



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Driving the sustainable transition: battery material dynamics and emission assessments of EU electric mobility

Tang, C.

Citation

Tang, C. (2026, May 19). *Driving the sustainable transition: battery material dynamics and emission assessments of EU electric mobility*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4304420>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4304420>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Samenvatting

Elektrische voertuigen (EV's) bieden een veelbelovende oplossing voor het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen (BKG) in de personenvervoerssector. Dankzij de vooruitgang op het gebied van lithium-ion batterijen (LIB) zijn EV's die gedeeltelijk of volledig door batterijen worden aangedreven de dominante keuze op de markt geworden voor de komende decennia. Om de toenemende broeikasgasemissies in de EU-sector voor personenvervoer aan te pakken, heeft de EU een reeks beleidsmaatregelen en -initiatieven aangekondigd om het marktaandeel van EV's in de EU te vergroten. Het betreft onder meer de Europese Green Deal en het "Fit For 55"-pakket. EV batterijen bevatten echter kritieke en schaarse materialen en de productie ervan is energie-intensief. Dit leidt tot onzekerheid over de vraag hoe duurzaam de overgang van fossiele verbrandingsmotoren naar EV's in de EU is. Het is daarom nodig een beter inzicht te krijgen in de materiaalstromen en broeikasgasemissies die het gevolg zijn van een de overgang naar geëlektrificeerde mobiliteit (e-mobiliteit).

Het doel van dit proefschrift is het ontwikkelen en kwantitatief beoordelen van strategieën voor een transitie naar e-mobiliteit in de EU. Om dit doel te bereiken, combineert het proefschrift materiaalstroomanalyse met toekomstige scenario's voor het gebruik van voertuigen om de vraag naar lithium (Li), kobalt (Co) en nikkel (Ni) tijdens de transitie naar e-mobiliteit in de EU tot 2040 te kwantificeren. Hierin wordt rekening gehouden met het marktaandeel van typen personenauto's en de samenstelling van EV-batterijen. Hiernaast wordt de invloed op uitstoot van broeikasgassen geanalyseerd, rekening houdend met de potentiële de carbonisatie van het elektriciteitsnet.

Hoofdstuk 2 richt zich op de ontwikkeling van een model dat de materiaalbehoefte als gevolg van een transitie naar e-mobiliteit analyseert. Nederland werd geselecteerd als casestudy, aangezien Nederland een van de landen is die voorlopen op het gebied van bevordering van koolstofarme systemen voor personenvervoer. In de hoofdstukken 3 tot en met 5 wordt de scope uitgebreid naar meer Europese landen. Verder wordt geanalyseerd hoe Li, Co en Ni aan het einde van hun levensduur kunnen worden verwerkt, evenals hun potentieel voor circulair materiaalgebruik. De beschikbaarheid van secundaire materialen wordt beoordeeld in de context van de bijgewerkte EU-batterijrichtlijn en de verwachte ontwikkeling van recyclingmogelijkheden in de EU. Daarnaast berekent het onderzoek welke reductie van broeikasgasemissies verwacht kan worden gezien de nationale ambities van 30 Europese landen op het gebied van e-mobiliteit tot 2030. Deze reductie wordt vergeleken met de EU-klimaatdoelstelling

voor 2030, zoals uiteengezet in de Green Deal van 2019.

