderzoek gedaan. Dit onderzoek richt zich op de eerder genoemde aspecten en probeert zo de huidige staat van ontwikkeling van V2X in Nederland in kaart te brengen.

*Hoofdstuk 2*

Stakeholder overzicht

V2X is een relatief nieuwe technologie, waardoor het nog onduidelijk is welke partijen er betrokken zijn bij de technologie. Een stakeholderanalyse helpt hier inzicht in te krijgen. In figuur 2 zijn alle stakeholders betrokken bij V2X schematisch weergegeven. De belangrijkste stakeholders zijn daarnaast kort besproken.



Figuur 2: Stakeholder overzicht

Tabel 1: Beschrijving belangrijke stakeholders

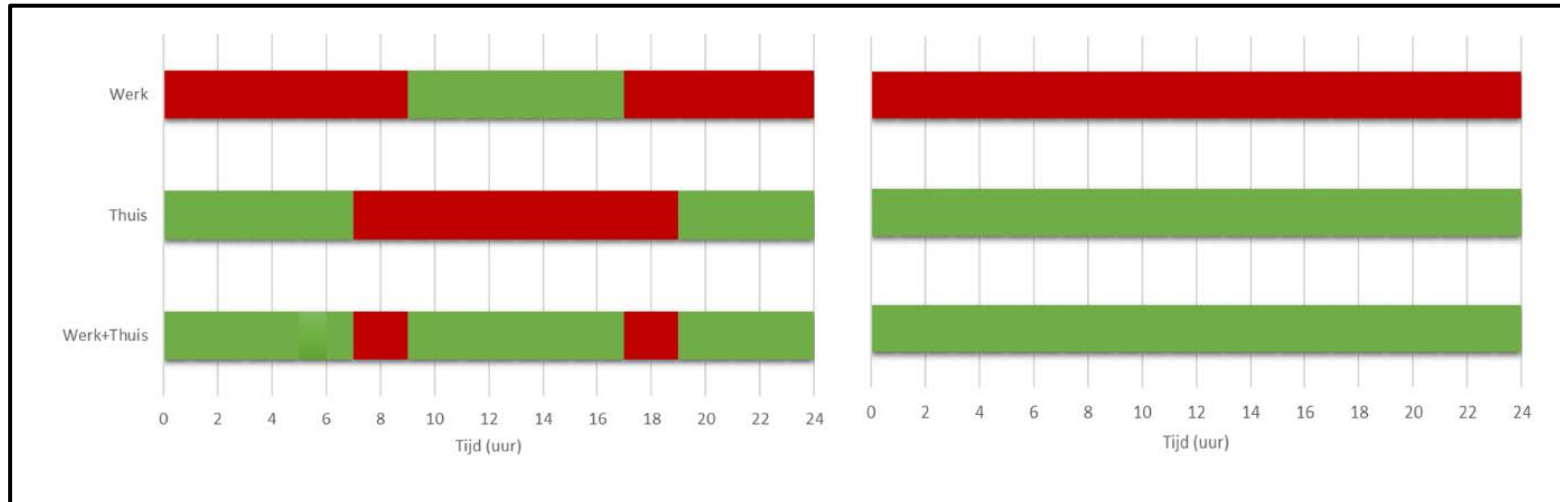
Stakeholder	Rol
Autoproducent	De autoproducent is verantwoordelijk voor het verlenen van garantie op de auto en accu. Hierin ligt ook de huidige aarzeling <b>van de autoproducent om auto's geschikt te maken voor V2X technologie</b> . Het is namelijk nog onvoldoende bewezen wat het effect van V2X is op de accu.
EV Rijder	Het is onduidelijk in hoeverre de EV rijder zelf betrokken zal worden bij het beschikbaar stellen van de EV voor V2X.
Aggregator	Een belangrijke rol voor de implementatie van V2X lijkt weggelegd voor de aggregator. Een aggregator kan worden gezien als een derde partij die EV bezitters in staat stelt hun vermogen ter beschikking te stellen. Verschillende soorten bedrijven zien zichzelf aggregator worden.

