



Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas
Nijverheidsstraat 26-38
1040 Brussel
Tel. 02/289.76.11
Fax 02/289.76.09

COMMISSIE VOOR DE REGULERING VAN DE ELEKTRICITEIT EN HET GAS

STUDIE

(F)100204-CDC-929

over

*‘de mogelijke impact van de elektrische auto op
het Belgische elektriciteitssysteem’*

gedaan met toepassing van artikel 23, § 2, tweede lid,
2°, van de wet van 29 april 1999 betreffende de
organisatie van de elektriciteitsmarkt

4 februari 2010

STUDIE

In deze studie onderzoekt De COMMISSIE VOOR DE REGULERING VAN DE ELEKTRICITEIT EN HET GAS (CREG) de mogelijke impact van de elektrische auto op het Belgische elektriciteitssysteem.

Het Directiecomité van de CREG heeft de onderhavige studie goedgekeurd op zijn vergadering van 4 februari 2010.

////

DEEL I INLEIDING

1. Binnen de tien jaar lijkt een grootschalige introductie van de elektrische auto mogelijk. De batterij van deze elektrische of hybride wagen zal op een eenvoudige manier thuis en elders kunnen worden opgeladen. In Nederland en Duitsland hebben de overheden zich er al toe verbonden om de elektrische auto in te voeren en tegen 2020 het vooropgestelde doel van één miljoen elektrische wagens te bereiken. De voornaamste argumenten die de voorstanders van de elektrische auto aanhalen zijn de voordelen voor het milieu (een lagere uitstoot van broeikasgassen, minder luchtvervuiling en een grotere algemene efficiëntie van het gebruik van primaire brandstof) en een verhoogde veiligheid op het vlak van energiebevoorrading (minder afhankelijk van andere landen). Deze twee doelstellingen worden bereikt door hetzelfde, namelijk minder fossiele brandstoffen verbranden.
2. Buiten deze belangrijke voordelen op het vlak van milieu en bevoorradingszekerheid wordt er weinig gesproken over de impact van een grootschalige introductie van de elektrische auto op het elektriciteitssysteem zelf. Op het eerste gezicht zou het elektriciteitssysteem hierdoor onder druk komen te staan. Zo zouden honderdduizenden auto's die 's avonds thuis aankomen en die op het elektriciteitsnet worden aangesloten bijvoorbeeld leiden tot een nog hogere piekvraag. Het is duidelijk dat de productie en de distributie van elektriciteit niet opgewassen zijn tegen een dergelijke piekvraag, tenzij grootschalige investeringen in de productie- en distributie-installaties zouden plaatsvinden.
3. Als het opladen van elektrische auto's echter op een intelligente manier zou kunnen worden beheerd, zou een grootschalige introductie juist voordelig kunnen zijn voor het elektriciteitssysteem. In het kader hiervan moet niet alleen de *oplading* intelligent worden beheerd, maar ook de *ontlading* op het netwerk van de autobatterijen zou op een slimme manier mogelijk moeten zijn. Met het op grote schaal slim opladen en ontladen van autobatterijen wordt het zogenaamde *vehicle-to-grid*-systeem geïmplementeerd. Indien de elektrische auto samen met een *vehicle-to-grid*-systeem op grootschalige wijze wordt geïntroduceerd, zal het hele elektriciteitssysteem een paradigmawisseling kunnen ondergaan.
4. Tot nu toe is het elektriciteitssysteem specifiek omdat elektriciteit niet in grote hoeveelheden op goedkope wijze kan worden opgeslagen. Dit brengt met zich mee dat het aanbod steeds en in reële tijd gelijk moet zijn aan de vraag. Indien dit niet zo is, wordt het elektriciteitsnet onstabiel, wat uiteindelijk en snel tot een black-out leidt. Door de grootschalige introductie van de elektrische auto en de mogelijkheid om deze op een intelligente manier te laden en te ontladen, verliest het elektriciteitssysteem dit specifieke

aspect, waardoor een paradigmawisseling optreedt. En deze wisseling zal op meerdere vlakken een verbetering zijn.

5. In onderhavige studie worden twee belangrijke en positieve gevolgen van bovenvermelde paradigmawisseling bestudeerd. Het eerste belangrijke gevolg is de impact van de elektrische wagen op de spotprijs¹ en de volatiliteit ervan. De spotprijs en de volatiliteit ervan zouden namelijk kunnen dalen indien elektriciteit wordt aangekocht wanneer de prijzen laag zijn, vervolgens wordt opgeslagen in de ongebruikte capaciteit van de autobatterij en ten slotte wordt verkocht wanneer de prijzen het hoogst zijn. Twee soorten arbitragestrategieën worden beschouwd: de eerste is gebaseerd op de *verandering* van de spotprijs; de tweede op het *niveau* van de spotprijs. Het tweede belangrijke gevolg is dat de elektrische auto's kunnen worden gebruikt om ondersteunende diensten (i.c. reserves) aan te bieden ten opzichte van het elektriciteitssysteem.

6. Er wordt in onderhavige studie aangenomen dat er een uitgebreid netwerk van slimme oplaadpunten aanwezig is in de Belgische regelzone en dat via dit netwerk elke niet-rijdende elektrische auto aangesloten is met het elektriciteitsnetwerk. Tevens wordt aangenomen dat er op de Belpex DAM een bepaald type bieding mogelijk is, namelijk 'energie-biedingen', waarbij de marktspeler kan bepalen om een bepaald volume energie te kopen of te verkopen tegen de laagste of hoogste prijs(verandering) van de volgende dag. Beide assumpties, die onontbeerlijk zijn om de positieve effecten van de elektrische auto op het elektriciteitssysteem ten volle te kunnen benutten, zijn momenteel nog niet vervuld, maar zijn technisch mogelijk.

7. Andere gevolgen van de paradigmawisseling kunnen de volgende zijn: de vermindering van marktmacht van dominante spelers, een toegenomen capaciteit van het elektriciteitssysteem om intermitterende elektriciteitsopwekking op te nemen en een gunstige impact op het "missing money"-probleem². Ook congestieproblemen in het netwerk kunnen met behulp van de elektrische auto gemitigeerd worden. Deze gevolgen zijn niet expliciet in onderhavige studie besproken, maar de positieve resultaten in verband met de spotprijs en de reserves, die wel in deze studie gekwantificeerd zijn, vormen een goede indicatie dat de massale introductie van de elektrische auto in een *vehicle-to-grid*-systeem ook op dit vlak een belangrijke positieve impact kan hebben.

¹ De spotprijs is de prijs op korte termijn (i.c. intra-day of day ahead). In deze studie wordt enkel de mogelijke impact op day-ahead prijzen bekeken. De day ahead markt is veruit de belangrijkste spot markt.

² Het 'missing-money'-probleem is de onderinvestering in productiecapaciteit voor de (super)piekuren.

8. Deze studie is als volgt opgebouwd. Deel twee is een korte inleiding over het elektriciteitssysteem en vat enkele basisbegrippen samen. Deel drie bestudeert de impact op de spotprijzen van een grootschalige introductie van elektrische auto's die op een intelligente manier kunnen worden beheerd. Er wordt gewerkt met de assumptie van één miljoen elektrische wagens in België, waarbij de impact berekend wordt op de Belpex Day Ahead prijzen. Deel vier analyseert de mogelijkheid van één miljoen elektrische wagens in België die ondersteunende diensten (i.c. actieve reserves) zouden aanbieden aan de Belgische regelzone. Deel vijf is een beknopte samenvatting. De studie eindigt, ten slotte, met het besluit.

DEEL II BASISBEGRIPPEN VAN ELEKTRICITEIT

2.1. Elektriciteitsverbruik en -productie

9. Elektriciteit kan economisch (nog) niet in geschikte hoeveelheden worden opgeslagen. Hieruit volgt dat de elektriciteitsproductie op elk ogenblik steeds exact gelijk moet zijn aan de elektriciteitsvraag. Indien dit niet zo is, wordt het elektriciteitssysteem onstabiel, wat uiteindelijk en snel tot een black-out leidt.

