

Het verschil in invloed van belastingvoordelen en subsidies op jaarlijkse registraties van elektrische voertuigen



Abstract:

In dit onderzoek wordt aan de hand van een set paneldata onderzocht of een subsidie een ander effect op het gebruik van elektrische auto's heeft dan een belastingvoordeel. Uit de literatuur volgt dat er (fiscale) beleidsmaatregelen zijn die bijdragen aan het vergroenen van personentransport. Tevens blijkt uit meerdere empirische papers dat fiscale maatregelen consumenten daadwerkelijk stimuleren om op elektrisch vervoer over te stappen. Of er voor Europese landen een verschil bestaat tussen de twee stimuleringscategorieën zoals ik die in dit onderzoek onderscheid, wordt uit deze papers niet duidelijk. Middels een regressieanalyse is een vergelijking geschat waarmee het effect van de twee doelvariabelen belastingvoordelen en subsidies plus belastingvoordelen op het gebruik van elektrische voertuigen duidelijk wordt. Hierbij is gecontroleerd voor meerdere socio-economische variabelen. Hieruit volgt dat het onduidelijk is of belastingvoordelen het aantal registraties van elektrische voertuigen beter of slechter verklaren dan subsidies. Verder blijkt dat het effect van dalende accuprijzen en het opleidingsniveau van de bevolking belangrijk is. Ook factoren als het aantal laadpalen en het bruto nationaal inkomen per capita zijn niet verwaarloosbaar bij het aanjagen van het gebruik van elektrische voertuigen.

Naam scriptant: Henri Slob

Studentnummer: 409142

Masterscriptie Fiscale Economie

Supervisor: dr. K.F.J. Spiritus

Tweede lezer: dr. A.A.F. Gerritsen

Datum: 16-01-2019

Erasmus School of Economics
Erasmus Universiteit Rotterdam

Inhoud

Gebruikte afkortingen	I
Hoofdstuk 1 – Inleiding.....	1
Relevantie.....	1
Hoofdstuk 2 – Empirische ontwikkelingen en inbedding economische theorie	5
2.1 Conceptueel onderzoek beleidseconomie	5
2.1.1 Externaliteiten	5
2.1.4 Relevante gedragseconomische literatuur.....	9
2.2 Beleidsaandacht omtrent het groene rijden	14
2.2.1 Internationaal beleid	15
2.2.2 Europees beleid	15
2.2.3 Nationaal beleid	16
2.3 Ontwikkeling inzichten empirisch onderzoek	17
2.3.1 Elektrische auto's en het belang van hoge brandstofprijzen	17
2.3.2 Doelmatigheid stimulering met socio-economische variabelen als controle	20
2.3.3 Analyse effect elektrische versus traditionele auto's op CO ₂ -uitstoot	24
Hoofdstuk 3 – Data en methodologie	25
3.1 Beschrijving data	25
3.1.1 Doelvariabelen.....	26
3.1.2 Controlevariabelen	29
3.2 Introductie model en toelichting analysemethode.....	31
Hoofdstuk 4 – Resultaten en discussie.....	33
4.1 Beschrijvende statistieken.....	33
4.2 Resultaten van analyse	35
4.3 Discussie en reflectie	36
Hoofdstuk 5 – Conclusie en aanbevelingen	40
Bibliografie.....	42
Bijlagen	46
Bijlage A	46
Bijlage B	47
Bijlage C	48

Gebruikte afkortingen

Afkorting	Betekenis
ACEA	European Automobile Manufacturers' Association
Bbp	Bruto binnenlands product
BEV	Battery Electric Vehicle
Bni	Bruto Nationaal Inkomen
Bpm	Belasting voor personenauto's en motorrijwielen
Btw	Belasting over toegevoegde waarde
CPLC	Carbon Pricing Leadership Coalition
EAFO	European Alternative Fuels Observatory
EG	Europese Gemeenschap
EU	Europese Unie
EV	Electric Vehicle
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
HEV	Hybrid Electric Vehicle
HOV lane	High Occupancy Vehicle lane
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle
IEA	International Energy Agency
MIT	Massachusetts Institute of Technology
Mrb	Motorrijtuigenbelasting
NEA	Nederlandse Emissieautoriteit
OESO	Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling
PHEV	Plug-in Hybrid Vehicle
Rli	Raad voor leefomgeving en infrastructuur
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Wet IB	Wet Inkomstenbelasting 2001

Hoofdstuk 1 – Inleiding

In de afgelopen jaren is verduurzaming van het leefmilieu steeds belangrijker geworden. Dit blijkt onder andere uit de zoektocht naar schonere opwekking van energie, maar ook uit de inzet op productie van schonere auto's (McKinsey & Company, & Amsterdam Roundtables Foundation, 2014; Van Putten, 2017). Beleidsmatig uit deze aandacht zich onder andere in het Parijsakkoord (Conference of Parties, 2015) en de Verordening van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2009 (Verordening (EG) nr. 443/2009). In deze Verordening hebben het Parlement en de Raad aangegeven toe te willen naar een Europese Unie (hierna: EU) waarin minder vervuilende auto's rijden en waarin de verstrekte informatie over auto's van betere kwaliteit is. Om dit te bereiken zijn drie pijlers opgesteld, te weten: "vrijwillige verbintenissen van de auto-industrie om de emissies te verlagen, het verbeteren van de consumenteninformatie en het bevorderen van brandstofefficiënte auto's door middel van fiscale maatregelen" (Verordening (EG) nr. 443/2009). Daarnaast geeft de Europese Commissie in een mededeling aan dat zij naar een EU toe wil groeien waarin elektrisch transport een belangrijke rol speelt (Mededeling (EG) COM/2008/0800). Om dit te verwezenlijken is een Europees partnerschap genaamd Green eMotion gesteund dat tussen maart 2011 en februari 2015 bestaan heeft (Green eMotion, 2018). Dit partnerschap was een samenwerking van de Commissie, de industrie, onderzoeksinstituten en anderen. Er kan dus geconcludeerd worden dat de EU duurzaam transport, zoals elektrische voertuigen, van groot belang acht voor een duurzamer leefmilieu.

Relevantie

Met dit onderzoek voeg ik wetenschappelijke inzichten toe aan de discussie over hoe overheidsbeleid moet bijdragen aan de vergroting van het gebruik van elektrische voertuigen. Deze inzichten vloeien voort uit een gedragseconomisch onderzoek naar het verschil in effectiviteit tussen belastingvoordelen en subsidies ter stimulering van het elektrisch rijden. De onderzoeksvraag die hierbij centraal staat is deze:

Wat is het verschil in effectiviteit tussen een belastingvoordeel en subsidie als stimuleringsmaatregelen voor de overstap van fossiele autobrandstoffen naar elektrisch rijden?

Om mijn onderzoeksvraag in een wetenschappelijk kader te plaatsen, geef ik nu enkele eerdere onderzoeken en hun uitkomsten kort weer. In het tweede hoofdstuk breid ik dit theoretische raamwerk verder uit.

Gerlagh et al. (2015) verrichten onderzoek naar de effectiviteit van de derde pijler van de Verordening van het Europees Parlement en de Raad. Hiervoor analyseren zij in hoeverre emissie-afhankelijke belastingen bijdragen aan een daling van de CO₂-intensiteit van nieuwe auto's. Zij concluderen dat een hogere mate van emissie-afhankelijkheid van belastingen naar alle waarschijnlijkheid tot een daling van de CO₂-intensiteit van nieuwe auto's leidt. Zij vinden verder dat stijgende brandstofbelastingen sterk bijdragen aan de waargenomen daling in CO₂-intensiteit.

Ze zien het als tekortkoming van hun analyse dat deze zich beperkt tot de ontmoediging van vervuilende auto's. De aanmoediging van schone auto's is namelijk ook een relevant beleidsoptie. Deze aanmoediging zou de vorm aan kunnen nemen van belastingvoordelen of subsidies voor het aanschaffen van elektrische auto's. Voor een compleet beeld van mogelijk effectief beleid ter bevordering van het milieu is het van belang om beide kanten te analyseren. Er bestaat ook wel onderzoek over de aanmoediging van aanschaf van elektrische of hybride auto's, maar dat is geen onderzoek dat vergelijkbaar is met mijn onderzoek, want dat is niet gebeurd met panel data van de Europese situatie.

Gallagher en Muehlegger (2011) vinden met data uit de Verenigde Staten dat het mogelijk is minder vervuilende auto's aantrekkelijker te maken met de stimulering van hybride auto's. Zij voeren regressieanalyses uit op modellen met verschillende stimuleringsmaatregelen, waarvan ze de uitkomsten vergelijken. Hierbij onderzoeken zij aankoopsubsidies, belastingkortingen op inkomstenbelasting en niet-fiscaal gerelateerde prikkels. Uit hun onderzoek blijkt dat subsidies het sterkste effect op de keuzes van consumenten hebben. Daarom verwacht ik dat dit ook uit mijn empirische gegevens zal blijken. Gallagher en Muehlegger richtten zich echter op het gebruik van hybride voertuigen zonder oplaadmogelijkheid via de stekker (plug-in). In onderstaand onderzoek staan juist de plug-in elektrische voertuigen centraal. Deze verschillen sterk van hybride auto's zonder stekker, omdat de technologie nog verder van traditionele auto's af ligt. Dit resulteert in hogere aanschafkosten voor een plug-in auto (Rahmani & Loureiro, 2018; U.S. Department of Energy, n.d.). Dit kan effect hebben op de mate van ingebruikname en daarom is extra onderzoek nodig naar de reactie op stimulering van plug-in auto's.

De Algemene Rekenkamer (2015) heeft geconcludeerd dat het stimuleringsbeleid van Nederland tot in 2013 voor een sterke stijging van het aantal aangeschafte hybride en elektrische auto's zorgde. Dit beleid bestond enkel uit kortingen op autobelastingen. Volgens de Algemene Rekenkamer was dit een effectieve manier en de doelstelling van 200.000 (semi-)elektrische auto's voor 2020 leek haalbaar. De gebruikte maatregel was echter ook inefficiënt, omdat deze consumenten veel korting op hun belasting gaf. Begrotingstechnische overwegingen leidden echter tot het besluit om deze maatregel in te voeren. Een belastingkorting valt buiten de begroting van een ministerie terwijl een subsidie daarbinnen valt. De budgettaire gevolgen van de belastingkorting vallen zo buiten de verantwoordelijkheid van het desbetreffende ministerie. Dit neemt de prikkel weg om de uitgaven inzake de stimulering te beheersen, zo concludeerde de Rekenkamer.

Daarnaast uitte de Algemene Rekenkamer (2015) ook kritiek op de reikwijdte van deze maatregelen. De ingevoerde stimuleringsmaatregelen raakten namelijk vooral de zakelijke markt (p. 19). Voor ondernemers is er een investeringsaftrek mogelijk bij de aanschaf van elektrische voertuigen. Tevens is er de willekeurige afschrijving op een oplaadpunt voor elektrische of hybride auto's (RVO, 2018). Dit houdt in dat een

ondernemer die het oplaadpunt als actief op de balans van de onderneming heeft staan alle afschrijvingen in één jaar mag nemen waarmee de fiscale winst eenmalig lager uitvalt. Hier kunnen particulieren niet van profiteren, want dergelijke aftrekposten en afschrijvingsmogelijkheden zijn binnen de wet Inkomstenbelasting 2001 (hierna: wet IB) alleen voor ondernemers bestemd. Daarom is er door BOVAG gepleit voor uitbreiding van de stimulering in de vorm van een subsidie (NOS, 20 mei 2015). Hiermee zou volgens hen namelijk de particuliere markt bereikt kunnen worden.

Subsidies als stimulering zijn al van toepassing in andere landen zoals de Verenigde Staten, Frankrijk, Duitsland en Ierland (ACEA, 2017). Nederland stimuleert elektrisch rijden echter alleen door belastingvoordelen. Het is beleidsmatig relevant om te onderzoeken of de effectiviteit van subsidies en belastingvoordelen verschilt. Dit vanwege de roep uit de maatschappij om subsidies aan te wenden, omdat particulieren daarmee wellicht beter bereikt kunnen worden.

In het volgende gedragseconomische onderzoek richt ik mij op de vraag of er verschil bestaat tussen de effectiviteit van subsidies en belastingvoordelen als stimulering van het gebruik van plug-in (hybride) elektrische voertuigen. Dit verschil is vanuit de algemene economische theorie niet te verwachten, want bij een gelijk effect op de relatieve prijzen zouden de subsidie en het belastingvoordeel de keuze op een gelijke manier moeten beïnvloeden. De redenering hierachter werk ik verder uit in het tweede hoofdstuk.

In dit onderzoek wordt de effectiviteit van stimuleringsmaatregelen gemeten aan de hand van het aantal nieuw geregistreerde elektrische voertuigen als percentage van het aantal nieuw geregistreerde auto's in 15 landen uit Europa¹. Een belastingvoordeel is gedefinieerd als het voordeel dat particulieren behalen bij de aankoop of het gebruik van een elektrische auto ten opzichte van een auto met verbrandingsmotor door een lagere belasting of vrijstelling van belasting. Hierbij neem ik tevens de verschillen in btw en inkomstenbelasting mee. Een subsidie is gedefinieerd als een verlaging van de aankoopprijs van de auto door middel van de uitkering van een bedrag aan de consument of de autodealer. Van deze variabelen en alle controlevariabelen die in hoofdstuk 4 behandeld worden zijn er jaarlijkse gegevens over de jaren 2010 tot en met 2017 verzameld, voor zover deze beschikbaar waren.

Er is nog niet eerder aan de hand van paneldata onderzocht of er verschil in effectiviteit bestaat tussen belastingvoordelen en subsidies bij stimulering van het gebruik van plug-in elektrische voertuigen. Dit onderzoek is ook vanuit beleidsoogpunt belangwekkend, aangezien de politiek zich bezint op de overgang van een traditionele auto-industrie naar een variant die zich richt op schone aandrijvingsvormen van auto's (Wiebes, 2015; Heilbron, 2018). Deze bezinning komt voort uit een wereldwijde bezorgdheid over het opraken

¹ Het betreft de landen: Oostenrijk, België, Denemarken, Frankrijk, Duitsland, Griekenland, IJsland, Italië, Luxemburg, Nederland, Noorwegen, Polen, Portugal, Zweden en het Verenigde Koninkrijk.

van de olievoorraad, gecombineerd met de vervuiling die door de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaat (Ruz, 2011; European Environment Agency, 2017).

In het navolgende onderzoek vind ik dat belastingvoordelen geen statistisch significant effect hebben op de ingebruikname van elektrische voertuigen. Dit kan verklaard worden uit het feit dat er twee doelvariabelen zijn en de tweede bestaat uit de belastingvoordelen plus de subsidies. Tussen deze twee variabelen bestaat daarom een correlatie die het effect kan beïnvloeden. Uit het onderzoek blijkt echter ook dat de hoogte van de accukosten wel een significant negatieve invloed heeft op de overstap van fossiele brandstof naar elektrisch rijden. Verder blijkt dat andere factoren, waaronder het aantal laadpalen per 100.000 inwoners, van belang zijn.

Allereerst bespreek ik de literatuur die voor mijn onderzoek relevant is. Hier komt de algemene economische theorie over belastingheffing volgens Pigou aan de orde. Hierna volgt een globale bespreking van beleidsmaatregelen die internationaal, binnen Europa en in Nederland in het verleden zijn genomen om de overstap te maken van fossiele brandstof naar elektrisch rijden. Ook bespreek ik onderzoeken naar de effectiviteit van stimuleringsmaatregelen van het elektrische rijden. Deze theoretische bespreking van het onderwerp vul ik in het derde hoofdstuk aan met de beschrijving van de gebruikte data en methode van onderzoek. In het daaropvolgende hoofdstuk presenteer ik de resultaten en koppel daar een discussie en reflectie aan. Vervolgens beantwoord ik de centrale onderzoeksvraag. Ten slotte benoem ik hier de tekortkomingen van mijn onderzoek, gevolgd door aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

Hoofdstuk 2 – Empirische ontwikkelingen en inbedding economische theorie

De beleidsdiscussie over de stimulering van elektrisch rijden waar eerder naar verwezen is, heeft zijn wortels in de economische literatuur van de hand van Pigou (1920). In dit hoofdstuk beschrijf ik zijn theorie en de beleidsmatige ontwikkelingen op internationaal, Europees en nationaal niveau. Ook bespreek ik theoretisch en toegepast onderzoek over milieubelastingen en consumentenprikkelers.