*Hoofdstuk 3*

**Business case**

Hieronder wordt de business case van V2X beschreven. De focus ligt bij V2G, dus het gebruik van de EV batterij om te handelen op de elektriciteitsmarkt. De elektriciteitsmarkt bestaat uit verschillende sub markten. De Frequency Containment Reserves (FCR) markt lijkt de meeste geschikte markt. FCR worden gebruikt om de netfrequentie op de afgesproken 50 Hz te houden. Afwijkingen in de frequentie ontstaan doordat het daadwerkelijke aanbod groter of kleiner is dan de vraag. Reserves moeten daardoor zowel van als naar het elektriciteitsnet aangeboden worden. FCR is daardoor bijna altijd nodig. Daarnaast vereist het snelle reacties, relatief hoog vermogen maar lage energie capaciteit. Allemaal eisen die perfect aansluiten op de eigenschappen van een EV batterij.

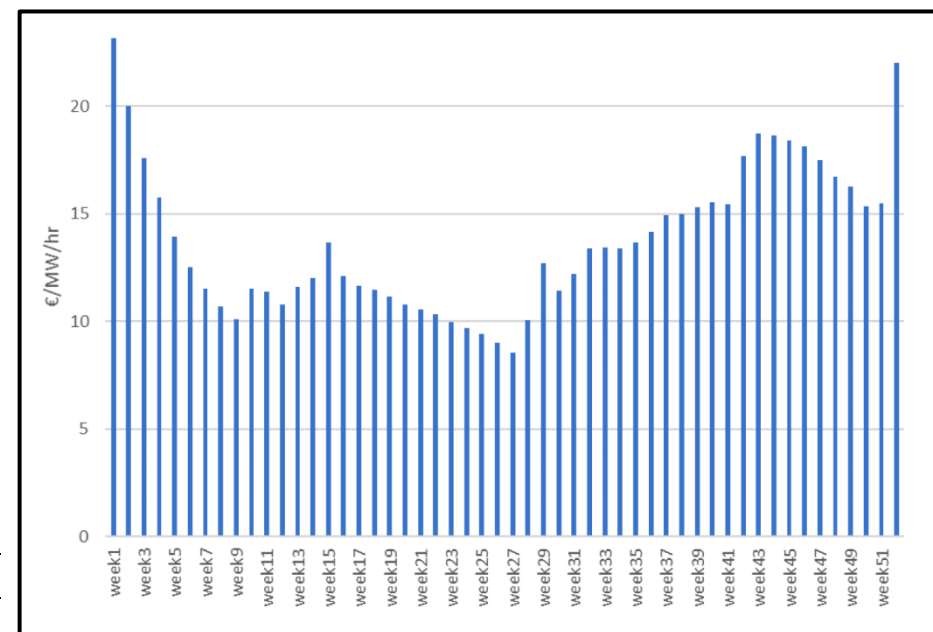
Om de potentiële verdiensten voor het leveren van FCR te berekenen, moeten verschillende aannames gedaan worden. Allereerst zijn er drie verschillende beschikbaarheidsprofielen opgesteld (Figuur 3). **Profiel 'Werk' waarbij enkel onder werktijd bi-directioneel geladen kan worden, profiel 'Thuis' waarbij dit enkel thuis bi-directioneel geladen kan worden.** Het laatste profiel combineert de overige twee. Op jaarbasis leidt dit tot een beschikbaarheid van respectievelijk 2080, 515 en 7696 uur voor de drie profielen.



*Figuur 3: EV beschikbaarheid per dag doordeweeks (links) en in het weekend (rechts)*



Overige aannames die gemaakt werden, betroffen het laadvermogen, de correctiefactor en de FCR prijzen. Voor het laadvermogen en de **correctiefactor is wederom gekozen voor drie verschillende scenario's** (conservatief, gemiddeld en optimistisch). De correctie factor wordt gebruikt om onjuistheden in de andere aannames, bijvoorbeeld beschikbaarheid, te corrigeren. FCR prijzen waren beschikbaar via reguleisting.net. In figuur 4 zijn de gemiddelde FCR prijzen per week te zien. De gemiddelde FCR prijs voor 2018 was 13,37 €/MWh.