10. Het hele elektriciteitssysteem bestaat uit regels teneinde de integriteit van het systeem te verzekeren. De regels en hulpmiddelen kunnen als volgt opgedeeld worden:

- Het individuele gedrag aanpassen: de individuele Access Responsible Party (toegangsverantwoordelijke, hierna “ARP”), meestal een producent en/of leverancier, wordt gestraft wanneer de som van het verbruik van zijn klanten en de hoeveelheid verkochte energie niet overeenstemmen met zijn productie en de hoeveelheid energie die hij heeft gekocht.

In België zou de hoeveelheid energie die binnen een tijdsblok van 15 minuten wordt verbruikt gelijk moeten zijn aan de hoeveelheid energie die binnen datzelfde tijdsblok van 15 minuten wordt geproduceerd. Met andere woorden, men is van mening dat een ARP is in evenwicht indien hij binnen een tijdspanne van 15 minuten dezelfde hoeveelheid *energie* heeft geïnjecteerd dan hij heeft verbruikt. Als een ARP in de eerste 7,5 minuten bijvoorbeeld 50 MWh meer heeft verbruikt dan dat hij heeft geproduceerd en in de volgende 7,5 minuten 50 MWh minder heeft verbruikt dan hij heeft geproduceerd, is hij toch in evenwicht. Bijgevolg is na de tijdsspanne van 15 minuten enkel het saldo van de geproduceerde en de verbruikte *energie* relevant. Indien dit saldo 0 is, wordt de ARP niet gestraft, ook al kan het zijn dat hij gedurende deze 15 minuten nooit in reële tijd in evenwicht is geweest. De ARP wordt bijgevolg enkel aangemoedigd om binnen een tijdsspanne van 15 minuten een “*energie-evenwicht*” te hebben, terwijl een “*vermogen-evenwicht*” in reële tijd noodzakelijk is.

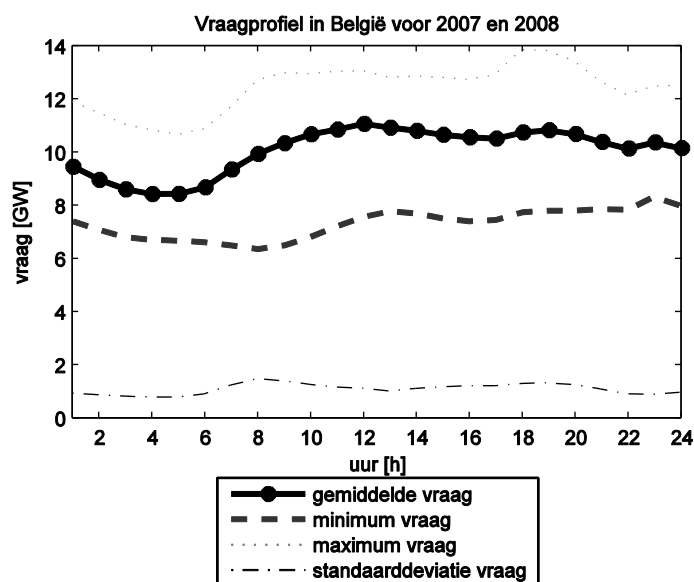
- Het evenwicht van het systeem aanpassen: ook al wordt de individuele ARP aangemoedigd om zijn individueel evenwicht te behouden, toch is het systeem bijna nooit in evenwicht, onder andere omwille van:
 - onverwachte buitendienststellingen van productie- of consumptie-eenheden;
 - onverwachte vermogensschommelingen;
 - informatieproblemen: de ARP kent het juiste verbruik van zijn klanten niet;
 - het feit dat de ARP slechts wordt aangemoedigd om binnen een tijdsspanne van 15 minuten een “*energie-evenwicht*” te behouden, terwijl een “*vermogen-*

evenwicht” in reële tijd noodzakelijk is.

Om het evenwicht in reële tijd te behouden, heeft de TSO in de UCTE³-zone drie soorten reserves:

- R1 of primaire reserves: voor de hele UCTE bedragen de primaire reserves 3.000 MW. België leverde 97 MW in 2009. De primaire reserve moet binnen enkele seconden reageren. In het kader hiervan vindt zowel opregeling als afregeling plaats.
- R2 of secundaire reserves: de UCTE legt geen verplichting op met betrekking tot het volume. De automatische R2 van België bedraagt ongeveer 150 MW: deze reserves reageren automatisch op een systeemsignaal. In het kader hiervan vindt zowel opregeling als afregeling plaats.
- R3 of tertiaire reserves: in het kader hiervan vindt enkel opregeling plaats.

Het elektriciteitsverbruik varieert sterk in de loop van een jaar, zowel met betrekking tot het verbruiksniveau als het dagprofiel, zoals kan worden afgeleid uit figuur 1 en 2. De blauwe lijn in figuur 1 geeft het gemiddelde dagelijkse verbruiksprofiel in 2007 en 2008. Daaruit blijkt dat het verbruik ‘s nachts gemiddeld lager ligt. De groene en de rode lijnen geven het dagprofiel van het maximale en het minimale verbruik. De zwarte lijn geeft de standaarddeviatie van het verbruik weer (de volatiliteit of variatie binnen dat uur).

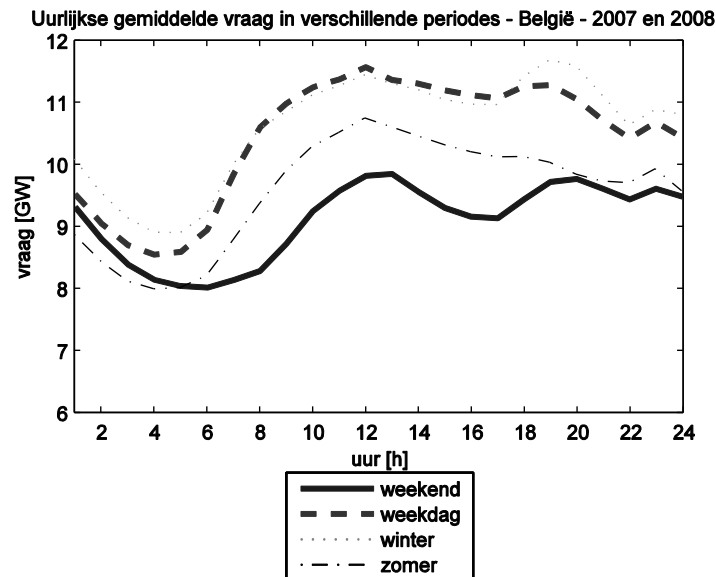


Figuur 1 (bron: www.elia.be, eigen berekeningen)

11. De verbruiksniveaus en –profielen worden beïnvloed door verschillende factoren. Figuur 2 toont het gemiddelde verbruik voor een weekdag (van maandag tot vrijdag), voor