2.1 Conceptueel onderzoek beleidseconomie

2.1.1 Externaliteiten

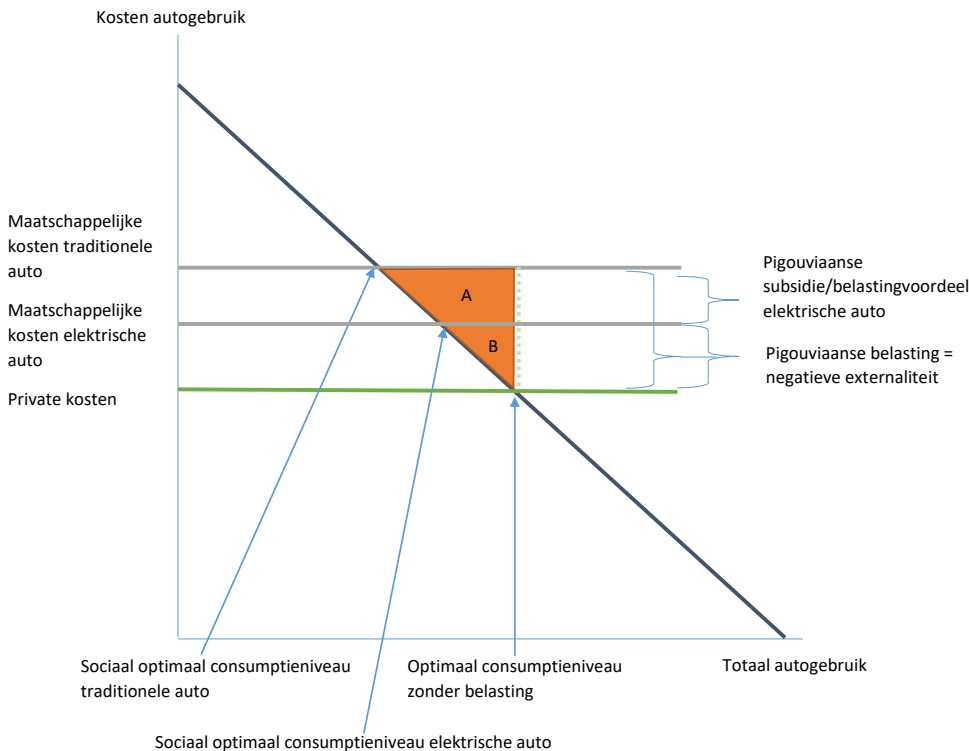
In dit onderzoek staat de vraag centraal of subsidies dan wel belastingkortingen effectiever zijn als prikkel om consumenten naar elektrisch rijden te bewegen. Het is echter van belang om de vraag te stellen of het elektrisch rijden überhaupt gestimuleerd zou moeten worden.

Ter beantwoording van deze vraag is het gedachtegoed van Arthur Cecil Pigou van groot belang. Hij heeft nagedacht over de vraag hoe de private kosten en de maatschappelijke kosten van consumptie gelijkgesteld kunnen worden (Pigou, 1920). Wanneer deze namelijk van elkaar verschillen, rekenen individuele burgers en bedrijven onjuiste kosten voor hun daden, omdat zij veelal niet verder kijken dan de prijs die zij zelf betalen.

Pigou's gedachtegoed is relevant voor dit onderzoek, omdat het gebruik van fossiele brandstoffen vervuילend werkt op het milieu, zonder dat deze kosten direct door de gebruikers worden gedragen wanneer er geen belasting wordt geheven. Over dergelijke effecten is door Pigou nagedacht en hij heeft dit externaliteiten genoemd. Een externaliteit is een positief of negatief neveneffect van consumptie of productie, wat niet (volledig) door de consument of producent gedragen wordt.

Pigou's oplossing om consumenten en producenten de juiste afweging te laten maken, is de invoering van een belasting die precies even hoog is als de schade aan het milieu door de externaliteit. Zo worden de kosten bij de vervuiler geïnternaliseerd. Diegene rekent nu niet alleen meer met de private kosten voor gebruik, maar vanwege de belasting nu ook met de maatschappelijke kosten.

Er moet uiteraard niet hoger belast worden dan de maatschappelijke kosten van de externaliteit. Zou dit wel gedaan worden, dan verlaagt dit de welvaart in een land. Er wordt dan namelijk minder van het goed geconsumeerd dan in de optimale situatie, want dan zijn de private kosten hoger dan de maatschappelijke kosten. Hoe de internalisering van externe kosten werkt is grafisch weergegeven in figuur 1.

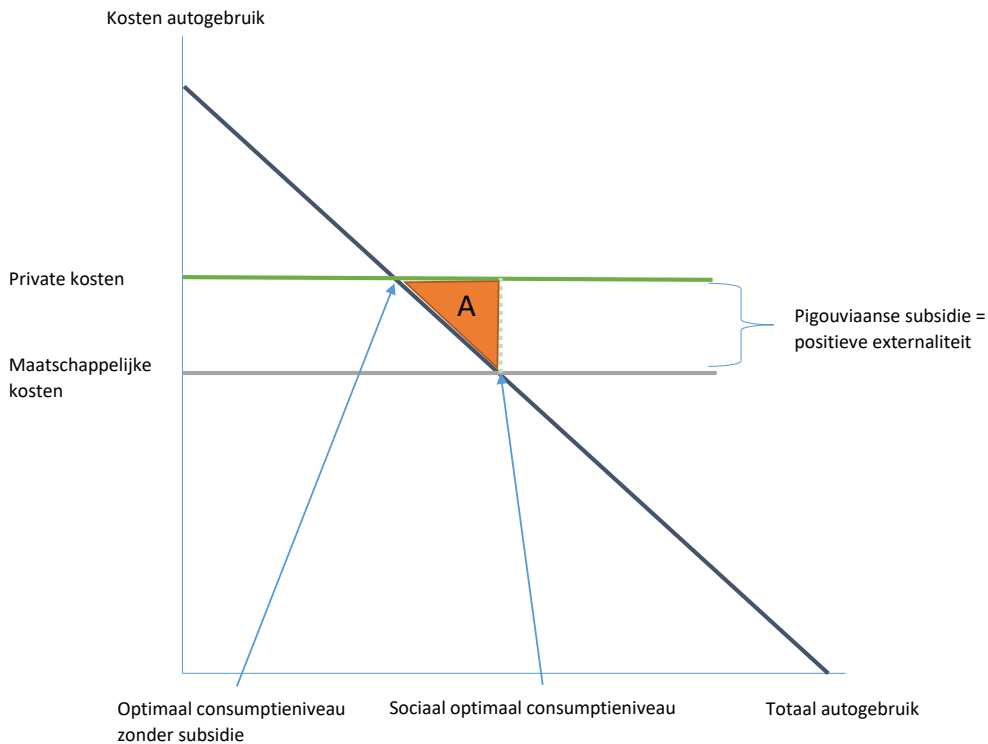


Figuur 1: Pigouvianse instrumenten bij een elektrische en traditionele auto

In bovenstaand figuur staat op de horizontale as het totale autogebruik. Op de verticale as staan de marginale maatschappelijke en private kosten hiervan. De marginale private kosten zijn lager dan de marginale maatschappelijke kosten als gevolg van milieuschade in de vorm van uitstoot en verkeersopstoppen of ongelukken. Daarom is er in deze figuur altijd een belasting op autogebruik. Deze is gelijk aan de negatieve externaliteit, welke bij elektrische auto's lager is. Deze autocategorie heeft namelijk geen uitstoot, maar draagt nog wel bij aan verkeersopstoppen, zodat de belasting nooit geheel kan wegvallen. Vanwege de lagere externaliteit is er een Pigouvianse subsidie/belastingvoordeel beschikbaar voor personen die deze aanschaffen.

Zonder belastingheffing zou de consumptiekeuze van een individu op grond van het mensbeeld van de homo economicus, de rationele en berekenende mens, altijd uitkomen op het meest rechtse kruispunt tussen de vraag- en aanbodlijn. Dit zou in het geval van de traditionele auto leiden tot een dood gewicht ter grootte van gebied A plus B. Een dood gewicht is een inefficiëntie in het economische systeem waardoor het optimum van consumptie niet wordt bereikt. Dit kan komen als gevolg van keuzeverstoring van belastingen, maar ook door maatschappelijke kosten waar geen baten tegenover staan, zoals het geval is bij niet-belaste negatieve externaliteiten van autogebruik.

In het geval van een positieve externaliteit kan deze gedachte ook andersom gevolgd worden. Dan zorgen Pigouvianse belastingvoordelen ervoor dat de marginale private voordelen aan de marginale maatschappelijke voordelen gelijkgesteld worden, zie figuur 2.



Figuur 2: Pigouvianse subsidie bij positieve externaliteit autogebruik

In bovenstaande afbeelding is grafisch de situatie weergegeven waarin autogebruik leidt tot een positieve externaliteit. In dit geval is het een absolute winst, dus niet relatief ten opzichte van andere auto's. Consumenten nemen zonder een subsidie teveel kosten mee bij hun beslissing en dan wordt het sociale optimum in deze markt niet bereikt. Daarom is een subsidie nodig ter grootte van het verschil tussen de marginale private en maatschappelijke kosten. Gebied A geeft het dood gewicht aan van de situatie zonder subsidie.

De milieuwinst van elektrische auto's is echter slechts relatief ten opzichte van traditionele auto's. Elektrische auto's hebben geen positieve externaliteiten, maar de negatieve externaliteiten in de vorm van milieuschade zijn naar verwachting wel lager. Daaruit volgt dat de voordelen op elektrische auto's nooit mogen leiden tot een negatieve totale belasting op de auto. Dit zou pas gerechtvaardigd zijn wanneer zich netto positieve externaliteiten voordoen.

Een tweede argument voor stimuleringsmaatregelen bij aankoop van een elektrische auto is de dure en nieuwe technologie die hiervoor nodig is waardoor de prijs hoog en de vraag nog vrij laag is. Mocht de vraag naar elektrische auto's stijgen door subsidies of belastingvoordelen dan kan gesteld worden dat deze maatregelen indirect fungeren als aanjagers voor de innovatie van deze auto's. De ontwikkeling van een alternatieve energiebron voor auto's is in dit geval een positieve externaliteit (Jacobs, 2015, p. 276). Dit zal namelijk leiden tot minder vervuiling in de toekomst, omdat meer en meer consumenten toe kunnen treden tot de markt van elektrische auto's (Anderson, Clark, Foxon, Gross, & Jacobs, 2001).

De totale belasting op personenauto's zal echter altijd positief moeten blijven. Met de elektrische variant wordt namelijk wel de uitstoot tijdens gebruik verminderd, maar bij autogebruik komen meer negatieve externaliteiten naar voren dan alleen de uitstoot (Planbureau voor de Leefomgeving, 2016, pp. 37-38). Uit het rapport van het Planbureau voor de Leefomgeving (2016) blijkt dat luchtverontreiniging minder externe kosten veroorzaakt dan ongevallen en files. Deze laatste twee categorieën worden met meer elektrische auto's niet direct minder, dus blijven die negatieve externaliteiten bestaan.

Er is in de wetenschap regelmatig betoogd dat niet alleen de Pigouvianse idee van belang zou zijn bij milieubelasting, maar dat ook het realiseren van een 'dubbel dividend' een reden is tot invoering van dergelijke belasting. Een dubbel dividend betekent dat de toegepaste beleidsmaatregel een zwaard is dat aan twee kanten snijdt. Enerzijds wordt er door de ingevoerde vorm van milieubelasting vervuilende consumptie ontmoedigd, dus dat is in lijn met wat Pigou heeft betoogd. Tegelijkertijd kan door de gerealiseerde opbrengsten een andere verstoring in het belastingstelsel weggehaald of verkleind worden. De meningen verschilden eerst over de vraag of dit dubbele voordeel van milieubelastingen ook te realiseren is. Zo zagen Pearce (1991) en Oates (1993) het dubbele dividend als sterk argument voor milieubelastingen. Hiermee kunnen namelijk overheidsinkomsten gerealiseerd worden die aangewend worden voor lastenverlichting elders in het belastingstelsel, zo was het idee. Inmiddels is de hypothese van het dubbele dividend echter door middel van meerdere onderzoeken weerlegd (Bovenberg & De Mooij, 1994; Jacobs & De Mooij, 2015).

Bovenberg en De Mooij (1994) merken op dat milieubelastingen doorgaans niet voor minder, maar voor meer marktverstoring zorgen. In het gebruikte economische model maximaliseert een individu nut door de hoeveelheid vrije tijd en consumptie van vervuilende of schone goederen te kiezen. De overheid heeft als belastinginstrumenten een arbeidsinkomstenbelasting en een heffing op vervuilende goederen. Tevens is er publieke consumptie in het model. Er is geen sprake van herverdeling.

Zij vinden dat een individu nooit volledig gecompenseerd kan worden voor een hogere heffing op vervuilende goederen via een lagere inkomstenbelasting. De overheid moet na het verhogen van de milieubelasting namelijk rekening houden met een lagere grondslag voor deze belasting. De consumptie verschuift namelijk deels van vervuilende naar schone goederen. Om toch de overheidsinkomsten op peil te houden moet de inkomstenbelasting iets minder hard dalen dan dat de milieubelasting aan belastingdruk toevoegt. Hiermee stijgt dus de totale verstoring op de markt (Bovenberg & De Mooij, 1994, pp. 1087-1088).

Dezelfde conclusie wordt getrokken in de Mirrlees Review (Fullerton, Leicester, & Smith, 2010, p. 425). Zij stellen dat het economische argument voor het dubbele dividend verre van duidelijk is. Milieubelastingen vergroten namelijk keuzeverstoringen op de markt, omdat goederenprijzen als gevolg hiervan zullen stijgen. Of deze verstoringen ergens anders in het belastingstelsel ook daadwerkelijk gecompenseerd kunnen worden is maar de vraag. Het dood gewicht van de milieubelasting kan kleiner, maar ook groter zijn dan dat

van de arbeidsinkomstenbelasting, zodat het dubbele dividend niet tot uiting zou kunnen komen (Fullerton, Leicester, & Smith, 2010, p. 444). Daarom wordt in de Mirrlees Review opgeroepen om milieubelastingen enkel in te zetten vanwege hun potentie tot verbetering van het milieu (Fullerton, Leicester, & Smith, 2010, p. 425).

Jacobs en De Mooij (2015) tonen nog duidelijker aan dat het dubbele dividend nauwelijks realiseerbaar is. Zij voeren een analyse uit aan de hand van een economisch model waarin heterogene individuen worden meegenomen die verschillen in hun verdien capaciteit. Deze individuen maximaliseren hun nut door te kiezen tussen het consumeren van schone en vervuilende goederen, werken en de kwaliteit van het milieu. In dit model is herverdeling aanwezig. Een sterkere sociale voorkeur voor herverdeling leidt in het model tot een grotere herverdelingswinst (Jacobs & De Mooij, 2015, p. 97). De overheid maximaliseert de sociale welvaart welke gevormd wordt door de sommatie van alle individuele nutsfuncties.

De auteurs concluderen dat het dubbele dividend enkel realiseerbaar is in een belastingsysteem waarin de instrumenten niet optimaal zijn afgesteld. Tevens is het vereist dat het dood gewicht van belastingen groter is dan de herverdelingswinst, want in dat geval zijn de marginale kosten van publieke fondsen groter dan één. Deze marginale kosten zijn de verhouding van de sociale marginale waarde van publieke middelen tegenover de sociale marginale waarde van private middelen. Deze verhouding is in het optimum gelijk aan één, waarmee bedoeld is dat de herverdelingswinsten van verstoringe belastingtarieven gelijk zijn aan het marginaal dood gewicht van belastingtarieven (Jacobs, 2018).

Uit het bovenstaande is duidelijk waarom belasting geheven zou moeten worden volgens de economische theorie op basis van de ideeën van Pigou. Ook is duidelijk dat het concept 'dubbel dividend' in de wetenschap in relatie is gebracht met milieubelasting. Uit onderzoeken van Bovenberg en De Mooij (1994) en Jacobs en De Mooij (2015) volgt echter dat dit dubbele dividend zich niet voordoet. Dit als gevolg van verstoringen in keuzegedrag door milieubelastingen.

2.1.4 Relevante gedragseconomische literatuur

Nu is relevant om het verwachte verschil in reactie op subsidies tegenover belastingprikkel in de context van eerdere literatuur te plaatsen. Vanuit de algemene economische theorie is dit nog niet te verklaren, omdat de homo economicus, het mensbeeld in de algemene economie, volkomen rationeel zijn keuzes maakt. De vorm van budgettaire prikkels zou geen verschil moeten maken zolang het effect op de relatieve prijzen van consumptiegoederen maar gelijk is. Een verlaging van de aanschafprijs via een subsidie of via een lagere belasting waarbij de subsidie en belasting een gelijk effect hebben op de relatieve prijzen zou volgens de economische theorie eenzelfde effect moeten hebben. De producten verschillen in beide gevallen namelijk evenveel qua relatieve kosten. En met die relatieve kostenverschillen rekent de consument uit welk product het verstandigst is om aan te kopen, zo luidt de aanname binnen de economische wetenschap.