Uit de bevindingen in hoofdstukken 2 en 4 blijkt dat de vraag naar Li, Co en Ni naar verwachting tot 2040 zal blijven groeien. Gezien de ambitie in 2035 een volledig elektrische automarkt in de EU te realiseren, zal de vraag naar elektrische voertuigen tegen 2040 naar verwachting twintig keer zo groot zijn als in 2020. Dit houdt weer in dat de jaarlijkse vraag naar EV-materialen met minstens 50 keer zal toenemen, en de hoeveelheid EV-materialen die in gebruik is met minstens 220 keer. Dit houdt in dat alleen al om aan de materiaalvraag voor EV's te voldoen, het gemiddelde jaarlijkse productievolume van deze materialen tussen 2016 en 2021 overtreffen. Als andere EU landen de transitiesnelheid in pionierslanden als Nederland gaan volgen, zal dat leiden tot een extra toename van de vraag naar Li, Co en Ni met minstens 30% per jaar. Kleinere batterijcapaciteiten en langere levensduur helpen de vraag naar materialen te verminderen, terwijl grotere capaciteiten en kortere levensduur de materiaalbehoefte zullen laten toenemen. De vraag naar Li en Ni is relatief ongevoelig voor ontwikkelingen in de huidige generatie LIB-technologieën. De vraag naar Co kan echter sterk worden beperkt door meer gebruik te maken van LIB-batterijen met een laag Co-gehalte.

Hoofdstuk 3 geeft aan dat onder invloed van de transitie naar e-mobiliteit zoals uiteengezet in de Green Deal van 2019 het aantal elektrische personenauto's in de EU in 2040 naar verwachting 97 keer zo groot zal worden als in 2020. Deze toename van het aantal elektrische voertuigen in combinatie met de afnemende koolstofintensiteit van het elektriciteitssysteem in de EU zal naar verwachting leiden tot een vermindering van 52% van de jaarlijkse broeikasgasemissies tegen 2040. De cumulatieve emissiereductie tussen 2020 en 2040 wordt ingeschat op 2.0 gigaton CO₂-equivalent. Deze reducties zijn niet voldoende zijn om de klimaatdoelstellingen van de Green Deal van 2019 te halen, die inhouden dat de broeikasgasemissies in 2030 37.5% lager zijn dan het niveau van 1990. De analyse toont ook aan dat de uiteenlopende ambities van de EU-lidstaten op het gebied van e-mobiliteit er toe leiden dat personenauto's met verbrandingsmotoren (ICEV's) nog lang de overhand hebben in de EU. Naar verwachting maken zij in 2040 nog steeds 78% van alle personenauto's voor privégebruik uit. Om de reductiedoelstellingen van de Green Deal te halen, moeten zowel de invoering van EV's als de uitfasering van ICEV's worden versneld. Daarnaast moet al in de periode 2020-2030 sterker worden ingezet op het gebruik van hernieuwbare energie in het elektriciteitssysteem van de EU.

De emissiereducties door het rijden met EV's in aanzienlijke mate teniet worden gedaan door de broeikasgasemissies die gepaard gaan met de energie-intensieve productie van EV-batterijen. Dit verschuift de milieubelasting naar de landen waar EV's

Samenvatting

worden geproduceerd, die momenteel grotendeels buiten de EU liggen. Als gevolg hiervan zullen de milieuvordelen van het gebruik van EV's pas worden gerealiseerd wanneer de broeikasgasemissies van de productie volledig worden gecompenseerd door schoner te rijden. Dat moment zal naar verwachting pas na 2030 aan de orde zijn. Om dit moment sneller te bereiken moet de milieubelasting van productie van EV's worden teruggedrongen. Een versnelde reductie van de koolstofintensiteit van het elektriciteitssysteem in zowel de EV-producerende landen (productie-emissies) als in de EU (uitstoot als gevolg van rijden) helpt hierbij. Door de levensduur van zowel EV's als EV-batterijen te verlengen, kan de jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen door de EV-productiesector aanzienlijk worden verlaagd.