³ Zie www.utce.org

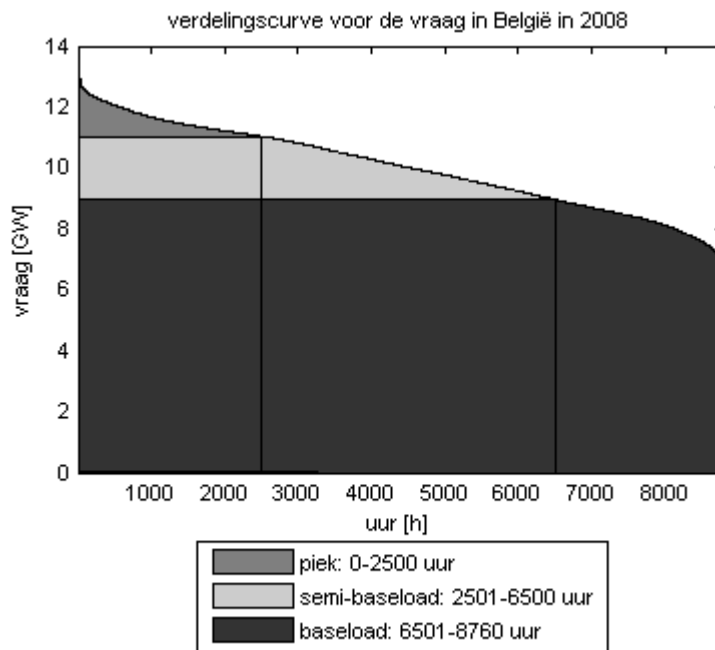
het weekend (zaterdag en zondag), in de zomer (van april tot september) en in de winter (van oktober tot maart). Het niveau van het gemiddelde winterverbruik (groene lijn) ligt hoger dan het zomerverbruik (zwarte lijn). Bovendien bereikt het winterverbruik 's avonds een hoogtepunt, wat niet het geval is voor het zomerverbruik. Het verbruik op weekdays (rode lijn) was in 2007 en 2008 gemiddeld 1.350 MW hoger dan het verbruik tijdens het weekend (blauwe lijn). De gelijkenis tussen deze twee profielen is groter vergeleken met de gelijkenis tussen het winter- en het zomerprofiel.



Figuur 2 (bron: www.elia.be, eigen berekeningen)

12. Figuur 3 geeft de duurcurve weer van het verbruik in 2008. De duurcurve wordt opgesteld door een rangschikking van het verbruik: het hoogste verbruiksniveau van 2008 wordt in het begin geplaatst, waarna lagere verbruiksniveaus worden toegevoegd die in 2008 werden opgemeten (verbruiksniveaus per uur). Uit deze figuur voor 2008 blijkt het volgende:

- het maximumverbruik bedroeg 13.258 MW;
- het minimumverbruik bedroeg 6.387 MW;
- extreme verbruiksniveaus waren zeldzaam:
 - slechts gedurende 34 uren (0,4 % van de tijd) was het verbruik lager dan 7.000 MW;
 - slechts gedurende 24 uren (0,3 % van de tijd) was het verbruik hoger dan 13.000 MW.



Figuur 3 (bron: www.elia.be, eigen berekeningen)

13. Aangezien het elektriciteitsverbruik sterk varieert en het tevens steeds gelijk moet zijn aan de elektriciteitsproductie, is het duidelijk dat ook de productie sterk moet variëren. Om deze variabiliteit aan te pakken, zijn productie-eenheden in drie categorieën opgedeeld (zie ook figuur 3):

- *baseload* eenheden: goed voor 6.501 – 8.760 uren/jaar, hoge vaste kosten en lage marginale kosten. Een kerncentrale is een typische *baseload* eenheid.
- *semi-baseload* eenheden: goed voor 2.501 – 6.500 uren/jaar, lagere vaste kosten en hogere marginale kosten dan baseload eenheden. Een stoom- en gascentrale (STEG) is een typisch voorbeeld van een *semi-baseload* eenheid.
- piekeenheden: goed voor 0 – 2.500 uren/jaar, lage vaste kosten en hoge marginale kosten. Een opengascentrale is een typisch voorbeeld van een piekeenheid.

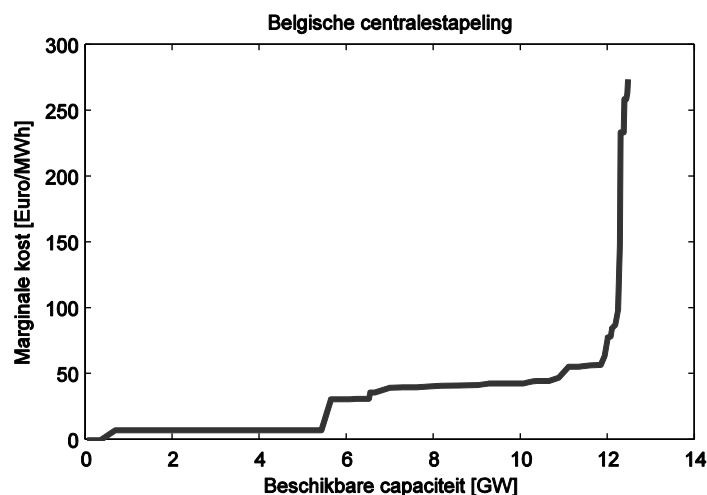
Opmerking: de grenzen van deze intervallen zijn enigszins arbitrair gekozen, maar vormen een goede aanwijzing. Figuur 3 toont aan dat *baseload* eenheden het grootste deel van het elektriciteitsverbruik produceren. Onderstaande tabel geeft voor 2008 het vermogen en de geproduceerde energie per productietype:

2008	Vermogen (MW)		Verbruik (MWh)	
Baseload	8.951	68 %	77.024.394	88 %
Semi-base	2.081	16 %	9.477.804	11 %
Piek	2.226	17 %	1.508.167	2 %
Totaal	13.258	100%	88.010.364	100 %

(Bron: Elia; eigen berekeningen)

14. Ook al maakt baseload slechts 68% uit van het totale vermogen nodig om in 2008 aan de Belgische vraag te beantwoorden, toch produceert het 88 % van de energie. Voor piekeenheden is het tegengestelde waar: ook al maakt het piekvermogen 17 % uit van het totale vermogen, toch wekken de piekeenheden minder dan 2 % van de totale energie op. Dit betekent dat de vaste en variabele kosten van deze piekeenheden zouden moeten worden betaald door de verkoop van 2 % van het totale energieverbruik, waardoor zeer hoge prijzen nodig zouden zijn gedurende deze (extreme) piekuren. Dit probleem van ‘*missing money*’, dat leidt tot onderinvesteringen in piekvermogen, is algemeen bekend.

15. Het resultaat van dit gediversifieerd productiepark is een uitgesproken convexe aanbodcurve waar marginale productiekosten op korte termijn laag zijn voor *baseload* eenheden en zeer hoog voor piekeenheden. Figuur 4 geeft de convexe aanbodcurve (“merit order”) van het Belgische productiepark.



Figuur 4 (Bron: CREG)

16. Bijgevolg worden de spotprijzen voor elektriciteit gekenmerkt door een grote volatiliteit en door prijsspieken. Dit kan ook worden vastgesteld op de Belgische spotmarkt. Gedurende het vierde kwartaal van 2007 zijn de prijzen op de Belpex DAM meermaals boven 500 euro/MWh gestegen, met een piek tot 2.500 euro/MWh, terwijl de gemiddelde jaarprijs tussen 40 en 90 euro/MWh ligt. Een daling in de productiecapaciteit omwille van buitendienststellingen, aanbod- en vraagschokken, een daling van de interconnectiecapaciteit en (veranderingen van de) weersomstandigheden kunnen leiden tot plotse stijgingen van de spotprijzen. Aangezien de vraag op korte termijn zeer prijsinelastisch is en elektriciteit (nog) niet kan worden opgeslagen, zijn er weinig verzachtende effecten, wat de behoefte aan risicobeheer doet stijgen.

17. Onderstaande tabel geeft het Belgische productiepark per type brandstof. De vier belangrijkste types zijn goed voor 93,5 % van de opwekkingscapaciteit. Met “water” verwijst

men voornamelijk naar de spaarbekkencapaciteit van Coo en Plate Taille, waarvoor de marginale kost wordt bepaald door daltarieven (rekening houdend met de efficiëntie van het pompen en het “turbineren” van water). “Kernenergie” is baseload. Bijgevolg zullen “aardgas” en “gepulveriseerde kool” heel vaak de marginale eenheden zijn omdat het verbruik meestal tussen 8.000 en 10.000 MW schommelt en omdat de productie-eenheden onbeschikbaar kunnen zijn (omwille van onderhoudswerken of onverwachte buitendienststellingen).