Ter illustratie van het bovenstaande werk ik nu een individueel optimaliseringsprobleem uit. Dit is gebaseerd op het model van De Jong (1990). Hierin consumeert een individu autogebruik (A) wat gemeten wordt in kilometers ($\times 100$) per jaar. Tevens consumeert dit individu een verzameling overige goederen (X) wat gemeten wordt in euro's per jaar. Verder hoort bij autogebruik een hoeveelheid vaste rijkosten (C) en variabele kosten per 100 kilometer (v). De twee consumptiegoederen leveren beide positief nut op. De nutsfunctie van dit individu is gelijk aan:

$$U = U(A, X)$$

Het individu kan kiezen om wel of geen autogebruik te consumeren. Dit heeft invloed op de budgetrestrictie. Verder is er in deze economie stimuleringsbeleid op autogebruik in de vorm van een subsidie. In het geval dat A groter is dan 0 ziet de budgetrestrictie er als volgt uit:

$$Y = vA + C + X - S$$

Het netto-inkomen van het huishouden (Y) is hier gelijk aan de consumptie met bijbehorende kosten, want het individu spaart niet, minus de subsidie, want die verlaagt de kosten. Dan is er nog de situatie waarin geen autogebruik wordt geconsumeerd. In dat geval is de budgetrestrictie als volgt:

$$Y = X$$

Het gaat in mijn onderzoek niet om de vraag of mensen überhaupt een auto willen, maar of ze anders reageren op subsidies dan op belastingvoordelen. Daarom doe ik de aanname dat iedereen een auto consumeert.

Vervolgens is nog de vraagfunctie nodig om het optimum te kunnen achterhalen. Deze functie, weergegeven als vraag naar kilometers ($\times 100$), ziet er als volgt uit:

$$\ln(A) = \alpha \ln(Y - C + S) - \beta v + \delta$$

Dit huishouden consumeert dus alleen autogebruik. Hiervoor wordt het inkomen plus de subsidie aangewend. Op het inkomen drukken allereerst nog de vaste uitgaven aan autogebruik. Verder drukken de variabele kosten de mogelijkheid tot autogebruik met een factor β . Van autogebruik en het netto-inkomen minus de vaste rijkosten plus de subsidie is de natuurlijke logaritme genomen. Dit baseerde De Jong op eerder onderzoek van hemzelf waar deze specificatie goed paste. De variabele δ (delta) staat voor de relevante socio-economische en demografische karakteristieken van het huishouden. Tevens wordt verondersteld dat α en β groter zijn dan 0.

Nu is de indirecte nutsfunctie te achterhalen aan de hand van Roy's Identity en de econometrische stappen die Burtless en Hausman (1978) doorlopen. Hiervoor is eerst nodig om autogebruik (A) niet-logaritmisch voor de vraagfunctie te zetten.

$$e^{\ln(A)} = (e^{\ln(Y-C+S)})^\alpha e^{-\beta v + \delta}$$

$$A = (Y - C + S)^\alpha e^{-\beta v + \delta}$$

Roy's Identity geeft dan de volgende vergelijking:

$$-\frac{\frac{\partial \psi(v, Y - C + S)}{\partial v}}{\frac{\partial \psi(v, Y - C + S)}{\partial Y}} = (Y - C + S)^\alpha e^{-\beta v + \delta}$$

De impliciete-functiestelling leidt vervolgens tot:

$$\frac{dY}{dv} = (Y - C + S)^\alpha e^{-\beta v + \delta}$$

$$(Y - C + S)^{-\alpha} * dY = e^{-\beta v + \delta} * dv$$

Door de integraal te nemen van beide zijden kom ik tot de volgende vergelijking:

$$\frac{1}{1 - \alpha} (Y - C + S)^{1 - \alpha} = -\frac{1}{\beta} e^{-\beta v + \delta}$$

Daaruit volgt de indirecte nutsfunctie:

$$\psi(v, Y - C + S) = \frac{1}{1 - \alpha} (Y - C + S)^{1 - \alpha} + \frac{1}{\beta} e^{-\beta v + \delta}$$

Deze functie geeft het maximale nut weer dat het individu kan behalen in de keuze tussen autogebruik en overige consumptie in aanwezigheid van een subsidie op autogebruik.

In de economie waar dit individu zich in bevindt is de subsidie op den duur vervangen door een belastingvoordeel (τ) voor een specifiek aantal jaren (n). De verdisconteringsvoet die het individu voor dit belastingvoordeel gebruikt is gelijk aan r . Het verdisconteerde belastingvoordeel kan gelijkgesteld worden aan een subsidie, dus alle stappen in de optimalisering blijven gelijk. Met dit belastingvoordeel ziet de indirecte nutsfunctie er als volgt uit:

$$\psi\left(v, Y - C + \sum_{n=1}^N \frac{\tau}{(1+r)^n}\right) = \frac{1}{1 - \alpha} \left(Y - C + \sum_{n=1}^N \frac{\tau}{(1+r)^n}\right)^{1 - \alpha} + \frac{1}{\beta} e^{-\beta v + \delta}$$

Deze indirecte nutsfunctie is nagenoeg gelijk aan die in de situatie met subsidie. In beide vergelijkingen heeft een verandering in α , dus het gewicht dat het individu geeft aan inkomen, of β , het gewicht van de indirecte kosten, een gelijk effect op het nut. Het enige wat verschilt is dat subsidie een eenmalige ontvangst is die niet verdisconteerd hoeft te worden en dit is bij jaarlijkse belastingvoordelen wel nodig. Hieruit volgt dat een subsidie van gelijke grote als het verdisconteerde belastingvoordeel niet tot een verschil in keuzegedrag zou

moeten leiden, volgens de algemene economische theorie. Het maximale nut als gevolg van autogebruik wordt in beide gevallen namelijk even sterk beïnvloed door de stimuleringsmaatregel.

Vanuit de gedragseconomie is, vanuit de theorie van 'hyperbolic discounting', juist te verwachten dat er wel een verschil bestaat in de uitwerking van een subsidie en een belastingvoordeel. Hyperbolisch verdisconteren houdt in dat consumenten directe beloningen hoger waarderen dan grotere beloningen in de toekomst. Naarmate de tijdshorizon langer wordt, is de verdiscontering echter zwakker wat erop duidt dat wachten makkelijker wordt in de verre toekomst (Ainslie, 1975). Op grond van deze theorie kan gepleit worden om een belastingvoordeel op elektrische auto's af te schaffen en een lagere subsidie ervoor in de plaats te geven. Dit zou wenselijk zijn wanneer sprake is van lagere negatieve externaliteiten bij het gebruik van elektrische auto's. Door de sterkere consumentenreactie via subsidie dalen de negatieve externaliteiten als gevolg van auto's in dat geval namelijk sneller dan met een belastingvoordeel.

Deze vorm van verdiscontering is door Shefrin en Thaler (1988) tezamen met de theorieën omtrent mentale accounting en framing samengevoegd in de 'Behavioral Life-Cycle Hypothesis'. Deze hypothese stelt dat huishoudens hun mentaal gevormde budgetten niet onderling laten verschuiven. Er zijn drie hoofdcaccounts te onderscheiden, te weten 'huidig inkomen', 'huidige bezittingen' en 'toekomstig inkomen'.

Uit het door Shefrin en Thaler (1988) aangehaalde onderzoek ter ondersteuning van hun hypothese volgt dat het 'huidig inkomen' het verlangen tot consumptie het sterkst beïnvloed. Dit is in mijn onderzoek te koppelen aan de subsidie die een vorm van 'huidig inkomen' voorstelt. Een belastingvoordeel valt echter onder het 'toekomstig inkomen', en prikkelt de huidige consumptie minder. De realisatie van een subsidie direct bij de aankoop van een elektrische of hybride auto zet consumenten daarom naar verwachting sneller aan tot een dergelijke aankoop dan een langer durend belastingvoordeel.

Vanuit de theorie van mentaal boekhouden is hier nog een verklaring voor het verwachte effect in mijn onderzoek toe te voegen. Het is namelijk zo dat consumenten op basis van deze accountingtheorie al hun inkomen in verschillende budgetten opdelen van waaruit ze hun consumptie bekostigen (Thaler, 1985). Een subsidie bij aankoop van een auto hangt voor dergelijke budgettering dermate sterk samen met de auto dat de consument deze subsidie hier ook daadwerkelijk aan koppelt. Verlaging of vrijstelling van een milieubelasting levert steeds een klein voordeel op, ook na de ingebruikname van de auto. Dit leidt bij de consument waarschijnlijk tot toevoeging van het voordeel aan een budget dat geheel niet meer met de auto te maken heeft. Daarmee is het niet zozeer de aankoop van de auto die door de korting of vrijstelling gestimuleerd wordt, maar latere consumptie die hier niet of in mindere mate mee samenhangt.

Een volgende verklaring voor een verschillend effect op consumentengedrag is verliesaversie. Deze aversie houdt in dat een verlies negatiever wordt ervaren dan een winst van dezelfde grootte. De

verliesaversietheorie begint bij het onderzoek van Kahneman en Tversky (1992). Zij muntten een nieuwe theorie over het maken van beslissingen onder risico met de naam 'prospect theory'. Hierin gingen ze niet meer uit van het klassieke gedachtegoed dat iedere beslissing op zichzelf staat en dat het de uiteindelijke uitkomst is die telt. In hun theorie is het zo dat een individu zich bij beslissingen verhoudt tot een vooraf bepaald referentiepunt en vervolgens de onzekere verliezen of winsten uit de toekomst afweegt. Er wordt dan niet alleen gerekend met de uiteindelijke uitkomst, maar ook met eventuele tussentijdse verliezen of winsten. Hierbij wordt door het individu gerekend met de geschatte kans op een bepaald(e) verlies/winst.

Dit rekenen met risico heeft ook toepassing op subsidies versus belastingvoordelen. Het ontvangen van een subsidie bij aankoop heeft geen risico, want op dat moment is duidelijk hoe hoog het te ontvangen voordeel is. Bij belastingvoordelen ligt dit anders, want het voordeel geldt voor een aantal jaar en in de toekomst kan het belastingtarief nog wijzigen. Zou dit stijgen voor de vervuilende auto's dan is het voordeel van de elektrische auto nog groter dan het al was, maar het tarief kan ook dalen en dan neemt het relatieve voordeel juist af. Deze onzekerheid die samenhangt met belastingvoordelen en niet met subsidies is een reden om te verwachten dat subsidies effectiever zijn.

Allcott, Mullainathan en Taubinsky (2014) tonen aan dat een autobelasting onder het Pigouvianse niveau in combinatie met een subsidie op milieuvriendelijke auto's optimaal kan zijn voor de sociale welvaart. Dit is een afwijking van Pigou's theorie, omdat vervuilende auto's onder deze theorie altijd moeten worden belast voor zover zij negatieve externaliteiten met zich meebrengen. Een lager niveau van belasting kan alleen als de negatieve externaliteiten bij de betreffende autosoort ook lager zijn dan bij andere soorten.

Voor het duale systeem dat Allcott, Mullainathan en Taubinsky (2014) aandragen is vereist dat er consumenten zijn die kostenbesparingen door de aankoop van een elektrische auto onderwaarden. Dit houdt in dat de consumenten de kosten bij aankoop van een energie-efficiënt goed niet goed afzetten tegen de kosten van een product dat niet energie-efficiënt is. Dit kan komen door een tekort aan informatie, of door veronachtzaming van bepaalde kosten die meegewogen zouden moeten worden bij de aankoopbeslissing. De consumenten die de besparingen onderwaarden, zijn minder gevoelig voor brandstofbelastingen. Om de milieuschade van auto's dan te verkleinen, is het verhogen van brandstofbelastingen niet effectief. Een substantiële subsidie op milieuvriendelijke auto's zou wel werken. De consumenten die kostenbesparingen als gevolg van een milieuvriendelijke auto onderwaarden doen dit namelijk door onzekerheid over de toekomst (Greene, Evans, & Hiestand, 2013). Het voordeel van de subsidie ontvangen ze direct, en daarmee is er geen onzekerheid aanwezig.

Greene (2010) heeft een literatuurstudie gedaan naar de gemeten waarderingen van brandstofbesparingen door consumenten. Daaruit volgt dat er geen eenduidig beeld te schetsen is. Sommige onderzoeken vinden een onderwaarding, maar andere onderzoeken concluderen dat consumenten de

besparing goed of overwaarden. De meeste onderzoeken veronderstellen dat het rationele economische model gevolgd wordt door consumenten bij het maken van aankoopbeslissingen. Het empirische onderzoek met data van echte consumenten op dit terrein wijst echter uit dat het rationele economische beslismodel slechts zelden wordt gehanteerd in de werkelijkheid (Greene, 2010, pp. vi-vii). Greene beveelt dan ook aan om met gedragseconomische inzichten zoals verliesaversie onderzoek te doen naar de waardering van brandstofbesparingen. Dit lijkt namelijk een reële optie om het onderzoek naar waardering van brandstofbesparing verder te ontwikkelen. Gezien het onderzoek van Greene, Evans en Hiestand (2013) zou dan mogelijk geconcludeerd worden dat consumenten toekomstige brandstofbesparingen onderwaarden. Dan zou de conclusie van Allcott, Mullainathan en Taubinsky (2014) van groot belang zijn voor beleidsbepalers. Brandstofbelastingen zouden dan onder het Pigouvianse niveau gezet kunnen worden. Vervolgens zou een subsidie of belastingvoordeel moeten zorgen voor de correcte waardering van brandstofbesparing.

Ten slotte is de duidelijkheid ('saliency') van het belastingstelsel nog van belang. Tversky en Kahneman (1974) hebben aangetoond dat individuen complexe problemen meestal oplossen door versimpelingstechnieken te gebruiken. Het belastingstelsel is door het samenstel van tarieven, vrijstellingen en belastbare objecten ook te definiëren als een complex evaluatieprobleem (Lejour, 2016). Chetty, Looney en Kroft (2009) ontwerpen een model voor welvaartsanalyse waarin rekening gehouden wordt met deze onduidelijkheid van het belastingstelsel. Dit lijkt sterk op een standaard belastingmodel van volledige optimalisatie, maar in het nieuwe model is de belastingelasticiteit van groot belang. Deze elasticiteit geeft aan hoe sterk consumenten reageren op veranderingen in de belastingvoet. Hoe groter de onduidelijkheid van het belastingstelsel, hoe lager deze elasticiteit ligt. Consumenten reageren bij een minder duidelijk belastingstelsel minder sterk op veranderingen van de belastingvoet, want zij kunnen dan niet het hele effect van deze wijziging in beschouwing nemen bij hun aankoopbeslissingen. Dit komt door hun informatietekort aangaande het precieze effect dat de verandering van de belastingvoet heeft door het hele systeem heen.

Uit deze paragraaf blijkt dat belastingvoordelen en subsidies volgens de algemene economische theorie niet tot verschil in keuzegedrag zouden moeten leiden. Op grond van meerdere gedragseconomische theorieën is echter wel een verschil te verwachten in het onderzoek dat ik uitvoer. Kernelementen uit deze theorieën zijn gerichtheid op het heden, verliesaversie/risicomijding en een gebrek aan kennis over het belastingstelsel.

2.2 Beleidsaandacht omtrent het groene rijden

Uit de voorgaande paragraaf blijkt dat er vanuit de economische theorie verschillende ideeën zijn over de effectiviteit van stimuleringsbeleid inzake elektrische auto's. Empirische resultaten hierover volgen in de

derde paragraaf. Nu volgt eerst een korte weergave van beleidsdiscussies en -besluiten omtrent elektrisch rijden in internationaal, Europees en nationaal verband.

2.2.1 Internationaal beleid

Onder andere op internationale beleidsniveau wordt nagedacht over beheersing van milieukwesties. Non-gouvernementele organisaties zoals de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO), Carbon Pricing Leadership Coalition (CPLC) en de Wereldbank doen dit door artikelen te publiceren, de discussie over klimaatverandering levend te houden en data vrij beschikbaar te stellen waarmee onderzoek gedaan kan worden. De CPCL is een uitvloeisel van het Parijsakkoord en zet zich in om een prijs op koolstof ('carbon') te zetten, wat nu reeds gedaan wordt door middel van brandstofbelastingen en accijnzen.

Onder het Parijsakkoord hebben 171 landen hun handtekening gezet en het wordt door 196 landen gesteund (Nagtegaal, 2016). De afspraken in dit akkoord gaan onder andere over de beheersing van de stijging van de temperatuur wereldwijd. Deze mag niet met meer dan 2 °C stijgen na inwerkingtreding van het akkoord en ratificatie in eigen land.