Figuur 4: FCR prijzen per week in 2018

Tabel 2: Aannames V2X business case

	<i>Conservatief</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>Optimistisch</i>
Vermogen (kW)	3,7	11	22
Correctie Factor (%)	30	20	10

Door alle aannames te combineren, zijn de potentiële jaarlijkse inkomsten door het leveren van FCR berekend. Tabel 3 laat zien dat de **verdiensten variëren van €75 in de meest conservatieve situatie tot en met bijna €2100 in de meest optimistische** situatie. Belangrijk om te beseffen is het feit dat het hier totale verdiensten betreft. In de praktijk zullen deze nog over de betrokken stakeholders worden verdeeld.

Tabel 3: Potentiële verdiensten voor leveren FCR in 2018

	<i>Werk</i>		<i>Thuis</i>		<i>Werk + Thuis</i>	
Conservatief	€	74,24	€	200,44	€	274,67
Gemiddeld	€	252,23	€	681,02	€	933,25
Optimistisch	€	567,52	€	1.532,29	€	2.099,81

*Hoofdstuk 4*

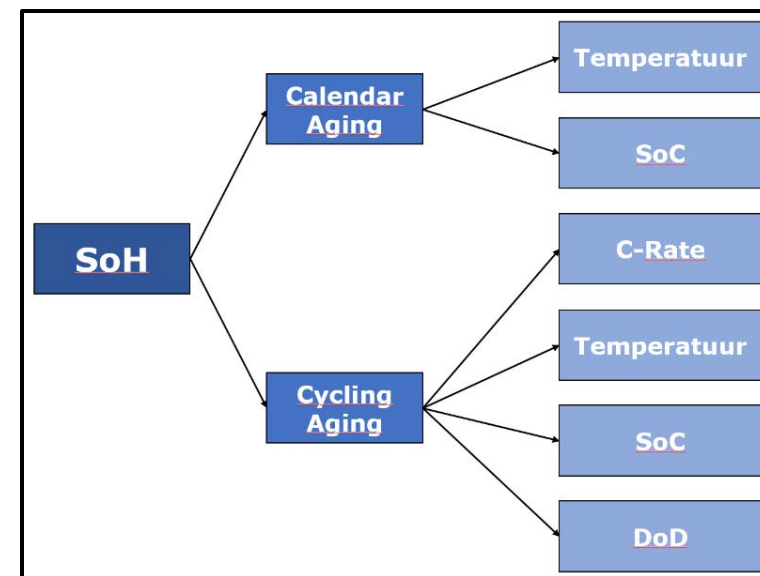
Batterij degradatie

De laatste jaren is er veelvuldig onderzoek gedaan naar het effect van bi-directioneel laden op de EV batterij. Voor dit onderzoek zijn 10 recente (2016 - 2019) onderzoeken bekeken en de conclusies gecategoriseerd als 'Positief effect', 'Neutraal effect' of 'Negatief effect'. Zoals te zien in tabel 1, variëren de resultaten van deze onderzoeken enorm. Sommige studies beweren dat V2X resulteert in wel 30% extra batterij degradatie, terwijl andere studies aantonen dat met een slim batterij management systeem de extra degradatie geminimaliseerd kan worden of in het meest gunstige geval dat V2X zelfs een positief effect kan hebben.