Soort brandstof	MW	Totaal %
Aardgas	6.538	40,3%
Kernenergie	5.825	35,9%
Water	1.480	9,1%
Gepulveriseerde kool	1.306	8,1%
LVN	304	1,9%
Recyclage van water	186	1,2%
Brandstof A	153	0,9%
Wind	148	0,9%
Gemengde kool - Cokes gas	131	0,8%
Houtpellets	80	0,5%
Hoogovengas	44	0,3%
Gasolie	10	0,1%
Totaal	16.204	100%

(Bron: Elia; eigen berekeningen)

18. Men dient echter voorzichtig te zijn bij het bepalen van de marginale eenheden op de Belgische markt aangezien België een relatief grote interconnectiecapaciteit heeft met Frankrijk en Nederland. Bovendien is de Belgische Day Ahead elektriciteitsbeurs gekoppeld met de Franse en de Nederlandse beurs. Daardoor kunnen de prijzen van de Belgische elektriciteitsbeurs soms bepaald worden door marginale eenheden in Frankrijk en Nederland.

2.2. Groothandelsmarkten voor elektriciteit

19. Op een markt worden transacties afgesloten tussen twee partijen, de kopers en de verkopers, die akkoord gaan over een goed en de prijs ervan. Wat betreft de groothandel in elektriciteit wordt het goed gedefinieerd in functie van de leveringstermijn en het (variabele) verbruiksniveau.

20. Net zoals andere markten kunnen groothandelsmarkten voor elektriciteit worden opgedeeld in twee groepen: de *over the counter* (hierna “OTC”) markten en de beurzen. Op de OTC-markt worden transacties afgesloten tussen twee individuele partijen. Dit kan rechtstreeks gebeuren door de twee partijen of via een makelaar (*broker*). De manier waarop transacties worden afgesloten op de OTC-markt, laat flexibiliteit toe en maakt contracten op

maat mogelijk. Enkel de betrokken partijen kennen de prijzen en volumes. Op een beurs worden de prijzen en volumes daarentegen bekend gemaakt en is de tegenpartij niet gekend, wat de anonimiteit verzekert. Producten op een beurs zijn gestandaardiseerd.

21. Aangezien er in België en in de naburige landen geen elektriciteitsmarkt is voor elektriciteit in reële tijd⁴, worden day-ahead en intra-day markten beschouwd als spotmarkten. Day-ahead markten zijn veel meer liquide dan intra-day markten.

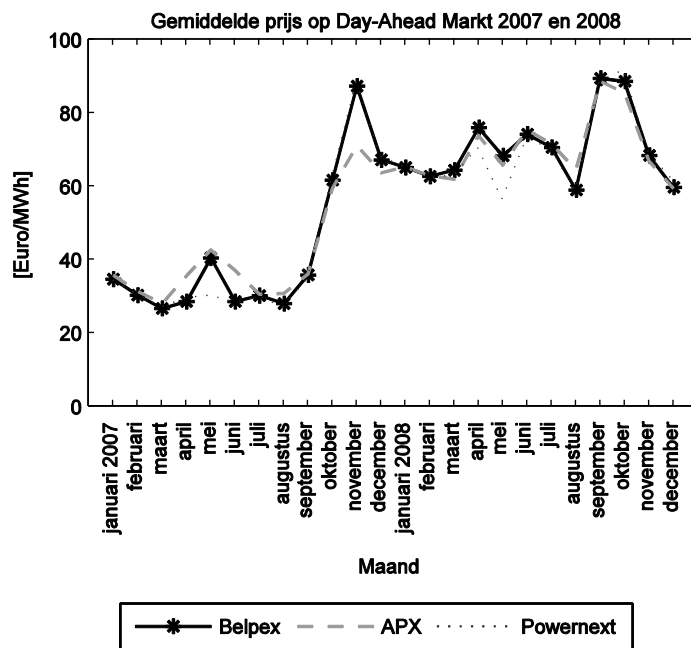
22. Belpex⁵ organiseert drie spotmarkten voor elektriciteit: een continue intra-day markt ("Belpex CIM"), een day-ahead clearing markt ("Belpex DAM") en een doorlopende day-ahead markt ("Belpex CoDAM"). Aangezien Belpex DAM veel meer liquide is dan de twee andere spotmarkten, wordt enkel de Belpex DAM beschouwd.

23. De Belpex DAM werd op 22 november 2006 geopend. Deze markt is gekoppeld met de Franse en de Nederlandse day-ahead markten, respectievelijk Pownext DAM en APX DAM. Op deze markten worden biedingen bijeengebracht door middel van een impliciete toewijzing van interconnectiecapaciteit, wat leidt tot een optimaal gebruik van de beschikbare commerciële interconnectiecapaciteit. Dankzij de koppeling en dit optimale gebruik van de beschikbare interconnectiecapaciteit liggen de prijzen op deze markten relatief dicht tegen elkaar aan, zoals kan worden afgeleid uit figuur 5. Het verhandelde volume op de Belpex DAM is gelijk aan ongeveer 15 % van het totale verbruik in de Belgische regelzone.

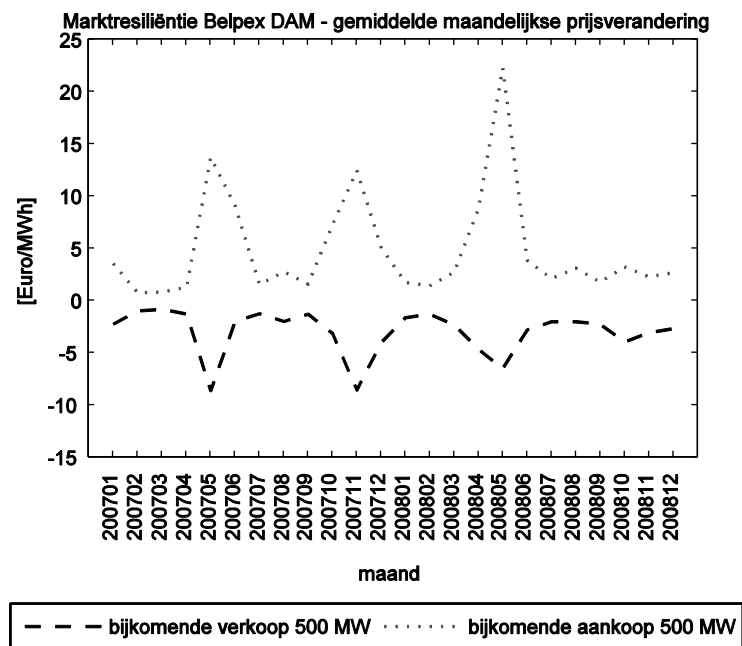
24. De koppeling van Belpex DAM met Pownext DAM en APX DAM verhoogt de liquiditeit en de diepte van de markt. Figuur 6 geeft de evolutie van de marktresiliëntie in 2007 en 2008. Deze figuur toont de gemiddelde maandelijkse prijsdaling en –stijging indien tijdens elk uur van het jaar een bijkomende hoeveelheid van 500 MWh aangekocht dan wel verkocht zou geweest zijn. De blauwe lijn geeft de gemiddelde maandelijkse prijsdaling op Belpex DAM indien tijdens elk uur 500 MWh extra verkocht zou zijn geweest terwijl de rode lijn de gemiddelde maandelijkse prijsstijging op Belpex DAM geeft indien tijdens elk uur 500 MWh extra aangekocht zou zijn geweest. Uit de figuur kan ook worden afgeleid dat tijdens de verschillende maanden de marktresiliëntie sterk kan schommelen.

⁴ In reële tijd is er een evenwichtsmechanisme: energie wordt aangekocht en verkocht aan de TSO tegen een prijs die wordt berekend aan de hand van een vaste formule, onder meer in functie van de day-ahead prijs.