2.2.2 Europees beleid

Milieu is iets wat gaat over lucht, grond en water. Daarom heeft men binnen Europa besloten hier de Commissie bij te betrekken. Op haar website staat vermeld dat rond de 12% van alle CO₂-uitstoot in Europa wordt veroorzaakt door auto's (Europese Commissie, 2018). Daarom is besloten om beleid in te voeren waarmee de uitstoot van nieuw geproduceerde auto's verlaagd zou worden. Hiervoor zijn drie pijlers opgesteld in een richtlijn uit 2009 (Europees Parlement en Raad, 2009):

- vrijwillige verbintenissen van de auto-industrie om de emissies te verlagen,
- het verbeteren van de consumenteninformatie en
- het bevorderen van brandstofefficiënte auto's door middel van fiscale maatregelen (Verordening (EG) nr. 443/2009).

Op dit Europese beleid wordt kritisch gereageerd, want de uitstoot van auto's blijkt consequent af te wijken van het reële verbruik na aankoop (Joint Research Centre, 2011; International Council on Clean Transportation, 2017). Het bekende voorbeeld hiervan is het dieselschandaal van Volkswagen (Topham, Clarke, Levett, Scruton, & Fidler, 2015).

Ook benoemen Gibson et al. (2015) de lagere effectiviteit van de beleidsmaatregelen wanneer de uitstoot gedurende de hele levenscyclus van auto's wordt meegerekend. Op het moment van hun onderzoek was naar hun mening het aandeel elektrische auto's ten opzichte van het gehele wagenpark nog te laag om zich hier zorgen over te maken, maar dit is wel een aanbeveling voor de toekomst.

2.2.3 Nationaal beleid

Hoewel vanuit de gedachte van subsidiariteit veel op het niveau van de Europese Unie geregeld is inzake milieubeleid, hebben ook de nationale beleidsmakers zelf actie ondernomen. Dit om invulling te geven aan de Richtlijnen uit 2009 en 2011. Het Nederlandse beleid in dezen behandel ik eerst. Vervolgens beschrijf ik kort de ontwikkelingen inzake milieubelastingen in de andere landen die onderdeel uitmaken van dit onderzoek.

Door de Nederlandse overheid is besloten dat de autobelastingen hervormd moeten worden vanwege de dalende grondslag (Wiebes, 2015). Doordat consumenten namelijk geprikkeld worden om meer hybride en elektrische auto's kopen, vallen er inkomsten weg die de overheid nodig heeft om de begroting sluitend te krijgen. Daarom is gekozen om hybride auto's steeds meer gelijk te gaan stellen aan traditionele auto's op het gebied van de motorrijtuigenbelasting (mrb), belasting van personenauto's en motorrijwielen (bpm) en de bijtelling voor privégebruik van zakelijke auto's. Hierdoor stijgen de inkomsten en daardoor kunnen volledig elektrische auto's volledig onder het gunstige regime van 100%-vrijstelling blijven ten aanzien van de mrb en bpm. Ook blijven deze auto's onder het verlaagde bijtellingstarief à 4%.

In 2016 heeft het Planbureau voor de Leefomgeving de mogelijkheid van hogere milieubelastingen onderzocht (Planbureau voor de Leefomgeving, 2016). Het advies omtrent de autobelastingen, dus de mrb en bpm, was dat een verhoging van de bpm nog goed gebruikt zou kunnen worden als extra inkomstenbron voor de overheid. Dit is namelijk geen belasting die internationaal tot verschuivingen van consumptie zal leiden. Dit in tegenstelling tot de accijnzen, want daarmee zit Nederland al duidelijk boven de tarieven die in naburige landen gelden. Verder is het zo dat de bpm een effectief beleidsmiddel is om indirect de CO₂-uitstoot van het Nederlandse wagenpark te beïnvloeden (Planbureau voor de Leefomgeving, 2016, p. 11). Mede vanwege de dalende grondslag van deze belastingen is er niet veel extra te schuiven binnen deze belastingen. Het is namelijk wel de bedoeling dat er belastingenopbrengsten gegenereerd worden. Het instrumentele doel is secundair voor de regering (Wiebes, 2015).

Ook de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli, 2018) heeft de regering geadviseerd. Deze Raad pleit voor meer focus op investeringen in mobiliteit voor de toekomst. Een van de genoemde positieve ontwikkelingen is de opmars van elektrische auto's, aangezien dat leidt tot een daling van de CO₂-uitstoot. Daarnaast geven zij aan dat niet alleen gelet moet worden op CO₂-uitstoot, maar ook op andere lagen van investering, bijvoorbeeld op geluidsoverlastvermindering, de invloed op de infrastructuur en de circulariteit (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2018). Dit laatste houdt in dat producenten reeds in de ontwikkelingsfase van een product nadenken over hergebruik van elementen daarvan aan het einde van de productlevenscyclus.

Net als Nederland heeft Noorwegen stimuleringsbeleid voor (deels) elektrische voertuigen. Dit startte in 1990 met de afschaffing van de importheffing op deze auto's (Norsk elbilforening, sd). Dit besluit werd in

1996 omgezet van tijdelijk naar permanent beleid. In datzelfde jaar werd de jaarlijkse autobelasting verlaagd voor elektrische voertuigen. Het volgende instrument werd in 1997 ingevoerd en betrof een vrijstelling van tol op alle autowegen voor elektrische auto's. De stimuleringsmaatregelen werden in 1999 uitgebreid met een niet-fiscale maatregel, namelijk vrij parkeren op publieke parkeerplaatsen. In 2000 volgde de volgende fiscale maatregel in de vorm van een verlaagde commerciële autobelasting. Daar kwam in 2001 de vrijstelling voor de belasting op toegevoegde waarde nog bij.

Hieruit is duidelijk dat Noorwegen al vroeg begon met stimulering van een alternatieve brandstof voor auto's. In de andere landen uit de dataset voor mijn onderzoek kwam de stimulering later op gang. Negen van de landen uit mijn dataset hebben een subsidie of hebben deze gehad. Frankrijk heeft tussen 2010 en 2017 een subsidie toegekend. Enkele landen hebben slechts een of twee jaar op deze manier stimuleringsbeleid gehad. Dit zijn Duitsland, Ierland en Portugal. Het Verenigd Koninkrijk en Zweden zijn in 2011 respectievelijk 2012 gestart met subsidies op elektrische voertuigen. Deze maatregelen waren in 2017 nog steeds van kracht.

Veruit de meeste landen uit mijn dataset hebben belastingvoordelen gebruikt als stimulering van elektrische auto's. Soms stonden deze naast subsidies, dan zijn de belastingvoordelen over het algemeen wat lager dan wanneer deze maatregelen niet tegelijkertijd in werking waren. Zweden en Luxemburg hebben vooral gestimuleerd met subsidies en gaven vanaf 2014 respectievelijk 2016 wel belastingvoordelen, maar deze waren slechts enkele tientallen euro's per huishouden waard op jaarbasis.

Er is één land in de dataset dat geheel geen stimuleringsmaatregelen heeft voor elektrische auto's in de jaren 2010 tot en met 2017, namelijk Polen. Andere landen hadden soms nog geen stimulering in 2010 of 2011, maar vanaf 2012 is er steeds een subsidie en/of belastingvoordeel aanwezig geweest voor personen die een elektrische auto kochten.

2.3 Ontwikkeling inzichten empirisch onderzoek

Vanuit de (gedrags)economische theorie is dus goed te verklaren waarom beleidsmakers milieubelastingen ingevoerd hebben. Ook verduidelijkt de gedragseconomie waarom consumenten verschillend kunnen reageren op subsidies en belastingkortingen. Om duidelijk te krijgen welke empirische inzichten reeds ontwikkeld zijn, beschrijf ik nu eerst enkele onderzoeken die zijn uitgevoerd met datasets over Europese, Amerikaanse staten.

2.3.1 Elektrische auto's en het belang van hoge brandstofprijzen

Diamond (2009) onderzoekt het stimuleringsbeleid voor hybride elektrische voertuigen (HEV) op federaal en staatsniveau in de Verenigde Staten. Toen waren er nog geen of zeer weinig plug-in hybride voertuigen (PHEV), elektrische voertuigen met een batterij (BEV) of voertuigen met een brandstofcel (FCEV). Deze vormen van schoner personentransport zijn namelijk pas sinds 2010 in het bereik van de meerderheid van de consumentenmarkt (Chambers, 16 en 11 december 2010; Vaughan, 2017).

Er wordt in de VS sinds 2005 een belastingkorting gegeven. Staten hebben hiernaast verschillende maatregelen ingevoerd, zoals onvoorwaardelijke toegang tot de high occupancy vehicle (HOV) lane. Dit houdt in dat (deels) elektrische auto's niet alleen op deze rijstrook mogen rijden wanneer meerdere personen vervoerd worden, maar ook met enkel een chauffeur aan boord.

Diamond (2009) gebruikte data over de jaren 2000-2006 van verschillende staten. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen de stimuleringsmaatregelen. Dit in tegenstelling tot mijn onderzoek, want ik analyseer het afzonderlijke effect van belastingvoordelen en subsidies op het gebruik van elektrische auto's.

Uit Diamonds regressieanalyse volgt dat het sterkste effect via de brandstofprijzen loopt. Afhankelijk van het automodel in kwestie kan een 10% prijsverhoging van brandstof volgens de resultaten van Diamond (2009) leiden tot 72-93% toename in HEV-marktaandeel. Veranderingen in de brandstofprijzen verklaren in de Verenigde Staten in grotere mate de overstap naar elektrisch rijden dan andere prikkels, zoals een belastingvoordeel of toegang tot de HOV-lane. Een mogelijke verklaring die Diamond (2009) hiervoor aandraagt is dat de dealers de belastingvoordelen in de prijs verwerken door een hogere prijs voor hybride auto's te vragen. Zo valt de maatregel ten goede aan de dealer en niet aan de consument. Om deze reden verwacht hij dat het positieve effect van deze maatregel op het gebruik van hybride auto's wordt geremd.

Gallagher en Muehlegger (2011) voeren ook aan de hand van data van de VS over HEV-gebruik onderzoek uit naar de ingebruikname van hybride voertuigen. Deze data gaat over de jaren 2000-2006 en is verzameld voor alle staten afzonderlijk. Deze data analyseren zij middels een regressieanalyse waarbij de logaritme van HEV-verkopen per capita de afhankelijke variabele is. Ook zij vinden dat hoge brandstofprijzen naar verwachting leiden tot een stijging in de aanschaf van hybride elektrische auto's. Een stijging van de brandstofprijs met 10% leidt volgens hun model tot een toename van 8,6% van HEV-verkopen. Naast de brandstofprijzen is onder andere het effect van toegang tot HOV-lanes op aanschaf van hybride auto's meegenomen. Deze analyse levert geen verwachting op van positief effect op het gebruik van hybride voertuigen. Belastingvoordelen leiden volgens hun model wel tot hogere HEV-verkopen. Voor een 5%-stijging van de verkoop moet dan \$1000 aan voordeel gegeven worden.

Verder volgt uit deze analyse dat er een verschil kan zijn tussen een subsidie bij aankoop en een belastingvoordeel. Op grond van het onderzoek van Gallagher en Muehlegger (2011) kan verwacht worden dat subsidies die lager zijn dan een belastingvoordeel alsnog een sterker positief effect hebben op het gebruik van hybride voertuigen. Bij een gelijk voordeel ter grootte van \$1000 neemt het aantal HEV-verkopen bij een belastingvoordeel naar verwachting toe met 2,4% en bij een subsidie met 37,4%. Aangezien zij het onderzoek hebben uitgevoerd met data van de VS behoudt onderstaand onderzoek zijn relevantie. Het huidige onderzoek betreft namelijk een regressieanalyse met paneldata voor Europese landen en plug-in auto's in plaats van de hybride auto's.

Gerlagh, Van den Bijgaart, Nijland en Michielsen (2015) onderzoeken de effectiviteit van de derde pijler uit Verordening 443/2009 van de Europese Commissie en het Europese Parlement over CO₂-emissies. Deze pijler houdt in dat men in de Europese Unie toe wil groeien naar een beter milieu door middel van fiscale maatregelen. Om deze effectiviteit te meten hebben Gerlagh et al. (2015) onderzocht of de CO₂-intensiviteit van auto's in Europa is afgenomen als gevolg van registratiebelastingen, wegenbelastingen en brandstofbelastingen.

Gerlagh et al. (2015) vinden dat een toename van de CO₂-intensiviteit van de registratie- en brandstofbelastingen inderdaad zorgt voor een daling van de uitstootintensiviteit van nieuw verkochte auto's. De CO₂-intensiviteit van belastingen houdt in dat belastingen hoger of lager zijn naar gelang de aangeschafte auto meer of minder CO₂ uitstoot. De enige belasting die geen of zelfs een negatief effect toont met de CO₂-intensiviteit van nieuw verkochte auto's is de wegenbelasting. Gerlagh et al. (2015) verklaren dit door de hoge collineariteit tussen de verschillende wegenbelastingen. De grootte van het gemeten effect is in hun onderzoek verschillend tussen belastingen op diesel- en benzineauto's. Bij dieselauto's zorgt een 1%-verhoging van de CO₂-gevoeligheid van registratiebelastingen voor een 0,04%- tot 0,1%-daling van CO₂-intensiteit. Bij benzineauto's zorgt de gemiddelde CO₂-gevoeligheid van registratiebelastingen in 2010 voor ongeveer 2% lagere CO₂-intensiteit. In het geval van brandstofbelastingen is het effect bij benzine verwaarloosbaar en niet significant. Bij dieselauto's leidt een 1%-stijging van de brandstofbelasting naar verwachting tot een 0,2% lagere CO₂-intensiteit van nieuwe auto's, dit resultaat is wel significant.

Uit de bovenstaande onderzoeken blijkt dat brandstofbelastingen een effectief middel zijn om auto's minder CO₂-intensief te maken of om consumenten aan te zetten tot aankoop van een minder vervuilende auto. In tabel 1 staan de bevindingen uit bovenstaande onderzoeken samengevat.

Auteurs en publicatiejaar	Onderzochte jaren	Dataniveau	Gevonden effect
Diamond (2009)	2000-2006	Staatsniveau VS	10%-stijging brandstofbelasting leidt tot 72-93% toename HEV-marktaandeel.
Gallagher en Muehlegger (2011)	2000-2006	Staatsniveau VS	10%-stijging brandstofprijs leidt tot 8,6% meer verkopen hybride auto's.
Gerlagh, Van den Bijgaart, Nijland en Michielsen (2015)	2001-2010	Staat EU	Dieselauto's: 1%-stijging CO ₂ -intensiviteit brandstofbelasting leidt tot 0,2% lagere CO ₂ -intensiteit. Benzineauto's: 1%-stijging CO ₂ -intensiviteit brandstofbelasting leidt niet tot een lagere CO ₂ -intensiteit.

Tabel 1: Kernpunten onderzoeken met brandstofbelasting als grootste effect op EV-ingebruikname

2.3.2 Doelmatigheid stimulering met socio-economische variabelen als controle

Uit bovenstaande onderzoeken volgt de verwachting dat de prijs van brandstof een belangrijke component zal worden in mijn onderzoek. Er zijn echter ook andere variabelen met een effect van belang op de mate van het gebruik van elektrische auto's in een land. Het belang van wetgeving, belastingvoordelen en controle voor enkele socio-economische variabelen volgt uit de volgende onderzoeken.

Dat gerichte regulering een relevant middel is bij het terugdringen van CO₂-uitstoot blijkt uit onderzoek van Gibson et al. (2015). Zij analyseren het Europese beleid per 2009, aangevuld in 2011 met beleid voor lichte commerciële voertuigen (Verordening (EU) nr. 510/2011). Dit doen ze mede aan de hand van data over de CO₂-uitstoot op EU-niveau in de jaren 2006 tot en met 2013. Deze data gebruiken ze om een regressieanalyse uit te voeren waarmee het effect van de EU-regulering geschat wordt. De afhankelijke variabele in dit onderzoek is de gemiddelde hoeveelheid CO₂-uitstoot in gram per kilometer per land per lidstaat. De doelvariabele is een dummy waarvan de waarde 1 is voor de jaren na de invoering van de regulering en 0 daarvoor. Verder controleren ze nog voor het mogelijke effect dat autofabrikanten na aankondiging van de regulering in 2007 reeds zijn begonnen met de verlaging van de CO₂-uitstoot van hun auto's. Dit effect wordt geschat via een dummyvariabele die 1 is voor de jaren 2007-2009 en 0 in de jaren ervoor en erna. Ook controleren de onderzoekers voor het tijdeffect, want fabrikanten zijn misschien sowieso wel bezig met verlaging van de CO₂-uitstoot. Die ontwikkeling staat dan los van het beleid uit 2009 en willen zij ook apart meten in hun model. Ook controleren ze in hun model voor het percentage dieselauto's van alle personenauto's in de lidstaten.