Tabel 1: Samenvatting batterij studies

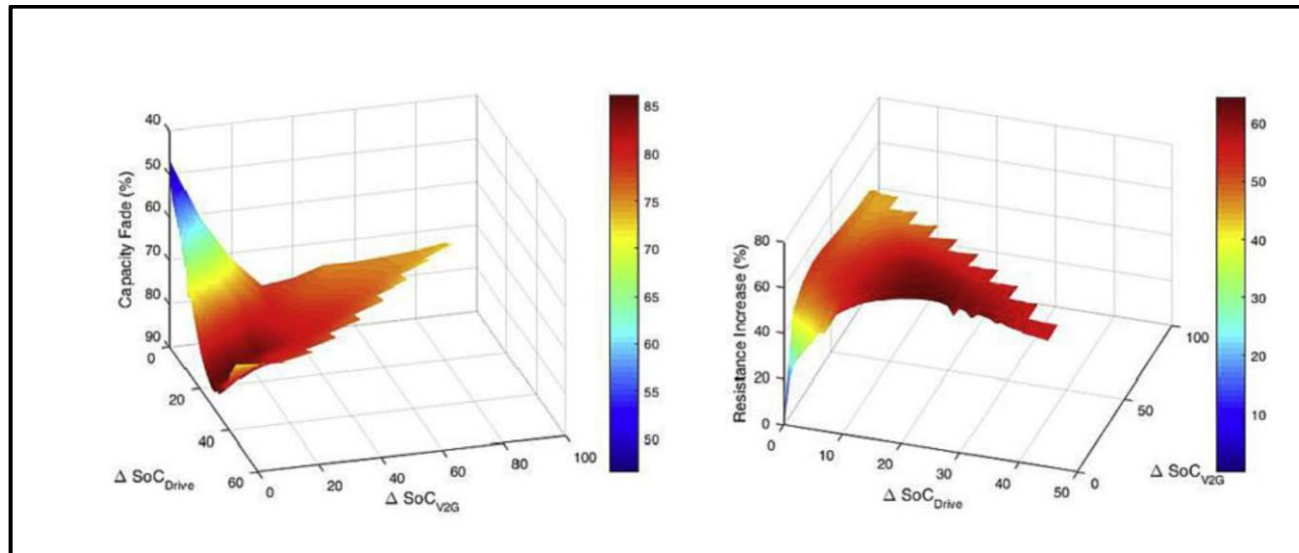
Totaal aantal studies	Positief effect	Neutraal effect	Negatief effect
10	3	4	3

Het is de vraag hoe het kan de conclusies van deze onderzoeken zo ver uit elkaar liggen. Om deze vraag te beantwoorden, is het noodzakelijk iets meer inzicht te krijgen in batterij degradatie. Tijdens het gebruik van de batterij wordt dit elektrolyt ontleed, met batterij degradatie als gevolg. Batterij degradatie bestaat uit een toenemende weerstand in de cel en een afnemende batterij capaciteit (Shi, Xu, Tan, Kirschen, & Zhang, 2017). EV batterij degradatie kan worden gesplitst in degradatie door gebruik (op- en ontladen en rijden), cycling aging, en degradatie door stil staan, calendar aging. Zoals te zien in figuur 3, worden beide vormen van degradatie beïnvloed door de State of Charge (SoC) en de temperatuur. SoC is het nog resterende batterij percentage, variërend van 0% tot 100%.



Figuur 3: Batterij degradatie (Thompson, 2018)

Van deze twee kan enkel de SoC worden beïnvloed door bi-directioneel te laden. In figuur 4 zijn het capaciteitsverlies en de toenemende weerstand geplotted ten opzichte van de batterij capaciteit gebruikt voor rijden ( $\Delta SoC_{Drive}$ ) en voor V2X ( $\Delta SoC_{V2G}$ ). Hoe donkerder de kleur rood, hoe groter de batterij degradatie zal zijn. Vanuit beide figuren kan opgemerkt worden dat er momenten denkbaar zijn dat het capaciteitsverlies en de toenemende weerstand verminderd kan worden, als de batterij iets verder wordt ontladen door V2X.



*Figuur 4: Impact van rijden en V2X op het capaciteitsverlies (links) en de toenemende weerstand (rechts) (Uddin et al., 2017)*

Alles tezamen geeft dit een mogelijke verklaring voor de grote verschillen tussen de batterij studies. Batterij degradatie is namelijk afhankelijk van verschillende factoren. Een van de belangrijkste factoren die beïnvloed kan worden door V2X is de SoC. Batterij degradatie treedt het meeste op bij extreme SoC waarden ( $< 20\%$  en  $> 80\%$ ). Samen met een slim batterij management systeem zou V2X er voor kunnen zorgen dat de batterij capaciteit binnen deze limieten blijft en zo batterij degradatie te minimaliseren of zelfs te verminderen.