⁵ <http://www.belpex.be>



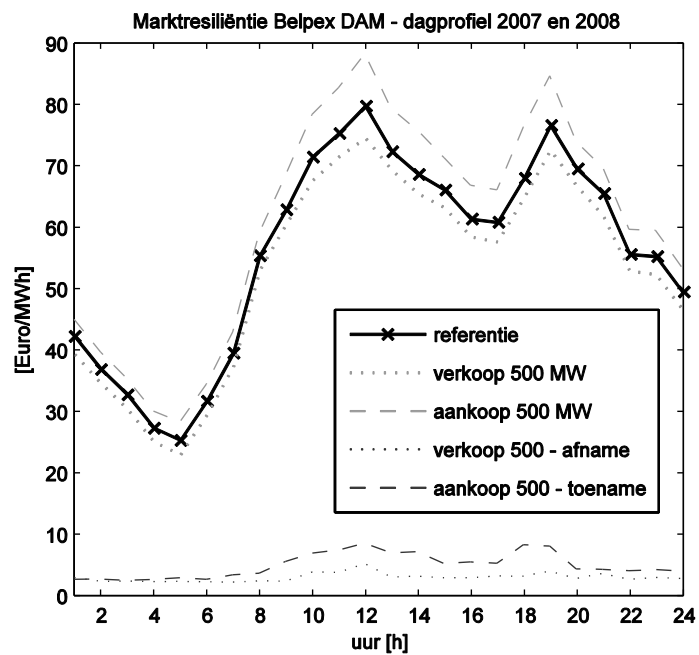
Figuur 5 (Bron: Belpex, Powernext, Bloomberg; eigen berekening)



Figuur 6 (Bron: Belpex; eigen berekening)

25. Figuur 7 geeft het gemiddelde dagprofiel van de marktresiliëntie van Belpex DAM in 2007 en 2008. De zwarte lijn geeft de gemiddelde prijs zoals die in werkelijkheid was en dient als referentie. De blauwe en de paarse lijn tonen respectievelijk de gemiddelde maandelijkse prijs en de gemiddelde maandelijkse prijsdaling op Belpex DAM wanneer elk uur 500 MWh extra verkocht zou zijn geweest. De rode en de groene lijn tonen respectievelijk de gemiddelde maandelijkse prijs en de gemiddelde maandelijkse prijsstijging wanneer elk uur 500 MWh extra aangekocht zou zijn geweest. Zoals blijkt uit de figuur

varieert de gemiddelde marktresiliëntie elk uur. Uit deze figuur kunnen we afleiden dat de prijsveranderingen meestal hoger zijn tijdens piekuren dan tijdens daluren.



Figuur 7 (Bron: Belpex; eigen berekening)

DEEL III DE IMPACT OP DE BELPEX DAM-PRIJS

3.1. De elektrische auto en de eigenaar – enkele hypothesen

26. Er zijn twee soorten elektrische auto's:

- de plug-in hybride elektrische voertuigen (PHEV): deze auto's hebben zowel een elektrische motor als een verbrandingsmotor;
- de batterij-elektrische voertuigen (BEV) of zuiver elektrische voertuigen: deze auto's hebben enkel een elektrische motor.

Enkel het batterij-elektrische voertuig wordt beschouwd, maar de bevindingen kunnen eveneens worden toegepast op plug-in hybride elektrische voertuigen.

27. Er wordt aangenomen dat de elektrische auto de volgende kenmerken heeft:

- Beschikbare capaciteit van de batterij is 15 kWh⁶.
- De batterij heeft een ladings- en ontladingsvermogen van 3 kW⁷
- De efficiëntie van laden en ontladen is 90 % (bijgevolg is de efficiëntie van het laden en ontladen, een zogenaamde *round-trip*, 81 %)
- Ladings- en ontladingskarakteristieken zijn lineair
- Minstens 85 % van de auto's zijn steeds aangesloten op het elektriciteitsnet
- Energieverbruik van 150 Wh/km. Bijgevolg kan een volledig opgeladen elektrische auto met een bruikbaar batterijvermogen van 15 kWh 100 km ver rijden.

28. Volgens de Belgische Algemene Directie Statistiek⁸ legde een auto in 2007 in België gemiddeld 15.123 km af, wat overeenkomt met 41,4 km/dag. Op basis van de veronderstelling dat een elektrische auto 150 Wh/km verbruikt, houdt dit in dat een elektrische auto gemiddeld $41,4 \cdot 0,150 = 6,21$ kWh per dag zou verbruiken. Met een ladingsefficiëntie van 90 %, wordt dit een verbruik van gemiddeld $6,21 / 0,9 = 6,9$ kWh/dag.

29. Als bijkomende hypothese wordt aangenomen dat de gemiddelde autobestuurder steeds minstens 30 % veiligheidsmarge wenst te hebben met betrekking tot de autonomie van de auto⁹. Daardoor moet er dagelijks gemiddeld $6,9 \cdot 1,3 = 8,97$ kWh vrijgehouden

⁶ De levenscyclus van de meeste batterijen is langer wanneer de batterij niet tot het uiterste wordt gebruikt. Er wordt bijgevolg aangenomen dat een beschikbaar vermogen van 15 kWh overeenkomt met een nominale opslagcapaciteit van minstens 20 kWh (zie ook deel 4).

⁷ Er wordt aangenomen dat dit vermogen niet door de batterij zelf beperkt wordt, maar door het vermogen van het distributienet, waarop de elektrische auto's waarschijnlijk meestal zullen worden op aangesloten.

⁸ http://www.statbel.fgov.be/figures/d37_nl.asp#2b

⁹ Deze veiligheidsmarge zou overbodig zijn voor een PHEV.

worden om te rijden, ook al zal gemiddeld slechts 6,9 kWh van deze energie worden verbruikt.

30. De resterende energie in de batterij, namelijk $15 - 8,97 = 6,03$ kWh, kan voor arbitrage doeleinden op de day-ahead markt worden gebruikt. Indien 6,03 kWh moet opgeladen worden, is er $6,03 / 0.9 = 6,70$ kWh nodig (ladingsefficiëntie van 90%). Er kan dan $6,03 \text{ kWh} \cdot 0.9 = 5,43$ kWh verkocht worden (ontladingsefficiëntie van 90%).

31. Onderstaande tabel vat bovenstaande berekeningen voor een elektrische auto met een batterij van 15 kWh en een gemiddelde rijafstand van 41,4 km/dag samen:

	kWh
Opslagvermogen van de batterij	15
Energie nodig om 41,4 km te rijden	6,2
Aan te kopen energie om 41,4 km te rijden	6,9
Energievermogen met 30 % marge	9
Energievermogen beschikbaar voor arbitrage	6
Aan te kopen energie voor arbitrage	6,7
Energie beschikbaar om te verkopen	5,4
Totaal aan te kopen energie om te rijden + arbitrage	13,6

32. Zoals blijkt uit onderstaande tabel beschikken volgens de laatste censusstatistieken van 2001¹⁰ in België één miljoen huishoudens over twee of meerdere wagens.

Aantal wagens	0	1	2	3 of meer	Huishoudens	In het bezit van 2 of meer wagens
Vlaanderen	19%	55%	22%	3%	2.576.974	649.397
Wallonië	25%	53%	19%	2%	1.485.090	301.473
Brussel	40%	49%	10%	1%	507.455	56.835
België	23%	54%	20%	2%	4.569.519	1.007.706

Bijgevolg lijkt op langere termijn de introductie in België van één miljoen batterij-elektrische auto's met een autonomie van 100 km niet onredelijk aangezien huishoudens die twee of meer auto's bezitten, op die manier kunnen de beide types kunnen gebruiken, namelijk een elektrische auto en één die op fossiele brandstof rijdt.

33. Hierna wordt de impact van de elektrische auto op de Belpex DAM-prijzen berekend indien dagelijks 13,5 GWh elektriciteit aangekocht wordt voor één miljoen auto's, waarvan 6,9 GWh/dag wordt gebruikt om te rijden en 5,5 GWh/dag wordt verkocht voor arbitrage doeleinden. 1,1 GWh gaat verloren omwille van een ladings- en ontladingsefficiëntie van ongeveer 80 %.