Gibson et al. (2015) concluderen op basis van de regressieanalyse in combinatie met een contrafeitelijke analyse dat het EU-beleid effectief was in het verlagen van CO₂-uitstoot bij auto's. De contrafeitelijke analyse houdt in dat de onderzoekers op zoek zijn gegaan naar datgene wat had gebeurd indien het beleid juist niet in werking was getreden. Deze contrafeitelijke analyse voerden de onderzoekers uit om de situatie met regulering te kunnen vergelijken met de situatie zonder de regulering. Zo wordt het effect van de emissieregels duidelijker. Voor deze uitgangssituatie hebben de onderzoekers verondersteld dat de daadwerkelijke CO₂-uitstoot vanaf 2006 per jaar met 0,5 g CO₂/km zou verminderen. Deze situatie hebben ze tot aan 2013 doorgetrokken. Zij baseren deze aanname mede op onderzoek van de National Research Council of the National Academies (2013) waaruit zou blijken dat de zuinigheid van auto's ten aanzien van brandstof zonder regulering naar verwachting gelijk blijft of iets verslechterd.

De effectiviteit van belastingvoordelen en andere financiële prikkels, zoals overheidsgeld voor het inruilen van een oude auto, wordt onder andere gemeten in een onderzoek van Jenn, Azevedo en Ferreira (2013). Zij analyseren middels een regressieanalyse of overheidsbeleid in de Verenigde Staten bijgedragen heeft aan een toename van de verkoop van hybride auto's per maand. Dit onderzoek beslaat de jaren 2000-2010. De verkoopcijfers van hybride auto's zijn onderverdeeld in panels welke zijn gesorteerd naar automodel. De doelvariabele wordt gevormd door de belastingprikkels onder de Energy Policy Act van 2005. Het effect hiervan meten ze door een variabele te maken die aangeeft of een automodel in een specifiek jaar onder deze wet valt. Voor de jaren tot en met 2004 is deze variabele dus altijd gelijk aan 0. Vanaf 2005 is dit enkel nog het geval voor automodellen die niet onder de Energy Policy Act vallen.

De controlevariabelen zijn onder andere twee dummyvariabelen. De eerste geeft aan of een fiscale stimulering uit 2004 ook op het automodel van toepassing was. De tweede geeft aan of het regime 'Cash for Clunkers' uit 2009 op het automodel in kwestie van toepassing was. Daarnaast controleren ze voor de zichtbaarheid van hybride auto's in de maatschappij. Hiervoor wordt een Prius campagne uit het eerste kwartaal van 2007 als proxy gebruikt. Ook wordt er voor import gecontroleerd, want auto's die in het land van aankoop ook geproduceerd zijn, zijn veelal goedkoper. Daarom worden ze naar verwachting sneller verkocht dan geïmporteerde auto's. Daarnaast wordt voor werkloosheid, brandstofprijzen, bruto binnenlands product (bbp) en andere macro-economische variabelen gecontroleerd, om de robuustheid van het model te testen.

Jenn, Azevedo en Ferreira (2013) vinden dat de Energy Policy Act 2005 de HEV-verkopen tussen 2000 en 2010 inderdaad positief en significant heeft beïnvloed. De grootte van het effect is gelijk aan 0,000046% verkoopstijging per dollar aan belastingvoordeel.

Ook in onderzoeken met data van meerdere landen komt de effectiviteit van belastingprikkels naar voren. Sierzechula, Bakker, Maat en Van Wee (2014) voerden een onderzoek uit aan de hand van een dataset van 30 verschillende landen voor het jaar 2012. De afhankelijke variabele bij Sierzechula et al. (2014) is het

marktaandeel van elektrische auto's in een land. Hierbij werden de hybride auto's niet meegenomen, maar enkel de plug-in hybride auto's.

De samenstelling van de doelvariabele werd in twee delen gedaan. Allereerst was van belang of de belastingprikkel of subsidie afhing van het aantal gram CO₂ per kilometer (g CO₂/km). Indien dit zo was dan werd dit omgerekend naar verbruik in liter per honderd kilometer (l/100 km). Hierbij werd de volgende verhouding gehanteerd: 1 l/100 km = 23,2 g CO₂/km. Vervolgens werd het relatieve voordeel van een elektrische auto ten opzichte van een traditionele auto berekend. Hiervoor was soms een representatieve standaard nodig. Deze werd gevormd door informatie over de Nissan LEAF (BEV) en van de Volkswagen Golf (Internal Combustion Engine Vehicle: ICEV) te gebruiken. De formule hiervoor is:

$$\text{Belastingvoordeel} = \text{autoprijs}_{\text{trad}} * \text{belastingtarief}_i - \text{autoprijs}_{\text{EV}} * \text{belastingtarief}_j$$

Hierbij staat het subscript 'i' en 'j' voor het specifieke belastingtarief dat geldt bij het autokenmerk dat bepalend is volgens de milieubelasting voor de traditionele respectievelijk elektrische auto. Dit kenmerk kan bijvoorbeeld de CO₂-uitstoot of het motorvermogen zijn. Daarnaast is er nog de situatie waarbij de te betalen belasting niet afhankelijk is van de autoprijs, maar dat op grond van de kenmerken van de auto een vast bedrag betaald moet worden. De formule hiervoor is als volgt:

$$\text{Belastingvoordeel} = \text{belastingbedrag}_i - \text{belastingbedrag}_j$$

Het subscript 'i' en 'j' heeft hier dezelfde betekenis als bij de vorige vergelijking.

Sierzchula et al. (2014) gebruikten voor hun onderzoek de volgende controlevariabelen:

- het aantal laadpalen in een land per 100.000 inwoners;
- een milieuprestatie-index (environmental performance index: EPI);
- het gewogen gemiddelde van diesel en benzineprijzen;
- een dummyvariabele voor de aan-/afwezigheid van een hoofdkantoor of productiefaciliteit van een producent;
- het bruto nationaal inkomen (bni) per hoofd van de bevolking;
- het aantal auto's per hoofd van de bevolking;
- het aandeel inwoners dat minstens op tertiair niveau onderwijs heeft afgerond;
- de elektriciteitsprijzen per KWh;
- het aantal modellen elektrische auto's die tot aan 2012 gelanceerd waren;
- het jaar waarin elektrische auto's voor het eerst in een land beschikbaar waren en;
- de prijs van een Mitsubishi MiEV.

Van al deze variabelen is de betekenis duidelijk, op de 'milieuprestatie-index' na. Om die reden voorzie ik die kort van een toelichting. Het is een index die door de Yale University en Columbia University in samenwerking met het World Economic Forum wordt bijgehouden. Met deze index worden 180 landen aan de hand van 24 indicatoren gerangschikt op thema's als milieugezondheid ("environmental health") en vitaliteit van het ecosysteem ("ecosystem vitality") (EPI, 2018).

Via een regressiemethode zijn de coëfficiënten voor alle variabelen geschat. De uitkomst was dat het aantal laadpalen per 100.000 inwoners in een land een van de best verklarende variabelen voor het marktaandeel van elektrische auto's in dat land is. Deze variabele hing positief en significant samen met de afhankelijke variabele. Het effect van toevoeging van een laadpaal per 100.000 inwoners is volgens dit geschatte model gelijk aan een stijging van het EV-gebruiksniveau met 0,13%. Verder bleken de financiële prikkels en de aanwezigheid van een productiefaciliteit of het hoofdkantoor van een elektrische autoproducent in een land positief en significant samen te hangen met het aandeel elektrische auto's in een land. De financiële prikkels leiden bij een toename van \$1000 per jaar naar verwachting tot een stijging van gebruiksniveau van elektrische auto's met 0,06%. De aanwezigheid van een productiefaciliteit van een elektrische autoproducent leidt naar verwachting tot een stijging van gebruiksniveau van elektrische auto's ter grootte van 0,93%. Ook bleek nog dat socio-economische variabelen zoals het onderwijsniveau en het bni geen goede verklarende variabelen zijn.

Auteurs en publicatiejaar	Onderzochte jaren	Dataniveau	Gevonden effect
Gibson et al. (2015)	2006-2013	EU	Europees beleid ten aanzien van vermindering CO ₂ -uitstoot auto's en licht commerciële voertuigen is effectief geweest.
Jenn, Azevedo en Ferreira (2013)	2000-2010	Staten VS	Energy Policy Act 2005 heeft tot een hogere HEV-gebruiksniveau geleid ter grootte van 0,000046% verkoopstijging per dollar aan belastingvoordeel.
Sierzechula, Bakker, Maat en Van Wee (2014)	2011	30 landen	1 extra laadpaal per 100.000 inwoners leidt naar verwachting tot een 0,13%-stijging van EV-gebruiksniveau. Een extra aan financiële prikkels ter grootte van \$1000 per jaar leidt tot 0,06% hogere EV-gebruiksniveau. Aanwezigheid van hoofdkantoor of productiefaciliteit van autoproducent met elektrische automodellen leidt tot 0,93% hogere EV-gebruiksniveau.

Tabel 2: Kernpunten onderzoeken met belangrijke controlevariabelen buiten brandstofprijzen/-belastingen

2.3.3 Analyse effect elektrische versus traditionele auto's op CO₂-uitstoot

Om te achterhalen of elektrische auto's daadwerkelijk de maatschappelijke kosten verlagen ten opzichte van traditionele auto's ontwerpen Prud'homme en Koning (2012) een economisch model waarin de totale kosten van beide soorten auto's tegen elkaar worden afgezet. In deze kosten zitten mede de aankoopprijs, brandstof-/elektriciteitskosten, onderhoudskosten, maatschappelijke kosten van externaliteiten en de efficiëntie van energieverbruik door de auto. Uiteindelijk volgt na de wiskundige bewerking een overtuigend saldo aan kosten voor consumenten en de maatschappij of een totale winst als gevolg van toegenomen ingebruikname van elektrische auto's. Zij nemen voor de analyse de kosten uit 2011 van automodellen in Frankrijk als data. De kosten zijn onderverdeeld in private kosten en maatschappelijke kosten. De private kosten geven weer hoeveel een consument betaald om de auto te gebruiken, dus dat zijn belastingen en aankoop- en reparatiekosten. De maatschappelijke kosten zijn gelijk aan de consumentenkosten zonder specifieke belastingen, want die beïnvloeden de resultaten niet. Vervolgens worden hier de externaliteiten bij opgeteld. Deze bestaan uit de uitstoot van NO_x, SO₂ en PM₁₀. Dat zijn vervuilende stoffen bij uitstoot van autogassen. Ook wordt geluidsoverlast meegerekend in dit model.

Uit deze analyse volgt dat de kosten van elektrische auto's voor individuen en voor de maatschappij hoger zijn dan de kosten van traditionele auto's. Het verschil is op individuniveau gelijk aan €12.889 en op maatschappelijk niveau €15.040. Er wordt volgens hun model 16,8 ton minder CO₂ uitgestoten door een elektrische auto tijdens de levensduur van 15 jaar dan door een traditionele auto met dezelfde levensduur. Hiermee kost een verlaging van CO₂-uitstoot met een ton €895. Zij raden subsidiëring van elektrische auto's dan ook af en roepen op tot andere maatregelen om CO₂-uitstoot te verminderen.

De studie van Prud'homme en Koning (2012) is door het International Transport Forum van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) herhaald met een completere dataset (Crist, 2012). Ook werd in dit vervolgonderzoek een drietal automodellen van verschillende grootte geanalyseerd. Alle variabelen waren op dezelfde manier gedefinieerd. De uitkomsten zijn in dit geval dat de maatschappelijke kosten van elektrische auto's nog steeds hoger zijn dan die van traditionele auto's. De private kosten zijn in Frankrijk ook hoger voor eigenaren van elektrische voertuigen, maar in Denemarken niet. Dit komt doordat de autobelastingen in Denemarken veel hogere tarieven hebben, dus bij belastingvoordelen voor elektrische voertuigen zijn de verschillen direct groter met traditionele auto's. Crist (2012) geeft echter aan dat dit verschil in maatschappelijke kosten in het nadeel van elektrische auto's in de toekomst best de andere kant op kan gaan. Daarvoor is de verwachte productietoename van elektrische auto's een van de verklaringen. Verder is een grotere hoeveelheid accu's nodig met een bereik van 150 kilometer of meer per oplaadbeurt.

Hoofdstuk 3 – Data en methodologie

Mijn onderzoek richt zich op de vraag of er een verschil bestaat in effectiviteit tussen subsidies en belastingvoordelen als stimuleringsmaatregelen voor de ingebruikname van elektrische auto's. Voor dit onderzoek is de afhankelijke variabele het eerste verschil (first difference) van het aantal registraties van elektrische voertuigen in proportie tot het totale aantal personenautoregistraties. De belangrijkste onafhankelijke variabelen zijn de subsidies en belastingvoordelen. Daarnaast worden er nog enkele controlevariabelen gebruikt om tot het best verklarende model te komen. De controlevariabelen zijn: de diesel-, benzine-, elektriciteits- en accuprijs, het aantal laadpalen per 100.000 inwoners, het aandeel hoger opgeleiden, de hoogte van het bruto nationaal inkomen per capita, de CO₂-uitstoot, de aan-/afwezigheid van een productiefaciliteit of hoofdkantoor van een automerk met elektrische modellen en tot slot het aandeel elektrische auto's in de totale hoeveelheid personenauto's.

Voordat ik de regressievergelijking in algemene vorm presenteer, beschrijf ik kort welke data ik gebruik en waar deze vandaan komt. De naam van de variabelen in de vergelijking geef ik weer in tabel 4. Tevens licht ik de te gebruiken regressiemethode toe.

3.1 Beschrijving data

De afhankelijke variabele in dit onderzoek is de natuurlijke logaritme van het eerste verschil van het aantal elektrische auto's dat in een jaar nieuw is geregistreerd in het betreffende land als percentage van het totale aantal nieuw geregistreerde auto's in datzelfde land. De data hieromtrent zijn afkomstig van de European Alternative Fuels Observatory (EAFO) die voor Europa deze gegevens (voor de BEV/PHEV-categorie) bijhoudt. Er is bij dit onderzoek geen rekening gehouden met HEV's, want inmiddels is de plug-in technologie het hoofddoel van fiscale prikkels geworden.

Ik gebruik in mijn onderzoek twee doelvariabelen en meerdere controlevariabelen. Dit laatste is nodig om te voorkomen dat het gemeten effect van de doelvariabelen vertroebeld wordt. De beleidsmatige prikkels zorgen namelijk niet exclusief voor een wijziging in het aantal nieuw geregistreerde elektrische auto's. Voor de landen in de dataset is er per variabele data verzameld over de jaren 2010 tot en met 2017. Sommige gegevens zijn niet vindbaar voor ieder jaar, dus is de dataset niet volledig gebalanceerd. Deze niet beschikbare gegevens hebben hoofdzakelijk betrekking op het jaar 2017 en soms 2016. Dit zal te maken hebben met de verwerkingstijd van data die landen aanleveren.

Voor een lineaire (panel)regressieanalyse is vereist dat de data voor de doelvariabelen de normale verdeling volgen. Dit was bij mijn dataset niet het geval, dus heb ik de natuurlijke logaritme genomen om de normale verdeling dichter te benaderen. Hiervoor was het nodig om alle situaties waar geen belastingvoordeel of subsidie aanwezig was een waarde van 1 toe te kennen. De logaritme van 0 levert namelijk een missende waarde op, omdat dit gelijk is aan min oneindig.

3.1.1 Doelvariabelen

De eerste van mijn twee doelvariabelen betreft de subsidie bij aankoop van een auto. De tweede variabele is het belastingvoordeel bij registratie en tijdens gebruik van een elektrische auto ten opzichte van de tegenhanger met een verbrandingsmotor. Deze worden op nationaal niveau verleend, dus regionaal beleid wordt genegeerd.

De doelvariabele voor de belastingvoordelen is geconstrueerd door het verschil tussen het normale en het bijzondere tarief in de dataset in te voegen. Dit is namelijk het voordeel dat een EV-chauffeur heeft ten opzichte van een ICEV-chauffeur en juist dat voordeel is de prikkel tot het gebruik van een EV.