*Hoofdstuk 5*

Regelgeving en beleid

In 2017 is door PricewaterhouseCoopers (PwC), in opdracht van de Gemeente Utrecht en Stichting ElaadNL, een rapport opgesteld over de regelgeving en het beleid omtrent smart charging (PWC, 2017). Hierin zijn de institutionele knelpunten en mogelijke oplossingen beschreven. Hieronder worden de vier belangrijkste knelpunten tot 2020, besproken bijgewerkt naar de huidige situatie (juni 2019).

1. *Ontbrekende prikkel voor optimaliseren eigen verbruik achter de meter in een EV:* EV-rijders met (eigen) zonnepanelen worden financieel niet geprikkeld om achter hun meter de zelf opgewekte duurzame elektriciteit en de opslagcapaciteit vanuit de auto optimaal in te zetten ten behoeve van hun eigen (piek)vraag naar elektriciteit. Dit komt voort uit de huidige salderingsregeling. De financiële prikkel had gecreëerd kunnen worden door de salderingsregeling te vervangen voor een terugleversubsidie. In april 2019 is echter bekend geworden dat de huidige salderingsregeling wordt gehandhaafd tot 2023 (Rijksoverheid, 2019). De financiële prikkel blijft daarmee voorlopig uit.
2. *Mogelijk dubbele energiebelastingheffing voor bi-directioneel laden:* Iedere keer dat de auto na het ontladen weer wordt opgeladen, lijkt energiebelasting over de galden kWh te moeten worden betaald. Mogelijke oplossing is een aanpassing van de belastingwetgeving, waardoor bi-directioneel laden niet meer wordt aangemerkt als product of levering, maar als opslagdienst waarvoor geen belasting betaald hoeft te worden.
3. *Geen prikkel voor uitrol laadinfrastructuur met maximale laadcapaciteit voor Smart Charging:* Hoe hoger de capaciteit van de aansluiting, hoe sneller een auto kan opladen en hoe meer flexibiliteit gegenereerd wordt voor de inzet van de auto voor Smart Charging. Een hoge capaciteit aansluiting is echter significant duurder, waardoor voornamelijk aansluitingen met een lage capaciteit in het (semi)publieke domein worden geïnstalleerd.
4. *Onduidelijk of Smart Charging t.b.v. regionale netbeheerder mag worden ingezet:* Het groepsverbod in de elektriciteitswet lijkt regionale netbeheerders niet toe te staan om opslag capaciteit te bezitten. Of zij de flexibiliteit mag inzetten die kan worden ontsloten met behulp van opslag in elektrische voertuigen is onduidelijk.

*Hoofdstuk 6*

Conclusie

Dit onderzoek probeert de potentie en beperkingen van Vehicle-to-Everything (V2X) in Nederland in kaart te brengen. Met V2X wordt het bi-directioneel laden van elektrische voertuigen (EV) bedoeld. Een stakeholder analyse is uitgevoerd om alle betrokken partijen te inventariseren. Het blijkt dat er een grote variëteit aan partijen zich bezig houdt met V2X technologie. Gedurende het onderzoek zijn verschillende stakeholders geïnterviewd om hun visie en rol in het V2X landschap in Nederland te verduidelijken. Geconcludeerd kan worden dat een aantal rollen, aggregator, EV rijder en autoproducent, nog verder ontwikkelt zullen moeten worden in de nabije toekomst.

In dit onderzoek is tevens gekeken naar de businesscase voor V2X. Hierbij lag de focus op Vehicle-to-Grid. In andere woorden, het gebruik van de EV batterij om te handelen op de elektriciteitsmarkt. Het is gebleken dat de frequency containment reserves (FCR) markt hier het meest voor geschikt is. Deze markt wordt gebruikt om de netfrequentie te bewaken en is daardoor bijna altijd nodig en vereist snelle reacties. **Tevens zijn beschikbaarheidsscenario's (thuis en werk laden) en vermogensscenario's (variërend van 3,7 kW tot 22 kW) ontwikkeld om de mogelijke verdiensten te berekenen. Deze berekeningen resulteren in jaarlijkse verdiensten die kunnen oplopen tot €2000. Op het moment van schrijven, lijken jaarlijkse verdiensten van €250 tot €750 een redelijke aanname. Belangrijk om hier bij te vermelden is dat het totale verdiensten betreft, deze zullen nog onder de betrokken stakeholders verdeeld moeten worden.**