¹⁰ Cijfers gebruikt van de website van de Studiedienst van de Vlaamse Regering: <http://www4.vlaanderen.be/dar/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx>

3.2. Eén arbitrage op een gemiddelde dag

34. In dit deel wordt de algemene idee toegelicht van de arbitragestrategie om de impact van één miljoen elektrische auto's op de Belpex DAM-prijzen te evalueren:

- Er wordt 13,5 GWh aangekocht gedurende de uren met de kleinste prijsstijging ;
- Er wordt 5,5 GWh verkocht gedurende de uren met de grootste prijzdaling.

Deze arbitragestrategie is gebaseerd op prijsveranderingen.

35. Voor redenen van eenvoud, wordt elektriciteit verhandeld in blokken van één uur van minstens 0,5 GWh, met de bijkomende beperking dat in één uur maximum 2 GWh kan gekocht worden en maximum 1 GWh kan verkocht worden. Deze beperkingen worden opgelegd omdat de impact van bijkomende verkoop- en aankoopvolumes naar de Belpex DAM-prijs moeten geëxtrapoleerd worden. De resiliëntie-analyse van Belpex evalueert namelijk de Belpex DAM voor een bijkomende hoeveelheid van 500 MWh, wat betekent dat we moeten extrapoleren. Daarom is de extrapolatie naar 2.000 MWh (of 2 GWh) al ver van het evenwicht. Daarenboven zijn er ook nog de grenzen van de netwerkcapaciteit: indien 2 GWh extra wordt aangekocht in één bepaald uur, betekent dit een bijkomend vermogen van 2 GW tijdens dat uur, wat het netwerk zou kunnen overbelasten (ook al vindt de aankoop van elektriciteit meestal plaats wanneer de prijzen en ook het verbruik laag zijn).

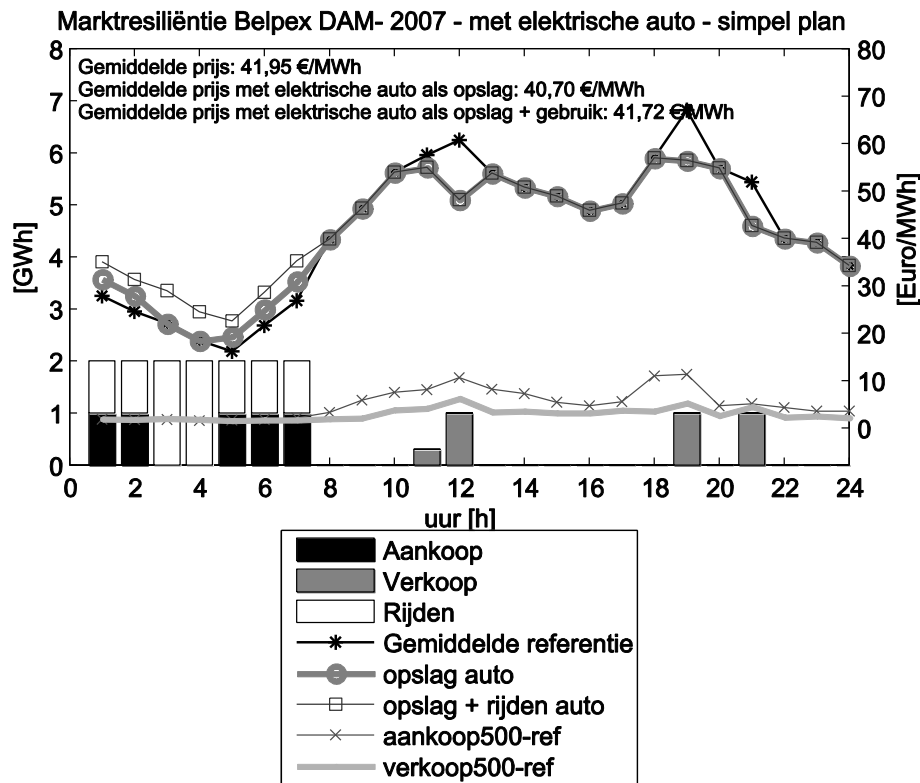
36. Uit de resiliëntie-analyse kan precies afgeleid worden wat de Belpex DAM-prijs zou zijn indien op deze markt gedurende een welbepaald uur 500 MWh extra zou worden verkocht of aangekocht. Via extrapolatie kan de impact van de aankoop of de verkoop van 1 of 2 GWh extra berekend worden. De prijsstijgingen zijn 's nachts meestal het kleinst, terwijl prijsdalingen meestal het grootst zijn tijdens de piekuren.

37. Figuur 8 geeft de resultaten weer als de hierboven beschreven strategie gebaseerd op de prijsveranderingen wordt toegepast tijdens een gemiddelde dag in 2007. Aangezien prijsstijgingen het kleinst zijn tussen 1 en 7 uur, wordt tijdens deze uren 13,5 GWh extra gekocht. De prijsdalingen zijn het grootst tussen 10 uur en 12 uur, om 17 uur, om 19 uur en om 21 uur, en dus wordt tijdens deze uren 5,5 GWh verkocht.

38. Tijdens 2007 bedroeg de gemiddelde prijs € 41,95/MWh¹¹. Indien de batterij van de elektrische auto enkel als arbitrage-instrument zou gebruikt worden (aankoop van 6,7 GWh en verkoop van 5,5 GWh), zou de gemiddelde prijs € 40,70/MWh bedragen, wat een daling

¹¹ In onderhavige studie wordt geen rekening gehouden met 28 en 29 april 2007 aangezien Belpex DAM toen niet gekoppeld was met de twee andere markten omwille van technische IT-problemen. Er werd voor die uren geen marktresiliëntie berekend.

is van € 1,25/MWh. Indien de extra energie die werd aangekocht om te rijden (aankoop van 7 GWh) toegevoegd wordt, dan zou de nieuwe gemiddelde prijs € 41,72/MWh bedragen, wat nog altijd € 0,231/MWh lager is dan zonder de elektrische auto. Dit is merkwaardig: door deze eenvoudige aankoop- en verkoopstrategie zouden één miljoen elektrische auto's (die dagelijks 41,4 km afleggen maar ook voor arbitrage doeleinden op de spotmarkt gebruikt worden) de spotprijzen juist doen zakken.



Figuur 8 (Bron: Belpex, eigen berekeningen)

39. Het moet duidelijk zijn dat de toegepaste strategie werd gekozen vanuit het standpunt van het algemeen belang, namelijk dat van de “sociale planner”. Energie wordt verkocht en aangekocht tijdens uren die de meest positieve impact hebben op de prijzen. Met andere woorden, energie wordt aangekocht wanneer de *prijsstijging* het kleinst is en wordt verkocht wanneer de *prijzdaling* het grootst is. Theoretisch gezien zou dit kunnen leiden tot de aankoop van energie wanneer de prijzen het hoogst zijn, maar met een lage prijsstijging, en de verkoop van energie wanneer de prijzen het laagst zijn, maar met een hoge prijsdaling.

40. De toegepaste strategie is duidelijk niet vanzelfsprekend ook de voordeligste strategie voor auto-eigenaars zelf. De auto-eigenaar zal immers de energie aankopen tijdens de uren met de laagste prijzen (rekening houdend met de stijgende impact op de prijs omwille van de extra energie die werd aangekocht, te berekenen op de basis van de marktresiliëntie). De auto-eigenaar zal deze energie verkopen tijdens de uren met de hoogste prijzen (rekening houdend met de dalende impact op de prijs omwille van de extra energie die werd verkocht).

Dit laatste zou betekenen dat uren ‘arbitrage-energie’ verkocht wordt, misschien de kleinste prijsdaling zou veroorzaken, wat juist het tegenovergestelde is van de “sociale planner”-strategie. Voor het voorbeeld van de gemiddelde dag in 2007 zou dit betekenen dat energie zou verkocht worden gedurende uur 20 in plaats van gedurende uur 17 (zie figuur 8).