De subsidies heb ik in de dataset gewaardeerd voor het volle bedrag dat een consument ontvangt. Vanwege verschillende lagen in het stimuleringsbeleid waarbij een specifiek kenmerk van de auto bepaalt hoeveel korting of subsidie de EV-bezitter ontvangt, was soms een representatieve standaard nodig. In die situaties heb ik het voordeel berekend door de Nissan LEAF en de Volkswagen Golf als representatieve auto's voor de elektrische, respectievelijk traditionele automarkt te gebruiken. De gebruikte autogegevens voor de constructie van de doelvariabelen staan in tabel 3. De onderstaande vergelijking geeft weer hoe het bovenstaande er wiskundig uit ziet voor de situatie waarin het belastingvoordeel afhangt van een tarief maal de autoprijs.

$$\text{Belastingvoordeel} = \text{autoprijs}_{\text{trad}} * \text{belastingtarief}_i - \text{autoprijs}_{\text{EV}} * \text{belastingtarief}_j$$

In de situatie waar het voordeel niet afhangt van een tarief maal de autoprijs, maar dat het een vast bedrag was bij registratie of jaarlijks, heb ik de volgende formule gehanteerd:

$$\text{Belastingvoordeel} = \text{belastingbedrag}_i - \text{belastingbedrag}_j$$

	Nissan LEAF	Volkswagen Golf
Aanschafprijs (incl. belastingen)¹	31.590	29.090
Uitstoot (g CO₂/km)²	0	118
Verbruik (l/100 km)²	1,2 ³	5,1
Vermogen	80 kW (109 pk)	92 kW (123 pk)
Gewicht leeg (in kg)	1.475	1.174

Tabel 3: Weergave gehanteerde informatie bij constructie doelvariabelen

¹: Prijs voor de LEAF via ev-database.nl achterhaald. Prijs voor de Golf via anwb.nl. Weergave in euro's voor beide modellen uit 2015/2016. Websites geraadpleegd op 8-6-2018.

²: Volgens fabrieksopgave.

³: Benzine equivalent², volgens NEDC-normering. Via ev-database.nl achterhaald. Website geraadpleegd op 12-6-2018.

² De benzine equivalent is het verbruik in kWh per 100 kilometer omgerekend naar het verbruik in liter per 100 kilometer.

In Frankrijk bestaat er, net als in België, nationaal en regionaal stimuleringsbeleid op het gebied van elektrische auto's. Voor data omtrent België is er geen onderscheid gemaakt tussen de regio's. Dit vanwege de moeilijkheid om de juiste variantie in de data op nationaal niveau ook door te berekenen naar regionaal niveau.

In Frankrijk is er niet veel verschil in de stimulering. Het gedelegeerde beleidskader laat namelijk slechts keuzeruimte voor vrijstellingen van 100%, 50% of 0%. Vrijwel alle regio's hebben een 100%-vrijstelling en er is er maar 1 met 0% vrijstelling, te weten Centre val de Loire (Avere France, 2018). Hier woont 3,97% van de Franse bevolking (ined, 2018). Om die reden is in de dataset een 100%-vrijstelling van het gemiddelde verschuldigde bedrag aan wegenbelasting genomen. Tevens is het zo dat per 1 januari 2016 bepaalde regio's zijn samengevoegd, zodat de regio's zijn vergroot. Dit zou voor een grote breuk in de data zorgen voor vele gebieden als regionale data gebruikt zou worden.

Voor België is het nationale belastingvoordeel of de subsidie berekend door het gewogen gemiddelde te berekenen van de voordelen in de drie afzonderlijke gewesten. De gewichten in deze vergelijking waren de totale personenautoregistraties per regio.

Voor ieder belastingvoordeel dat meerdere jaren terugkomt, heb ik de waarde verdisconteerd naar de huidige waarde. Ik baseer mijn verdisconteringsvoet op het onderzoek van Gallagher & Muehlegger (2011). Zij onderzoeken hoe consumenten brandstofbesparingen waarderen. Hierbij gebruiken zij hun regressie-uitkomsten om de impliciete verdisconteringsvoet te berekenen, zie paragraaf 2.3.1 voor een verdere bespreking van hun onderzoek. Ze stellen voor de berekening van de verdisconteringsvoet de verdisconteerde toekomstige brandstofbesparing gelijk aan de ontvangst van \$1000 aankoopsubsidie. De te verdisconteren brandstofbesparingen berekenen ze door het effect van brandstofbesparing op de HEV-ingebruikname gelijk te stellen met de aankoopsubsidie ter grootte van \$1000. Daaruit blijkt dat de jaarlijkse brandstofbesparing \$257 moet zijn voor een effect dat gelijk is aan de aankoopsubsidie. De terugverdientijd stellen zij vast op vijf jaar, dit op grond van de gemiddelde tijd van autobezit. Deze analyse leidt tot een verdisconteringsvoet van 14,6%. De terugverdientijd houdt in dat consumenten verwachten de extra investering in de zuinigere auto in die tijd te hebben terugverdient via brandstofbesparing. In mijn onderzoek staat de terugverdientijd voor de tijd waarin mensen verwachten de investering in de plug-in elektrische auto terug te hebben verdiend in de vorm van belastingbesparing.

Ik baseer mijn terugverdientijd op onderzoek van Kampert, Nijenhuis, Van der Spoel en Molnár-in 't Veld (2017). Zij analyseren het autobezit en autogebruik van Nederlanders in de jaren 2006-2016. Hiervoor hebben ze data van het CBS gebruikt over onder andere de leeftijd van auto's, de gemiddelde duur van autobezit en de gereden kilometers per jaar. In de analyse onderscheiden ze verschillende leeftijdsgroepen

van autobezitters om te achterhalen hoe het autobezit en autogebruik verschilt per leeftijdscategorie. Uit hun analyse volgt dat in 2016 de gemiddelde duur van autobezit gelijk was aan 4,1 jaren. Dit was in 2006 nog 3,3 jaren.

Op grond van voorgaand onderzoek stel ik de verdisconteringsvoet (r) vast op 15% en stel ik de terugverdientijd (n) gelijk aan 5 jaar. Deze terugverdientijd verschilt iets met de gemiddelde duur van autobezit, maar de verdisconteringsvoet is berekend met een terugverdientijd van 5 jaar als basis. Dit ligt dicht genoeg bij 4,1 jaar om de 5 jaar als leidend aan te houden.

Uit eerder onderzoek met data van enquêtes onder Amerikaanse consumenten blijkt dat zij bij aankoop van een zuinigere auto slechts drie jaar terugverdientijd meenemen bij de beslissing in plaats van de volle tijd van autobezit (Greene, Evans, & Hiestand, 2013). Deze tijd zou minstens vier jaar moeten zijn op grond van de gemiddelde tijd van autobezit (Kampert, Nijenhuis, Van der Spoel, & Molnár-in 't Veld, 2017, p. 8). Klaarblijkelijk laten consumenten bepaalde informatie achterwege of hebben deze niet ter beschikking bij het maken van hun aankoopbeslissing. Deze uitkomsten inzake de waardering van brandstofbesparingen zijn naar mijn mening over te zetten op de verdiscontering van belastingvoordelen. De voordelen worden beide namelijk over de tijd geïncasseerd en kennen een onzekere component. De onzekerheid zit er bij de brandstofprijzen in dat deze snel kunnen fluctueren. Bij milieubelastingen kunnen politieke beslissingen de tarieven onverwachts veranderen.

De gekozen verdisconteringsvoet van 15% en de terugverdientijd van 5 jaar wijken af van dat wat van een rationeel individu verwacht kan worden, want het is bij een belastingvoordeel bekend voor hoe lang dit wordt toegekend. Aangezien dit onderzoek een gedragseconomisch onderzoek is, moet er zoveel mogelijk bij de werkelijke situatie in keuzegedrag aangesloten worden en niet het sterkst bij datgene wat van een rationele beslisser verwacht kan worden. De formule voor de verdiscontering van jaarlijkse belastingvoordelen staat hieronder weergegeven.

$$\text{Huidige waarde belastingvoordeel} = \sum_{n=0}^{n=5} \frac{\text{Belastingvoordeel}}{(1 + 0,15)^n}$$

Na deze stap heb ik van alle datapunten voor de doelvariabelen de natuurlijke logaritme genomen om dichter bij de statistische normale verdeling uit te komen.

Alle gegevens over subsidies en belastingvoordelen volgen uit de overzichten die de ACEA in de jaren 2010, 2013 en 2015 tot en met 2017 uitbracht. Voor de jaren 2011 en 2014 heb ik deze overzichten achterhaald via de organisatie CESifo DICE. Tevens zijn de websites van nationale overheden en andere organisaties geraadpleegd wanneer sommige punten van het beleid op grond van het ACEA-rapport onduidelijk bleven. Indien de belastingprijken of subsidies omgerekend moesten worden van een nationale

munteenheid naar de euro is hiervoor het jaargemiddelde van de wisselkoers gehanteerd. Dit was nodig voor Noorwegen, Zweden en het Verenigd Koninkrijk. De wisselkoersen zijn via ofx.com achterhaald voor ieder van deze drie landen.

3.1.2 Controlevariabelen

Als controlevariabele is allereerst de brandstofprijs van groot belang gebleken in het voorgaande hoofdstuk. Voor deze variabele is data van EU Open Data gebruikt. De datasets die hier beschikbaar zijn, geven de prijs van benzine en diesel, inclusief belastingen en accijnzen, per land per week weer. De prijs per jaar heb ik berekend door voor ieder land het jaargemiddelde te berekenen van alle weekprijzen. De prijs die gehanteerd is, is die per liter brandstof.

Naast dat prijzen van diesel en benzine de gebruikskosten van een traditionele auto beïnvloeden, zijn de kosten van elektriciteit een kostenpost voor bezitters van elektrische auto's. Om die reden neem ik in de dataset voor dit onderzoek de prijs per KWh inclusief belastingen en andere heffingen in euro's mee. De data hiervoor is beschikbaar via Eurostat.

Vervolgens is het aantal publiek beschikbare oplaadpalen per 100.000 inwoners gebruikt als representatie van de bereidheid van de infrastructuur van een land voor elektrische auto's. De data over het aantal laadpalen is opgehaald van EAFO. Data van de Wereldbank over het inwoneraantal per land is gebruikt om het aantal laadpalen per 100.000 inwoners te berekenen. Er is een verschil tussen de laadsnelheid van laadpalen, maar ik neem dit verschil niet mee in mijn onderzoek. Het is wel een punt van ongemak wanneer een chauffeur lang moet wachten voordat de rit wordt voortgezet, maar ik neem aan dat hier omheen te plannen is door mensen die elektrisch willen rijden.

Om mijn model te controleren voor de prijs van elektrische auto's heb ik gekozen om de kosten van accu's als proxy voor de autoprijs mee te nemen als controlevariabele. Dit naar aanleiding van een rapport van Bloomberg New Energy Finance (Curry, 2017). Hierin kwam naar voren dat de hoge kosten voor accu's de grootste reden zijn dat elektrische auto's gemiddeld genomen duurder zijn dan traditionele auto's. De prijzen van de accu's komen uit dit rapport. Het waren echter prijzen in dollars, dus heb ik de gemiddelde jaarkoers USD naar EUR voor ieder jaar gebruikt om de prijzen om te rekenen in euro's. Deze koers is via ofx.com achterhaald. De kosten van accu's verschillen tussen de jaren, maar zijn per land en gebied gelijk gehouden. Hier kon namelijk niet gedifferentieerd worden op grond van de data.

Een volgende variabele die naar verwachting van belang is voor mijn onderzoek is de CO₂-uitstoot per hoofd van de bevolking. Dit vanwege het verwachte effect op de zichtbaarheid van milieuorganisaties bij sterke stijgingen hiervan. Er zullen voor hen bepaalde drempels zijn waarbij ze sterk inzetten op actievoering of discussies in het openbaar. De bewustwording die hiermee gepaard gaat, kan leiden tot een hogere aankoop van plug-in hybride auto's. De data hiervoor is via de Wereldbank achterhaald.

Aangezien elektrische auto's vooralsnog een grotere luxe blijken dan traditionele auto's is het naar verwachting zo dat het gebruik van deze transportvorm sneller toeneemt in landen met een hoger inkomen per hoofd van de bevolking. Hiertoe is het bruto nationaal inkomen (bni) per hoofd van de bevolking met koopkrachtpariteit gebruikt. Het bni met koopkrachtpariteit is gekozen om de vergelijkbaarheid tussen landen te vergroten. De data komt van de Wereldbank.

Een volgende controlevariabele is de aan-/afwezigheid van fabrieken voor elektrische voertuigen of componenten hiervan. De import van halffabricaten, onderdelen of eindproducten verhoogt meestal de kosten van auto's, vanwege de aanwezigheid van importtarieven of niet-tarifaire belemmeringen. Tevens is het zo dat door de aanwezigheid een fabriek de landelijke zichtbaarheid van plug-in hybride auto's toeneemt in een land. Deze variabele is een dummyvariabele die gelijk is aan 1 wanneer er een fabriek aanwezig is en 0 anderszins. De data hiervoor is verkregen van Autonews Europe in combinatie met verschillende nieuws-/autoproducenten-websites.

Ook is het marktaandeel van elektrische auto's per land meegenomen als controlevariabele. Hoe sterker ze vertegenwoordigd zijn, hoe sneller het gebruik naar verwachting toeneemt. Dit vanwege het feit dat iedere rondrijdende EV een vorm van promotie is. De data hiervoor komen voor de jaren 2010 tot en met 2016 voor de landen Noorwegen, Duitsland, Nederland, het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Frankrijk van de International Energy Agency en staan in de Global EV Outlook 2017. De data voor de overige jaren en landen is via de EAFO achterhaald.

De laatste controlevariabele is het deel van de bevolking dat tertiair onderwijs heeft gevolgd. Naar verwachting kopen hoopopgeleide mensen namelijk sneller een elektrische auto als gevolg van hun hogere consumptiecapaciteit door het veelal hogere salaris. Ook zijn zij zich meer bewust van het effect van eigen keuzes op het milieu.

Variabele	Betekenis	Bron data	Verwacht effect (positief/negatief)
Registraties elektrische auto's	Aantal registraties nieuwe elektrische auto's per land als proportie van het totale aantal registraties personenauto's	EAFO, Eurostat en ACEA	N.v.t.
Subsidie	Subsidie bij aankoop elektrische auto	ACEA, CESifo DICE en nationale overheden	Positief
Belastingprikkel	Belastingvoordeel bij aankoop of gebruik elektrische auto	ACEA, CESifo DICE en nationale overheden	Positief
Dieselprijs	Prijs diesel, inclusief belasting en accijns, per liter	EU Open Data	Positief
Benzineprijs	Prijs benzine, inclusief belasting en accijns, per liter	EU Open Data	Positief
Elektriciteitsprijs	Prijs elektriciteit, inclusief belasting en heffingen, per KWh	Eurostat	Negatief
Infrastructuur	Aantal laadpalen per 100.000 inwoners	EAFO en Wereldbank	Positief
Accuprijs	Prijs van accu's voor auto's	Bloomberg New Energy Finance	Negatief
CO ₂ -emissie	CO ₂ -uitstoot per hoofd van de bevolking	Wereldbank	Positief
Bni per capita	Bruto nationaal inkomen per hoofd van de bevolking	Wereldbank	Positief
Fabriek	Aan-/afwezigheid productiefaciliteit onderdelen, halffabricaten dan wel eindproducten elektrische auto's	Autonews Europe en nieuws- en fabrikantenwebsites	Positief
EV-aandeel	Aandeel elektrische auto's van totale automarkt	IEA, EAFO en Eurostat	Positief
Tertiair opleidingsniveau	Percentage bevolking met afgeronde bachelor of hoger	OECD Statistics en Eurostat	Positief

Tabel 4: Variabelen onderzoek, betekenis hiervan, de vindplaats van de data en het verwachte effect op de afhankelijke variabele per onafhankelijke variabele

3.2 Introductie model en toelichting analysemethode

Deze bovenstaande gegevens voer ik in het programma Stata. Door middel van een panelregressie schat ik vervolgens een model. De algemene vorm van de regressievergelijking is als volgt:

$$\ln(Y) = \alpha + \beta_1 * \ln(X_1) + \beta_2 * [\ln(X_1) + \ln(X_2)] + \gamma * C_1 + \dots + \vartheta * C_n + \varepsilon$$

In dit model staat Y voor het aantal nieuw geregistreerde elektrische auto's in een land in een jaar. De doelvariabelen worden hier weergegeven door X_1 en X_2 en de controlevariabelen door C_1 tot en met C_n . Van de Griekse letters staat α voor de constante term van de vergelijking. Verder geven deze letters de coëfficiënt aan per variabele die via de regressie geschat wordt. De reden dat de doelvariabelen achter β_2 opgeteld worden is dat op deze manier het verschil in werking van beide prikkels geanalyseerd kan worden. Indien in dit model β_1 namelijk significant verschilt van nul is het zo dat X_1 nog extra verklaringskracht heeft buiten het feit dat de voordelen als geheel ook een deel van de toename van registraties van elektrische auto's verklaren.

Hoofdstuk 4 – Resultaten en discussie

Voordat ik de uitkomsten van de regressie weergeef, bespreek ik enkele beschrijvende statistieken. Hierop volgt de beschrijving en interpretatie van het regressiemodel. Ook zal ik reflecteren op onverwachte uitkomsten waarbij ik tevens probeer om hiervoor een verklaring te geven.