Ander belangrijk aspect om mee te nemen in dit onderzoek is batterij degradatie. Meninge lopen erg uit een wanneer het dit onderwerp betreft. In totaal zijn 10 onderzoeken bestudeerd, waarbij de conclusies ook ver uit elkaar lopen. Verder onderzoek laat echter zien dat begincondities van groot belang zijn voor het onderzoeksresultaat. Het lijkt daarom een redelijke aanname dat extra batterij degradatie gelimiteerd kan worden in combinatie met een slim batterij management systeem.

Als laatste is ook nog gekeken naar huidig beleid en regelgeving dat de verdere ontwikkeling van V2X belemmerd. Hieruit bleek dat er vooral een tekort aan prikkels is. Onder andere om V2X te gebruiken om thuis consumptie te optimaliseren en om (semi-) publieke laadpalen met maximale capaciteit te plaatsen.



*Appendix I*

Bronnenoverzicht

- Ahmadian, A., Sedghi, M., Mohammadi-ivatloo, B., Elkamel, A., Aliakbar Golkar, M., & Fowler, M. (2018). Cost-Benefit Analysis of V2G Implementation in Distribution Networks Considering PEVs Battery Degradation. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 9(2), 961–970. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2017.2768437>
- Baloglu, U. B., & Demir, Y. (2017). Economic Analysis of Hybrid Renewable Energy Systems with V2G Integration Considering Battery Life. *Energy Procedia*, 107, 242–247. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2016.12.140>
- Dubarry, M., Baure, G., & Devie, A. (2018). Durability and Reliability of EV Batteries under Electric Utility Grid Operations: Path Dependence of Battery Degradation. *Journal of The Electrochemical Society*, 165(5), A773–A783. <https://doi.org/10.1149/2.0421805jes>
- Dubarry, M., Devie, A., & McKenzie, K. (2017). Durability and reliability of electric vehicle batteries under electric utility grid operations: Bidirectional charging impact analysis. *Journal of Power Sources*, 358, 39–49. <https://doi.org/10.1016/J.JPOWSOUR.2017.05.015>
- Hesse, H., Schimpe, M., Kucevic, D., & Jossen, A. (2017). Lithium-Ion Battery Storage for the Grid—A Review of Stationary Battery Storage System Design Tailored for Applications in Modern Power Grids. *Energies*, 10(12), 2107. <https://doi.org/10.3390/en10122107>
- Jafari, M., Gauchia, A., Zhao, S., Zhang, K., & Gauchia, L. (2018). Electric Vehicle Battery Cycle Aging Evaluation in Real-World Daily Driving and Vehicle-to-Grid Services. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 4(1), 122–134. <https://doi.org/10.1109/TTE.2017.2764320>
- Liu, L., Liu, T., Zhang, T., & Liu, J. (2016). *Orderly charging and discharging strategy optimization for electric vehicles considering dynamic battery-wear model* (Vol. 40). <https://doi.org/10.7500/AEPS20150324001>
- NewMotion. (n.d.). V2G maakt plaats voor V2X. Retrieved 12 June 2019, from [https://newmotion.com/nl\\_NL/v2g-maakt-plaats-voor-v2x](https://newmotion.com/nl_NL/v2g-maakt-plaats-voor-v2x)
- Payne, G., & Cox, C. (2019). *Understanding the True Value of V2G*. Retrieved from <https://www.cenex.co.uk/wp-content/uploads/2019/05/True-Value-of-V2G-Report.pdf>

PWC. (2017). *Smart charging van elektrische voertuigen: Institutionele knelpunten en mogelijke oplossingen*.