41. Hoewel beide strategieën duidelijk niet dezelfde zijn, verschillen de resultaten in dit eenvoudige geval toch niet veel. Dit is te verklaren door het feit dat tijdens de gemiddelde dag van 2007 uren met lage prijzen ook een hoge marktresiliëntie hebben: de prijs tijdens deze uren stijgt slechts relatief weinig indien extra energie wordt aangekocht; en uren met hoge prijzen dalen relatief sterk indien extra energie wordt verkocht. Dit betekent dat de financiële impact van de toegepaste “sociale planner”-strategie ook meestal voordelig is voor de auto-eigenaar. Onderstaande tabel geeft de kosten van de gekochte energie en de opbrengsten voortvloeiend uit de verkochte energie indien de arbitragestrategie gebaseerd op *prijsveranderingen* wordt toegepast (“sociale planner”-strategie).

	Euro/dag	Euro/jaar	Euro/auto/Jaar
Kosten van de aankoop van 13,5 GWh	391.667	142.958.429	143,0
Opbrengsten uit de verkoop van 5,5 GWh	264.208	96.435.981	96,4
Totale kost	127.459	46.522.448	46,5

42. Met de arbitragestrategie gebaseerd op *prijsveranderingen* en overeenkomstig deze eenvoudige simulatie, betaalt de gemiddelde auto-eigenaar slechts € 46,5 voor zijn energie om 15.000 km te rijden, wat bijna gratis is¹².

43. In dit eenvoudige geval wordt er enkel 's nachts extra energie gekocht, waardoor de congestie van het netwerk omwille van een bijkomend vermogen van 2 GWh onwaarschijnlijk is.

3.3. Dagelijkse arbitrage

44. In bovenvermelde simulatie werd gerekend met de gemiddelde dag in 2007. Deze arbitragestrategie kan in werkelijkheid dagelijks toegepast worden. Dit betekent dat voor elke dag en voor één miljoen auto's de volgende beslissingen genomen worden:

- Er wordt 13,5 GWh aangekocht gedurende de uren met de kleinste prijsstijging ;
- Er wordt 5,5 GWh verkocht gedurende de uren met de grootste prijsdaling.

Deze arbitragestrategie is gebaseerd op *prijsveranderingen*.

¹² Dit is enkel de energiekost, zonder transport- en distributiekosten voor de elektriciteit, noch belastingen.

45. Er is echter een bijkomende beperking: elke dag wordt er beslist of er überhaupt “arbitrage-energie” gekocht of verkocht wordt (energie voor rijdoeleinden moet dagelijks worden gekocht). Er wordt geen “arbitrage-energie” gekocht indien de totale gewogen prijsstijging tijdens de uren waarin gekocht wordt groter is dan de totale gewogen prijsdaling tijdens de uren waarin verkocht wordt. Indien er in dergelijk geval wel “arbitrage-energie” zou gekocht worden, zou dit de doelstelling van de arbitragestrategie ondermijnen, namelijk winst maken (vanuit het standpunt van de auto-eigenaar) of het verlagen van de prijzen (vanuit het standpunt van de sociale planner).

46. Onderstaande tabel geeft de prijsstatistieken weer indien bovenstaande strategie toegepast zou geweest zijn in 2007 en 2008. In 2007 zouden de prijzen van € 41,9 naar € 38,7/MWh zijn gezakt, wat een totale daling is van € 3,2/MWh en een relatieve daling van 7,6 %. De volatiliteit, die in dit geval gemeten wordt door de standaardafwijking van de prijs per uur tijdens het jaar, zou van € 54,6/MWh naar € 34,0/MWh zijn gedaald, wat een zeer sterke relatieve daling is van 37,7 %. Voor 2008 zijn de resultaten minder indrukwekkend: door de arbitragestrategie toe te passen, zouden de prijzen in 2008 zijn gezakt van € 70,6/MWh naar € 68,3/MWh, wat een absolute daling voorstelt van € 2,3/MWh en een relatieve daling van 3,3 %. De standaardafwijking *stijgt* echter, namelijk van € 30,8/MWh naar € 32,6/MWh, wat een relatieve stijging van 5,5 % voorstelt.

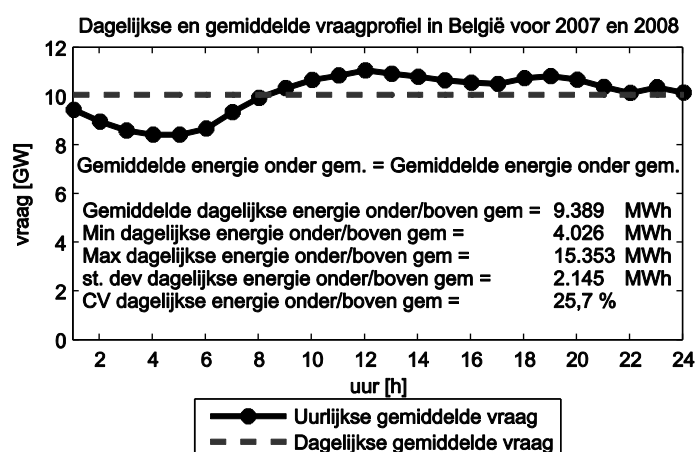
Arbitragestrategie op prijsverandering	2007			2008		
	Referentie	Arbitrage	% vers.	Referentie	Arbitrage	% vers.
Prijsniveau	41,9	38,8	-7,6%	70,6	68,3	-3,3%
Prijsvolatiliteit (stdev)	54,6	34,0	-37,8%	30,8	32,6	5,5%

47. Met een arbitrage van ongeveer 6 GWh in de Belgische regelzone kan de groothandelsprijs sterk dalen, ook al wordt er 7 GWh extra gekocht om met de auto's te rijden. Gezien een dagelijks gemiddeld totaal elektriciteitsverbruik van ongeveer 240 GWh in de Belgische controlezone, zijn deze resultaten opvallend, omdat een arbitragevolume van 6 GWh per dag slechts 2,5 % van het totale verbruik voorstelt.

48. Figuur 9 geeft een mogelijke verklaring voor dit opmerkelijke resultaat. De figuur geeft het gemiddelde dagprofiel van het Belgische verbruik tijdens 2007 en 2008, alsook enkele statistieken. In 2007 en 2008 bedroeg de gemiddelde belasting 10.086 MW, wat overeenstemt met een gemiddeld verbruik van 10,086 GWh per uur. Tussen uur 1 en uur 8 is het uurverbruik doorgaans lager dan het gemiddelde, terwijl het tussen uur 9 en uur 24 boven het gemiddelde ligt. De volatiliteit van het dagprofiel van het gemiddelde uurverbruik blijkt vrij laag te zijn: doorgaans bedraagt het verbruik boven en onder het gemiddelde 9,4 GWh, wat dus slechts $9,4/240 = 3,8\%$ van het gemiddelde dagelijkse verbruik is. Indien

er dus binnen de Belgische regelzone gemiddeld 9,4 GWh meer zou verbruikt worden tussen uur 1 en uur 8 en er tevens 9,4 GWh minder verbruikt zou worden tijdens de rest van de dag, dan zou het verbruik weinig variëren en enkel door baseload eenheden kunnen worden tegemoet gekomen¹³. Met de elektrische auto in onderhavige studie is er een arbitragecapaciteit van ongeveer 6 GWh.

49. Dit wijst er ook op dat een grootschalige introductie van de elektrische auto de beslissingen omtrent de investeringen in productie-eenheden zou kunnen beïnvloeden ten voordele van *baseload* en *semi-baseload* eenheden, ook al kan de positieve impact van de elektrische auto misschien worden gecompenseerd door de verwachte stijging van de intermitterende opwekking (zoals wind en zon). Merk op dat een grootschalige introductie van de elektrische auto de volatiliteit van het verbruik zou doen dalen, zelfs indien helemaal geen arbitragestrategie wordt toegepast omdat de auto's veelal 's nachts zullen worden opgeladen. Hierdoor zou het verbruik tijdens de nacht stijgen en zou bijgevolg de kloof tussen het nacht- en het dagverbruik verkleinen.