4.1 Beschrijvende statistieken

In het derde hoofdstuk, bij de keuze van de methodologie, noemde ik reeds dat de verdeling van de doelvariabelen scheef is. Om dit op te lossen is van beide de natuurlijke logaritme genomen. In figuur 3 is de verdeling voor beide doelvariabelen in een dichtheidsgrafiek te zien.



Figuur 3: Verdeling van doelvariabelen

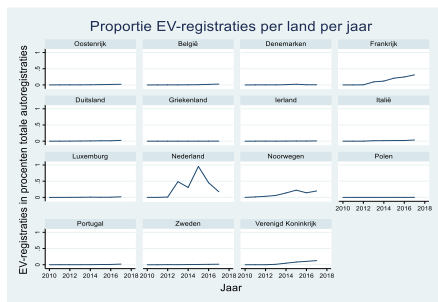
In tabel 5 staan voor de afhankelijke en de twee doelvariabelen enkele beschrijvende statistieken in niet-logaritmische vorm. Voor de overige variabelen staan deze gegevens in een tabel in bijlage A.

Variabele	Observaties	Gemiddelde	Standaarddeviatie	Minimum	Maximum
EV-registraties	120	0,0421	0,118	0	0,956
Subsidie	120	1438,412	2318,502	0	7000
Belastingprikkel	120	5686,998	10621,820	0	44029,360

Tabel 5: Kernstatistieken bij de afhankelijke en doelvariabelen

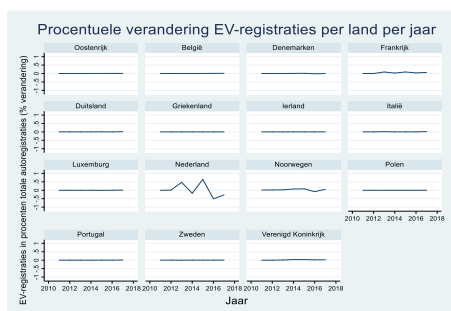
Verder is in bijlage B nog een tweetal sets van grafieken per land te zien waarin de ontwikkelingen van de subsidies en belastingvoordelen over de jaren weergegeven zijn.

Voor het uitvoeren van de regressieanalyse is een stationair proces in de data nodig. Dit houdt in dat het gemiddelde en de variantie van een variabele niet veranderd door de tijd heen. Om te achterhalen of dit in mijn dataset het geval is, staat hieronder de grafiek van het verloop van registraties van elektrische voertuigen over de jaren voor ieder land uit de dataset.



Figuur 4: Proportie registraties elektrische auto's van totale autoregistraties per land per jaar

In deze figuur is te zien dat de registraties van elektrische auto's in vrijwel alle landen een steeds grotere proportie uitmaken van de totale personenautoregistraties. Dit geeft aan dat er sprake is van niet-stationariteit in de data voor de afhankelijke variabele. De oplossing die ik hiervoor gebruik is het nemen van eerste verschillen. Dit houdt in dat ik de waarde in 2010 aftrek van de waarde in 2011 en dit doe ik voor alle verdere jaren eveneens. Op deze manier wordt de afhankelijke variabele gelijk aan de procentuele verandering van de registraties van elektrische auto's als percentage van de totale autoregistraties. In figuur 5 is te zien dat het nemen van deze verschillen een goede oplossing is.



Figuur 5: Procentuele verandering registraties elektrische voertuigen als percentage van personenautoregistraties

4.2 Resultaten van analyse

Na de verzameling van alle data en het oplossen van de niet-stationariteit heb ik met Stata de modellen geschat. Aangezien mijn onderzoek gebaseerd is op paneldata heb ik de panelregressiemethode gebruikt. Meer specifiek de vaste effecten schatter. Dit vanwege het feit dat er in mijn data ongetwijfeld land-specifieke effecten zitten die de schatting beïnvloeden. Hierbij valt te denken aan cultuur- en infrastructuurverschillen. Met de vaste effecten schatter wordt met deze eigenschap van de data rekening gehouden. Verder heb ik ter controle van de robuustheid van mijn model nog een jaarvariabele ingevoegd. Hiermee controleer ik voor het effect van de tijd op mijn afhankelijke variabele. Dit bleek geen variabele te zijn die in mijn model nodig is. Toevoeging hiervan zorgde namelijk vrijwel niet voor verandering in de coëfficiënten van de overige variabelen, maar leidde er wel toe dat de constante term sterk steeg. Tevens werd de standaarddeviatie van de constante term zeer groot. Voor een tweetal modellen met de jaarvariabele verwijs ik naar bijlage C.

In tabel 6 staan zes geschatte modellen weergegeven om inzicht te geven welk effect een wijziging van het samenstel aan variabelen teweegbrengt. Hieruit volgt dat de verandering in sommige coëfficiënten, zoals de brandstofprijzen en het EV-aandeel, vrij groot kan zijn bij aanpassing van een model. De toegevoegde variabelen versterken of verzwakken dan een deel van de verklaringskracht van andere variabelen. Tevens is te zien dat de significantie van variabelen kan omslaan door aanpassingen in het model. Dit houdt in dat het de ene keer wel aannemelijk is dat de variabelen niet toevallig op deze waarde zijn geschat, en dat ze dus significant zijn, maar dat in een aangepast model deze zekerheid vervalst en ze dus wellicht niet de juiste waarde aannemen.

Model Variabele	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Belastingvoordeel	0,3001602 (1,37)	0,2786395 (1,26)	-0,0974544 (-0,51)	0,1756699 (-0,91)	-0,2092662 (-1,10)	-0,0710061 (-0,33)
Subsidie+Belasting voordeel	-0,0690048 (-0,86)	-0,0692091 (-0,87)	-0,0491367 (-0,73)	-0,0626491 (-0,96)	-0,0267875 (-0,41)	-0,0331848 (-0,51)
Benzineprijs		-0,4721491 (-0,83)	0,3585689 (0,74)	0,2959369 (0,62)	0,2918774 (0,62)	0,1321828 (0,27)
CO ₂ -emissie						0,0924855 (1,33)
Elektriciteitsprijs			0,0164813 (0,00)	9,342386 (1,99)	7,387859 (1,58)	7,762278 (1,67)
Infrastructuur			0,0109627 (0,89)	0,0294393 ^b (2,18)	0,02526 ^a (1,90)	0,0300908 ^b (2,19)
Accuprijs			-0,0076213 ^c (-5,10)	-0,055721 ^c (-3,88)	-0,0066709 ^c (-4,45)	-0,0082821 ^c (-4,30)
Bni per capita				0,0000516 (-1,78)	-0,00007 ^b (-2,36)	0,0000678 ^b (-2,29)
Fabriek			-0,8792094 (-1,00)	-0,9690673 (-1,11)	-0,8717494 (-1,02)	-1,08628 (-1,26)
EV-aandeel			1,09026 (0,24)	0,9429998 (0,21)	-0,2414718 (-0,06)	1,161933 (0,26)
Tertiair opleidingsniveau			0,0368549 (1,37)		0,0563154 ^b (2,06)	0,0554097 ^b (2,04)
Constante	-7,185613	-6,379068	-3,574118	-2,781586	-2,9598	-3,553481
Aantal observaties	89	89	89	89	89	89
Adjusted R ²	0,0038	0,0061	0,3899	0,4014	0,4313	0,4395

^a = significant op 10%-niveau

^b = significant op 5%-niveau

^c = significant op 1%-niveau

Tabel 6: Resultaten uitgevoerde regressies met tussen haakjes de t-waarde van de coëfficiënt

4.3 Discussie en reflectie

Uit de bovenstaande zes modellen verklaart de laatste het beste de variatie in de procentuele verandering van het aandeel nieuw geregistreerde elektrische auto's als percentage van de totale personenautoregistraties. Dit baseer ik mede op het feit dat de adjusted R², de totale verklaringskracht, het hoogst is bij dit model. Ook zijn er genoeg observaties voor dit model om betrouwbare uitspraken te kunnen doen op basis van het model.

De doelvariabele Belastingvoordeel is in geen van de modellen significant. Het is dus zo dat de geschatte coëfficiënt steeds niet met voldoende zekerheid van 'willekeurig' kan worden onderscheiden. Ook de gesommeerde term van beide voordelen leidt niet tot een significant resultaat. Dit is niet in lijn met de verwachting op basis van de eerder behandelde onderzoeken. Tevens vonden Gallagher en Muehlegger (2011) een significant verschil in effectiviteit tussen subsidies en belastingvoordelen.

Om dit verschil te verklaren heb ik het zesde model ook geanalyseerd met enkel de belastingvoordelen, subsidie of gesommeerde term als doelvariabele. Dit leverde in geen van de gevallen een significant effect op. Vervolgens heb ik de analyse nog eens uitgevoerd met de afhankelijke variabele zonder eerste verschillen. Dat is namelijk ook hoe Gallagher en Muehlegger de data voor hun afhankelijke doelvariabele hebben vormgegeven. Dit leverde significante, positieve resultaten op voor het model met alleen subsidie en bij het model met enkel de gesommeerde term. Alle voornoemde resultaten staan in tabel 7.

	Belasting- voordeel	Subsidie		Gesommeerde term		
	Eerste verschil doelvariabele	Geen eerste verschil	Eerste verschil doelvariabele	Geen eerste verschil	Eerste verschil doelvariabele	Geen eerste verschil
Belastingvoordeel	-0,0974967 (-0,47)	0,2468096 (1,61)				
Subsidie			-0,0311293 (-0,48)	0,1056613^a (1,86)		
Subsidie+Belasting- voordeel					-0,384226 (-0,61)	0,107527^b (2,17)
Benzineprijs	0,1396153 (0,29)	-0,1809706 (-0,37)	0,1166848 (0,24)	-0,1717389 (-0,35)	0,1207335 (0,25)	-0,1833667 (-0,38)
CO₂-emissie	0,0898831 (1,30)	0,2259447^c (4,06)	0,1089568^a (1,78)	0,18354225^c (3,31)	0,1036065^a (1,71)	0,1915973^c (3,53)
Elektriciteitsprijs	8,060246^a (1,75)	8,313076^b (2,44)	7,466971 (1,63)	8,581133^b (2,55)	7,513205 (1,65)	8,293487^b (2,47)
Infrastructuur	0,0295362^b (2,17)	0,0107022 (1,14)	0,0298165^b (2,19)	0,0097303 (1,04)	0,0300238^b (2,20)	0,009828 (1,06)
Accuprijs	-0,0083479^c (-4,37)	-0,0171152^c (-13,61)	-0,008519^c (-4,60)	-0,0166923^c (-13,05)	-0,0084217^c (-4,52)	-0,0166558^c (-13,14)
Bni per capita	-0,00007^b (-2,41)	0,000016 (0,63)	-0,0000647^b (-2,25)	0,00000533 (0,21)	-0,0000654^b (-2,30)	0,0000079 (0,32)
Fabriek	-0,986893 (-1,18)	-0,4553093 (-0,55)	-1,179385 (-1,41)	0,099724 (0,13)	-1,165885 (-1,42)	-0,0711564 (-0,09)
EV-aandeel	1,13026 (0,26)	6,835348 (1,58)	1,562528 (0,36)	5,921115 (1,38)	1,426151 (0,33)	6,182834 (1,45)
Tertiair opleidingsniveau	0,0590706^b (2,27)	0,0439078 (1,63)	0,0553189^b (2,05)	0,0588136^b (2,17)	0,0546274^b (2,03)	0,0567517^b (2,12)
Constante	-3,779579	-5,0909	-4,205725	-4,047844	-3,928777	-4,68974
Aantal observaties	89	120	89	120	89	120
Adjusted R²	0,4653	0,7898	0,5654	0,7916	0,4666	0,7942

^a = significant op 10%-niveau

^b = significant op 5%-niveau

^c = significant op 1%-niveau

Tabel 7: Resultaten uitgevoerde regressies met tussen haakjes de t-waarde van de coëfficiënt

De significante resultaten zeggen niets over een mogelijk verschil in effectiviteit tussen de twee soorten stimuleringsmaatregelen. Wel volgt hieruit dat mijn niet-significante resultaten wellicht het gevolg zijn van de eerste verschillen die ik genomen heb bij de afhankelijke variabele. Een deel van de verklaringskracht van subsidie of stimulering in het algemeen in de modellen zonder eerste verschil zou dan liggen in het feit dat het aantal registraties van elektrische auto's over de tijd sowieso een groter percentage van de totale autoregistraties vormen.

In het verdere van deze paragraaf bespreek ik nog de overige effecten uit mijn regressiemodel. In dit model is van de brandstofprijzen enkel de benzineprijs meegenomen voor de schatting. Dit vanwege de sterke correlatie tussen deze twee brandstofprijzen. Dit leidde tot vertekening van de coëfficiënten wanneer beide in een model gevoegd waren.

Correlatiecoëfficiënt diesel- en benzineprijs	0,9007
---	--------

Tabel 8: Correlatiecoëfficiënt diesel- en benzineprijs

Uit het geschatte model blijkt dat de infrastructuur een significant positief effect heeft op de afhankelijke variabele. Dit effect is significant op een 5%-niveau. Het effect is wel redelijk klein, want er moeten naar verwachting 100 laadpalen per 100.000 inwoners in een land of regio geplaatst worden alvorens er 3,00% groei in het percentage ingeschreven elektrische auto's gerealiseerd wordt.

Tevens volgens verwachting hebben de accukosten, als proxy voor de EV-prijzen, een negatief effect op het gebruik van elektrische auto's. Dit resultaat is sterk significant. Op grond van mijn model zou de groei van het percentage elektrische auto's die ingeschreven worden met 0,83% toenemen wanneer de accukosten met €100,- zouden dalen.

Een volgende variabele met significante coëfficiënt is het bni per capita. Dit effect is wel vrij klein. Bij een stijging van het bni per capita met €1.000,- stijgt de groei van het percentage geregistreerde elektrische auto's naar verwachting met 0,07%.

Tot slot volgt uit mijn model de verwachting dat een 5%-stijging van het aantal inwoners die minstens een bachelor hebben afgerond zal leiden tot een toename in de groei van het percentage ingeschreven elektrische auto's met 0,28%. Dit resultaat is significant op 5%-niveau.

Hoofdstuk 5 – Conclusie en aanbevelingen

Ter afsluiting van dit onderzoek volgt in dit hoofdstuk het antwoord op de hoofdvraag en benoem ik tevens enkele tekortkomingen. Als laatste zal ik de adviezen voor vervolgonderzoek benoemen.

Het doel van dit onderzoek was het beantwoorden van de volgende hoofdvraag:

Wat is het verschil in effectiviteit tussen een belastingvoordeel en subsidie als stimuleringsmaatregelen voor de overstap van fossiele autobrandstoffen naar elektrisch rijden?

Hiertoe heb ik eerst de theorie van Pigou over de optimale milieubelasting beschreven. Vervolgens kwam het onderzoek aan bod dat toegepast is op vergroening van het belastingsysteem. Hieruit bleek dat er verschillende fiscale maatregelen effectief waren om de CO₂-intensiviteit van nieuw verkochte auto's te verlagen. Tevens bleek de versterking van het gebruik van (plug-in) hybride auto's mogelijk door middel van fiscale en niet-fiscale maatregelen.

Ook bleek dat er nog geen onderzoek was gedaan met paneldata over Europa waarbij de fiscale maatregelen opgedeeld werden in subsidies en belastingvoordelen. Dit heb ik in mijn onderzoek gedaan en de data daarvoor is in hoofdstuk 3 beschreven. Uit de analyse kan geconcludeerd worden dat de effecten grotendeels zo zijn als verwacht. Een stijgend opleidingsniveau, lagere accukosten, een hoger bni per capita en een goede infrastructuur leiden allemaal naar verwachting tot een grotere groei van het aantal nieuw geregistreerde elektrische voertuigen als percentage van de totale personenautoregistraties in een land.

Op basis van dit onderzoek kan nog geen conclusie getrokken worden over het verschil in effectiviteit van subsidies en belastingvoordelen. De coëfficiënt voor belastingvoordelen was namelijk niet significant. Daarmee is niet duidelijk of deze voor de subsidies wel significant was geweest.

Een tekortkoming van bovenstaand onderzoek is dat ik geen onderscheid heb kunnen maken tussen ondernemers en particulieren. Dit is er in het stimuleringsbeleid echter wel. Daarom valt te verwachten dat sommige maatregelen wellicht goed werken ter verhoging van het gebruik van elektrische auto's, maar of dit dan onder de gehele bevolking zo is of enkel onder ondernemers is onduidelijk. Het is aan te raden om bij vervolgonderzoek in te gaan op verschillen in de ingebruikname van elektrische auto's tussen ondernemers en particulieren en de effecten die belastingvoordelen dan wel subsidies bij beide groepen afzonderlijk hebben.