Rijksoverheid. (2019). Salderingsregeling verlengd tot 2023. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2019/04/26/salderingsregeling-verlengd-tot-2023>

Shi, Y., Xu, B., Tan, Y., Kirschen, D., & Zhang, B. (2017). Optimal Battery Control Under Cycle Aging Mechanisms in Pay for Performance Settings. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1709.05715>

Thingvad, A., & Marinelli, M. (2018). Influence of V2G Frequency Services and Driving on Electric Vehicles Battery Degradation in the Nordic Countries. In *Evs31 & EVTeC 2018*. Geraadpleegd van [http://orbit.dtu.dk/en/publications/influence-of-v2g-frequency-services-and-driving-on-electric-vehicles-battery-degradation-in-the-nordic-countries\(d5c40721-639d-4bdf-8559-a51f505cedea\).html](http://orbit.dtu.dk/en/publications/influence-of-v2g-frequency-services-and-driving-on-electric-vehicles-battery-degradation-in-the-nordic-countries(d5c40721-639d-4bdf-8559-a51f505cedea).html)

Thompson, A. W. (2018, August 31). Economic implications of lithium ion battery degradation for Vehicle-to-Grid (V2X) services. *Journal of Power Sources*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.06.053>

Uddin, K., Jackson, T., Widanage, W. D., Chouchelamane, G., Jennings, P. A., & Marco, J. (2017). On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system. *Energy*, 133, 710–722. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2017.04.116>

Wang, D., Coignard, J., Zeng, T., Zhang, C., & Saxena, S. (2016). Quantifying electric vehicle battery degradation from driving vs. vehicle-to-grid services. *Journal of Power Sources*, 332, 193–203. <https://doi.org/10.1016/J.JPOWSOUR.2016.09.116>

*Appendix II*

Overzicht batterij studies

Artikel	Auteur	Batterij effect
Cost-Benefit Analysis of V2G Implementation in Distribution Networks Considering PEVs Battery Degradation	(Ahmadian et al., 2018)	Positief
Economic implications of lithium ion battery degradation for Vehicle-to-Grid (V2X) services	(Thompson, 2018)	Positief
Influence of V2G Frequency Services and Driving on Electric Vehicle Battery Degradation in the Nordic Countries	(Thingvad & Marinelli, 2018)	Neutraal
Durability and reliability of electric vehicle batteries under electric utility grid operations: Bidirectional charging impact analysis	(Dubarry, Devie, & McKenzie, 2017)	Negatief
On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system	(Uddin et al., 2017)	Positief
Electric Vehicle Battery Cycle Aging Evaluation in Real-World Daily Driving and Vehicle-to-Grid Services	(Jafari, Gauchia, Zhao, Zhang, & Gauchia, 2018)	Negatief
Durability and Reliability of EV Batteries under Electric Utility Grid Operations: Path Dependence of Battery Degradation	(Dubarry, Baure, & Devie, 2018)	Negatief
Economic Analysis of Hybrid Renewable Energy Systems with V2G Integration Considering Battery Life	(Baloglu & Demir, 2017)	Negatief
Quantifying electric vehicle battery degradation from driving vs. Vehicle-to-grid services	(Wang, Coignard, Zeng, Zhang, & Saxena, 2016)	Neutraal
Orderly Charging and Discharging Strategy Optimization for Electric Vehicles Considering Dynamic Battery-wear Model	(Liu, Liu, Zhang, & Liu, 2016)	Neutraal

*Appendix III*

Lijst met geïnterviewden

---

Nr.	Bedrijf of organisatie	Persoon
1	Vereniging Elektrische Rijders (VER)	Maarten van Biezen
2	Nissan BeNeLux	Renke Barendrecht
3	Renault Nederland N.V.	Jaap van Tiggelen
4	ENGIE Infra & Mobility B.V.	Arjan van Velzen
5	RAI-vereniging	Wout Benning
6	ElaadNL	Bram van Eijnsden
7	Dutch Organisation for Electric Transport (DOET)	Michel van Lindert
8	Picnic	Amy Klein
9	Alfen BV.	Wouter de Ridder
10	TenneT	Emma van der Veen
11	Gemeente Utrecht	Matthijs Kok

---