Hoofdstukken 4 en 5 tonen aan dat secundair Li, Co en Ni pas na 2030 beschikbaar zullen komen, aangezien de meeste EV's nog lang in de gebruiksfase blijven. Het is daarom niet mogelijk om op korte termijn via (gesloten) recycling te voldoen aan doelstellingen die in de EU-batterijverordening van 2023 zijn vastgelegd voor het gebruik van secundaire materialen voor de productie van nieuwe EV-batterijen. De vraag naar EV's en hieraan gerelateerde materialen neemt de komende periode simpelweg te sterk toe. Het zal moeilijk zijn om vóór 2040 de materiaalkringlopen van Li, Co en Ni gebruikt in EV's in de EU te sluiten. Bij volledige naleving van de recyclingdoelstellingen die zijn vastgelegd in de EU-batterijverordening, zullen de terugwinbare Li, Co en Ni uit afgedankte batterijen naar verwachting 20% tot 30% van de cumulatieve materiaalbehoefte tussen 2030 en 2040 afdekken. Dit helpt de balans tussen vraag en aanbod van zulke materialen te verbeteren. Dit is vooral het geval voor Co, omdat in de toekomst batterijen met een laag Co-gehalte de markt gaan domineren. De groei van de batterijproductie in de EU kan helpen om de EU minder afhankelijk te maken van de invoer van EV-batterijen, zoals blijkt uit de handelspatronen van 2017 tot 2022.

Een achterblijvende groei van recyclingcapaciteit kan echter terugwinning van materialen belemmeren. Dat levert obstakels op voor de verdere groei van de productie van EV-batterijen. Daarom is het van essentieel belang om de recyclingcapaciteit af te stemmen op de verwachte toename van het aantal gebruikte en afgedankte batterijen. Verder moeten hoge inzamelpercentages worden gerealiseerd om materiaalverlies te voorkomen en valorisatie van secundaire materialen te waarborgen.

Het verminderen van de vraag naar materialen door de levensduur van batterijen te verlengen zal ook gevolgen hebben voor de beschikbaarheid van secundaire materialen. Een langere levensduur van batterijen verlaagt de omloopsnelheid van EV-batterijen en vertraagt het moment waarop zijn aan het einde van hun levensduur worden aangeboden aan recyclingfaciliteiten.

Het verbeteren van EV-batterijtechnologie, het implementeren van circulaire praktijken en het koolstofarm maken van energiesystemen zijn cruciaal voor een duurzame transitie naar e-mobiliteit in de EU. Het optimaliseren van batterijcapaciteit en het ontwikkelen van batterijtypen met lage Co-gehalten kan de afhankelijkheid van kritieke primaire grondstoffen sterk verminderen. Circulaire benaderingen leveren naar verwachting hoge milieuvoordelen op. Dit onderstreept de noodzaak van het opzetten van een effectief inzamelsysteem en een uitgebreid recyclingsysteem. Parallel hieraan is een vermindering van de koolstofintensiteit van het elektriciteitssysteem essentieel. Anders worden de milieuvoordelen van grootschalige invoering van elektrische voertuigen niet volledig gerealiseerd. Ons onderzoek toonde verder aan dat klimaat- en circulariteitsdoelstellingen niet altijd gehaald kunnen worden bij een niet goed uitgebalanceerde transitie naar EV's. Dit duidt op de noodzaak van een coherent en goed gecoördineerd kader voor klimaat- en circulariteitsbeleid, waardoor milieudoelstellingen effectief kunnen bijdragen aan de duurzaamheid op lange termijn van de transitie naar e-mobiliteit in de EU.

Om een meer volledig beeld te krijgen van de dynamiek rond materiaalbehoeften voor transport, kunnen toekomstige evaluaties verder gaan dan alleen een focus op EV's. Het toepassen van prospectieve Levenscyclusanalyse lever mogelijk nieuwe inzichten in nieuwe opties voor emissiereducties. Dit kan helpen in het definiëren optimale decarbonisatietrajecten voor het EU-wagenpark. Het is verder noodzakelijk om circulariteitsdoelstellingen dynamisch te maken, rekening houdend met het feit dat b.v. EV's die nu op de markt komen, pas over 1020 jaar gerecycled kunnen worden. Pas als de EV markt in 'steady state' is kan er een statische doelstelling ten aanzien van closed loop recycling worden gesteld.