Een mogelijke tekortkoming van bovenstaand onderzoek is dat belastingvoordelen ook eenmalige voordelen bevatten welke wellicht te weinig verschillen van subsidies. Hiermee wordt het gemeten effect vertroebeld. Het is daarom aan te raden om in vervolgonderzoek te achterhalen of er wellicht een verschil is tussen eenmalige en jaarlijkse voordelen. En dan zijn voordelen niet gedefinieerd als subsidies los van belastingvoordelen.

Ook is meer onderzoek nodig naar de waardering van brandstofkosten en besparing hiervan door consumenten. Pas als hier meer consensus over is, valt met grotere zekerheid te zeggen of er een verschil is tussen de verdisconteerde belastingvoordelen en subsidies als stimuleringsmaatregel.

Ten slotte dient opgemerkt te worden dat ik in dit onderzoek niet alle Europese landen heb meegenomen. Of de gevonden resultaten stand houden bij controle voor geheel Europa of daarbuiten is dus nog onzeker. Verder onderzoek op dit gebied wordt dan ook aangemoedigd.

Bibliografie

- ACEA. (2010, April 20). *Overview of tax incentives for electric vehicles in the EU*.
- ACEA. (2013, April 4). *Overview of purchase and tax incentives for electric vehicles in the EU*.
- ACEA. (2015). *Overview of purchase and tax incentives for electric vehicles in the EU in 2015*.
- ACEA. (2016, April 8). *Overview of purchase and tax incentives for electric vehicles in the EU in 2016*.
- ACEA. (2017). *Overview on incentives for electric vehicles in the EU*.
- Ainslie, G. (1975). Specious Reward: A Behavioral Theory of Impulsiveness and Impulse Control. *Psychological Bulletin*, 82(4), 463-496.
- Algemene Rekenkamer. (2015). *Resultaten verantwoordingsonderzoek 2014 Ministerie van Infrastructuur en Milieu (XII)*. Den Haag: Algemene Rekenkamer.
- Allcott, H., Mullainathan, S., & Taubinsky, D. (2014). Energy policy with externalities and internalities. *Journal of Public Economics*, 112, 72-88.
- Anderson, D., Clark, C., Foxon, T., Gross, R., & Jacobs, M. (2001). *Innovation and the Environment*. London: Imperial College.
- Avere France. (2018). *Exonération de la taxe sur la carte grise par région 2018*. Opgeroepen op Juli 26, 2018, van Infogram: <https://infogram.com/7732b1fc-9122-4ee3-8246-fc484388deb6>
- Bolduc, D. (2017, September 1). *E-CAR & COMPONENT MAP OF EUROPE*. Opgeroepen op Juni-Juli 2018, van Automotive News Europe: <http://europe.autonews.com/article/20170901/ANE/309019997?ccid=internal-evplantsnav>
- Bovenberg, A., & Mooij, R. d. (1994). Environmental Levies and Distortionary Taxation. *The American Economic Review*, 94(4), 1085-1089.
- Burtless, G., & Hausman, J. (1978). The effect of taxation on labor supply: Evaluating the Gary negative income tax experiment. *Journal of political economy*, 86(6), 1103-1130.
- CESifo DICE. (2011). *Overview of Tax Incentives for Electric Vehicles in the EU, 2011*.
- CESifo DICE. (2014). *Overview of tax incentives for electric vehicles in the EU, 2014*.
- Chambers, N. (2010, December 16). *First Chevy Volts reach customers, will out-deliver Nissan in december*. Opgeroepen op Juni 1, 2018, van plugincars: <http://www.pluginCars.com/first-chevy-volts-reach-customers-will-out-deliver-nissan-december-106575.html>
- Chambers, N. (2010, December 11). *World's first Nissan LEAF owner counters electric car myths, says Chevy Volt wasn't a consideration*. Opgeroepen op Juni 1, 2018, van plugincars: <http://www.pluginCars.com/worlds-first-nissan-leaf-electric-car-delivered.html>
- Chetty, R., Looney, A., & Kroft, K. (2009). Salience and Taxation: Theory and Evidence. *American Economic Review*, 99(4), 1145-1177.
- Commissie van de Europese Gemeenschappen. (2008, November 26). Mededeling van de Commissie aan de Europese Raad (COM/2008/800). *Een Europees economisch herstelplan*. Brussel.
- Crist, P. (2012). *Electric Vehicles Revisited - Costs, Subsidies and Prospects*. Paris: International Transport Forum of OECD.

- Curry, C. (2017). *Lithium-ion Battery Costs and Market*. Bloomberg New Energy Finance.
- De Jong, G. (1990). An indirect utility model of car ownership and private car use. *European Economic Review*, 34(5), 971-985.
- Diamond, D. (2009). The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles. *Energy Policy*, 37(3), 972-983.
- EAFO. (2018). *Countries*. Opgeroepen op Juni-Juli 2018, van EAFO: <http://www.eafo.eu/countries>
- Electric Vehicle Database. (2018). *Electric Vehicle Database*. Opgeroepen op Februari 26, 2018, van <https://ev-database.uk/>
- EPI. (2018). *About the EPI*. Opgeroepen op Juli 23, 2018, van Environmental Performance Index: <https://epi.envirocenter.yale.edu/about-epi>
- European Environment Agency. (2017, Oktober 9). *Air Pollution*. Opgehaald van European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/intro>
- Europees Parlement en Raad. (2009, April 23). Verordening (EG) nr. 443/2009 van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2009 tot vaststelling van emissienormen voor nieuwe personenauto's. Brussel: Europese Unie.
- Europese Commissie. (2018). *Reducing CO2 emissions from passenger cars*. Opgeroepen op Juni 7, 2018, van Climate Action: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en#tab-0-0
- Fullerton, D., Leicester, A., & Smith, S. (2010). *Dimensions of Tax Design: the Mirrlees Review*. (J. Mirrlees, S. Adam, T. Besley, R. Blundell, S. Bond, R. Chote, . . . J. Poterba, Red.) Oxford University Press.
- Gallagher, K., & Muehlegger, E. (2011). Giving green to get green? Incentives and consumer adoption of hybrid vehicle technology. *Journal of Environmental Economics and Management*, 61(1), 1-15.
- Gerlagh, R., Bijgaart, I. v., Nijland, H., & Michielsen, T. (2015). Fiscal policy and CO2 emissions of new passenger cars in the EU.
- Gibson, G., Kollamthodi, S., Kirsch, F., Windisch, E., Brannigan, C., White, B., . . . Skinner, I. (2015). *Evaluation of Regulations 443/2009 and 510/2011 on CO2 emissions from light-duty vehicles*. Brussel: European Commission.
- Green eMotion. (2018). *About us*. Opgeroepen op Juli 13, 2018, van Green eMotion: <http://www.greenemotion-project.eu/about-us/index.php>
- Greene, D., Evans, D., & Hiestand, J. (2013). Survey evidence on the willingness of U.S. consumers to pay for automotive fuel economy. *Energy Policy*, 61, 1539-1550.
- Heilbron, B. (2018, Mei 25). Sterke stijging volledig elektrische auto's. *NRC*.
- ined. (2018). *Population par région et département: Evolution de la population par région*. Opgeroepen op Juli 26, 2018, van ined.fr: <https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/chiffres/france/structure-population/regions-departements/>
- International Energy Agency (IEA). (2017). *Global EV Outlook 2017*. OECD/IEA.
- Jacobs, B. (2015). *De prijs van gelijkheid*. Amsterdam: Prometheus.

- Jacobs, B. (2018). The marginal cost of public funds is one at the optimal tax system. *International Tax and Public Finance*, 1-30.
- Jacobs, B., & Mooij, R. d. (2015). Pigou meets Mirrlees: On the irrelevance of tax distortions for the second-best Pigouvian tax. *Journal of Environmental Economics and Management*, 71, 90-108.
- Jenn, A., Azevedo, I., & Ferreira, P. (2013). The impact of federal incentives on the adoption of hybrid electric vehicles in the United States. *Energy Economics*, 40, 936-942.
- Joint Research Centre. (2011). *Analyzing on-road emissions of light-duty vehicles with Portable Emission Measurement Systems (PEMS)*. Luxembourg: European Commission.
- Kampert, A., Nijenhuis, J., Spoel, M. v., & Veld, H. M.-i. (2017). *Nederlanders en hun auto: Een overzicht van de afgelopen tien jaar*. Den Haag: CBS.
- Lejour, A. (2016). *De politieke economie van belastinghervormingen*. Den Haag: Centraal Planbureau.
- McKinsey & Company; Amsterdam Roundtables Foundation. (2014). *EVolution - Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?* Amsterdam: Amsterdam Roundtables Foundation.
- Nagtegaal, B. (2016, April 22). 171 landen ondertekenen klimaatakkoord Parijs. *NRC*.
- National Research Council of the National Academies. (2013). *Transitions to Alternative Vehicles and Fuels*. Washington: National Academies Press.
- Norsk elbilforening. (sd). *Norway EV policy*. Opgeroepen op November 16, 2018, van Norsk elbilforening: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>
- NOS. (2015, Mei 20). *BOVAG wil subsidie voor particuliere koper elektrische auto*. Opgeroepen op Februari 17, 2018, van NOS.nl: <https://nos.nl/artikel/2036646-bovag-wil-subsidie-voor-particuliere-koper-elektrische-auto.html>
- Oates, W. (1993). Pollution Charges as a Source of Public Revenue. In H. Giersch (Red.), *Economic progress and environmental concerns* (pp. 135-152). Heidelberg: Springer-Verlag Berlin.
- Pearce, D. (1991). The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming. *The Economic Journal*, 101((407)), 938-948.
- Pigou, A. (1920). *The economics of welfare*.
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2016). *Belastingverschuiving: Meer vergroening en minder complexiteit? - Verkenning van trends en opties*. Den Haag: PBL (Planbureau voor de Leefomgeving).
- Prud'homme, R., & Koning, M. (2012). Electric vehicles: A tentative economic and environmental evaluation. *Transport Policy*, 23, 60-69.
- Putten, B. v. (2017, September 14). De Duitse auto-industrie beseft: elektrisch is de toekomst. *NRC*.
- Raad voor de leefomgeving en infrastructuur. (2018). *Van B naar Anders - Investeren in mobiliteit voor de toekomst*. Den Haag: Raad voor de leefomgeving en infrastructuur.
- Rahmani, D., & Loureiro, M. (2018). Why is the market for hybrid electric vehicles (HEVs) moving slowly? *PLoS ONE*, 13(3). doi:e0193777
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). (2018). *Statistics Electric Vehicles in the Netherlands*. Den Haag: RVO.

- Ruz, C. (2011, Oktober 31). The six natural resources most drained by our 7 billion people. *The Guardian*.
- RVO. (2018). *MIA/Vamil - Brochure en Milieulijst 2018*. Den Haag: RVO.
- Shefrin, H., & Thaler, R. (1988). The behavioral life-cycle hypothesis. *Economic Inquiry*, 26(4), 609-643.
- Sierzechula, W., Bakker, S., Maat, K., & Wee, B. v. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 68, 183-194.
- Thaler, R. (1985). Mental Accounting and Consumer Choice. *Marketing Science*, 4(3), 199-214.
- Topham, G., Clarke, S., Levett, C., Scruton, P., & Fidler, M. (2015, September 23). The Volkswagen emissions scandal explained. *The Guardian*. Opgeroepen op Juni 7, 2018, van <https://www.theguardian.com/business/ng-interactive/2015/sep/23/volkswagen-emissions-scandal-explained-diesel-cars>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185(4157), 1124-1131.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 297-323.
- U.S. Department of Energy. (sd). *Hybrid Electric Vehicles*. Opgeroepen op Oktober 5, 2018, van Alternative Fuels Data Center: https://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_hev.html
- Vaughan, A. (2017, December 25). *Electric and plug-in hybrid cars whiz past 3m mark worldwide*. Opgeroepen op Juni 1, 2018, van The Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/25/electric-and-plug-in-hybrid-cars-3m-worldwide>
- Wiebes, E. (2015). *Autobrief II*. Den Haag: Ministerie van Financiën.

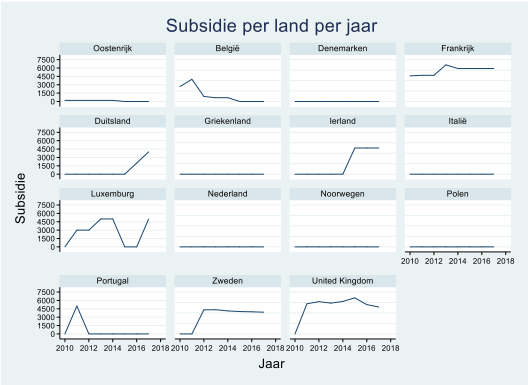
Bijlagen

Bijlage A

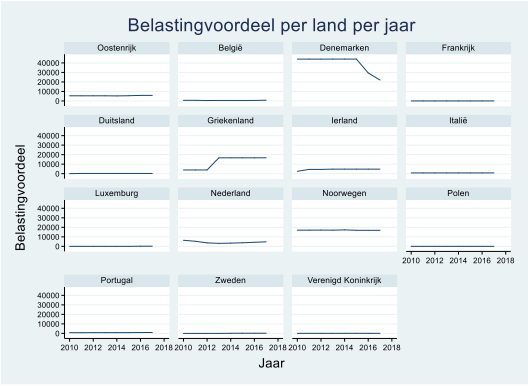
Variabele	Observaties	Gemiddelde	Standaarddeviatie	Minimum	Maximum
EV-registraties	120	0,042121	0,1184017	0,000000343	0,9564263
Subsidie	120	1438,412	2318,502	0	7000
Belastingprikkel	120	5686,998	10621,82	0	44029,36
CO ₂ -emissie	120	8,03942	3,809895	0,6908999	21,63514
Infrastructuur	120	15,35705	28,52441	0	156,7793
Benzineprijs	120	1,47586	0,2113511	0,995876	2,53
Dieselprijs	120	1,328572	0,2148045	0,9215392	2,35
Accuprijs	120	464,3003	156,8828	246,8458	754,908
Elektriciteitsprijs	120	0,2278226	0,052942	0,1053	0,3343
Bni per capita	120	35866,64	16642,89	7520	69640
Fabriek	120	0,3308824	0,4722703	0	1
EV-marktaandeel	120	0,0149353	0,0482106	0	0,3919
Tertiair opleidingsniveau	120	33,23165	7,822162	14,80257	46,6

Tabel met kernstatistieken voor alle variabelen.

Bijlage B



Grafieken van de subsidie per land per jaar.



Grafieken van het belastingvoordeel per land per jaar.

Bijlage C

	Model 1		Model 2	
	<i>Zonder jaarvariabele</i>	<i>Met jaarvariabele</i>	<i>Zonder jaarvariabele</i>	<i>Met jaarvariabele</i>
Belastingvoordeel	0,3001602 (1,37) σ : 0,2198753	-0,1310674 (-0,71) σ : 0,1845223	-0,0710061 (-0,33) σ : 0,2155491	-0,0884609 (-0,40) σ : 0,2226872
Subsidie+Belastingvoordeel	-0,0690048 (-0,86) σ : 0,0797982	-0,0609769 (-0,97) σ : 0,0628088	-0,0331848 (-0,51) σ : 0,0655237	-0,0357367 (-0,54) σ : 0,0663837
Benzineprijs			0,1321828 (0,27) σ : 0,4815567	0,1337118 (0,28) σ : 0,4849626
CO₂-emissie			0,0924855 (1,33) σ : 0,0697683	0,0901437 (1,28) σ : 0,070575
Elektriciteitsprijs			7,762278 (1,67) σ : 4,659059	7,016118 (1,36) σ : 5,150866
Infrastructuur			0,0300908^b (2,19) σ : 0,0137378	0,030144^b (2,18) σ : 0,0138352
Accuprijs			-0,0082821^c (-4,30) σ : 0,0019243	-0,0052881 (-0,60) σ : 0,0087466
BNI per capita			0,0000678^b (-2,29) σ : 0,0000296	-0,0000733^b (-2,17) σ : 0,0000337
Fabriek			-1,08628 (-1,26) σ : 0,8617768	-1,099855 (-1,27) σ : 0,868698
EV-aandeel			1,161933 (0,26) σ : 4,452613	0,4363239 (0,09) σ : 4,937441
Tertiair opleidingsniveau			0,0554097^b (2,04) σ : 0,0271858	0,0521039^a (1,80) σ : 0,0289514
Jaar		0,5073429^c (6,73) σ : 0,0754117		0,2142078 (0,35) σ : 0,6102206
Constante	-7,185613 σ : 1,447566	-1026,327 σ : 151,49	-3,553481 σ : 1,615519	-435,4404 σ : 1230,331
Aantal observaties	89	89	89	89
Adjusted R²	0,0038	0,3796	0,4395	0,4332

^a = significant op 10%-niveau

^b = significant op 5%-niveau

^c = significant op 1%-niveau

σ = standaarddeviatie