Figuur 9 (bron: Elia, eigen berekeningen)

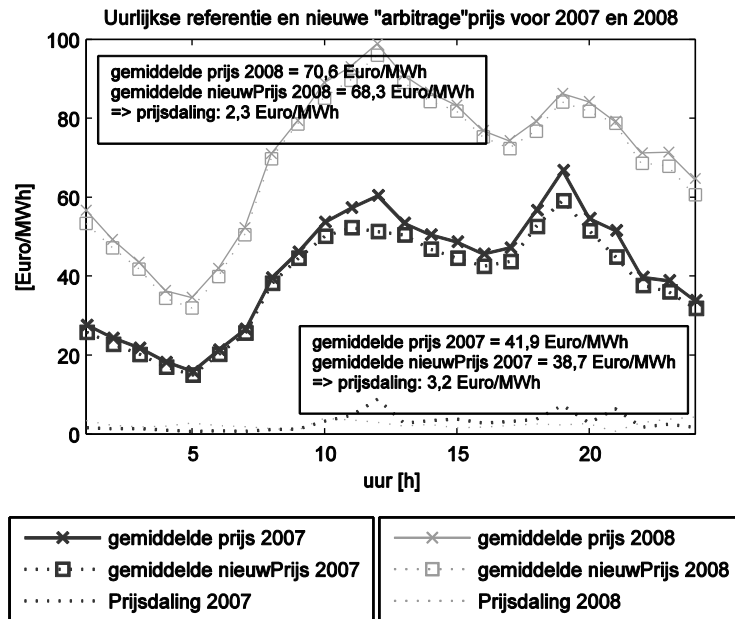
50. De stijging van de volatiliteit met 5,5% in 2008 door toepassing van de arbitragestrategie gebaseerd op prijsveranderingen (zie bovenstaande tabel) werd niet verwacht. Dit zou verklaard kunnen worden doordat “arbitrage-energie” verkocht werd gedurende uren met lage prijzen en gekocht tijdens uren met hoge prijzen, wat in theorie mogelijk is. Het zou betekenen dat lage prijzen worden gekenmerkt door grotere prijsdalingen dan hoge prijzen en/of dat hoge prijzen worden gekenmerkt door kleinere prijsstijgingen dan lage prijzen. Hoewel dit in theorie mogelijk is, lijkt het onwaarschijnlijk.

¹³ Let wel: dit is enkel de variatie van het verbruik op dagbasis. Er zijn echter ook grote week- en seizoensvariaties van het verbruik (zie figuur 2) die met de elektrische auto niet of in zeer beperkte mate kunnen opgevangen worden, waardoor *semi-baseload* en piekeenheden belangrijk blijven.

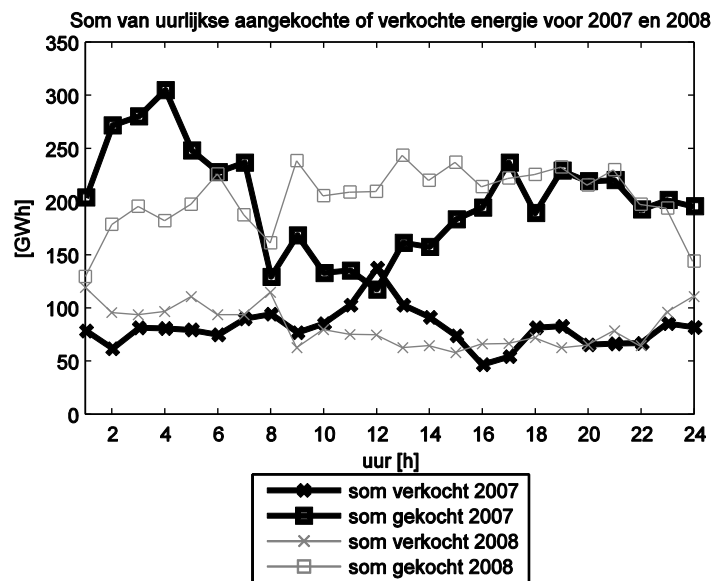
51. Er is een andere verklaring voor de gestegen volatiliteit. Volgens de arbitragestrategie gebaseerd op prijsveranderingen wordt niet altijd “arbitrage-energie” gekocht en verkocht. Indien de totale prijsdalingen voortvloeiend uit de verkoop van de “arbitrage-energie” de prijsstijging omwille van de aankoop van deze “arbitrage-energie” niet compenseren, wordt geen “arbitrage-energie” gekocht. Tijdens een dergelijke dag wordt wel “energie om te rijden” gekocht, waardoor de prijzen stijgen. Zowel in 2007 als in 2008 heeft een dergelijke dag zich twee keer voorgedaan. Voor 2008 wordt de onverwachte stijging van de volatiliteit verklaard door slechts één dag, namelijk 3 mei 2008. Die bewuste zaterdag stegen de prijzen tot € 500/MWh, met hoge prijzen gedurende de hele dag (met uitzondering van twee uren) en een commerciële congestie op beide Belgische invoerinterconnecties. Extra energie aankopen om te rijden zou de maximumprijs doen stijgen hebben tot € 840/MWh. Wanneer we deze dag buiten beschouwing laten, *daalt* de standaardafwijking voor 2008 van € 30,8/MWh naar € 29,3/MWh, wat een relatieve daling is van 5,0 %.

52. Naast de stijgende volatiliteit voor 2008 is er nog een ander opvallend feit voor zowel 2007 als 2008. De verwachting was dat energie 's nachts zou gekocht worden, met een beperkte prijsstijging tot gevolg, en dat energie overdag zou verkocht worden, met een grotere prijsdaling tot gevolg. Dit is echter niet wat er gebeurt: prijzen dalen gedurende elk uur van de dag, zoals te zien op figuur 10. Deze figuur toont de gemiddelde prijzen per uur tijdens 2007 en 2008, zowel voor de referentie (geen arbitrage) als voor het arbitragescenario. Hieruit blijkt inderdaad dat de gemiddelde prijzen elk uur dalen (ook 's nachts dus) indien er gearbitreerd wordt. Dit betekent dat de arbitragestrategie ook beslist om soms 's nachts energie te verkopen.

53. Dit wordt bevestigd door figuur 11 die de som van de gekochte en verkochte energie geeft als gevolg van de introductie van de elektrische auto (er wordt zowel energie gekocht om te rijden als voor arbitrage doeleinden). Deze figuur toont duidelijk dat in 2007 energie om te rijden en energie voor arbitrage doeleinden meestal 's nachts wordt gekocht, terwijl energie in 2008 heel de dag door wordt gekocht, met een piek rond 12 uur.



Figuur 10 (bron: eigen berekeningen)



Figuur 11 (bron: eigen berekeningen)

54. De cyaanblauwe lijn in figuur 10 geeft voor 2007 de gemiddelde prijsdaling per uur als gevolg van de arbitragestrategie. Deze curve toont dat de prijzen in 2007 overdag gemiddeld sterker dalen indien er extra energie verkocht wordt, in vergelijking met 's nachts. Zoals te verwachten vinden de grootste prijsdalingen – doorgaans – plaats tijdens de piekuren, waardoor de opgeslagen "arbitrage-energie" meestal tijdens deze uren wordt verkocht (vooral tijdens uur 12, 19 en 21). Dit is echter (en verrassend) veel minder het geval voor 2008: de oranje lijn in figuur 10 geeft de gemiddelde prijsdaling per uur als gevolg van de

arbitragestrategie: het verschil in prijsdaling tussen dag en nacht is gemiddeld veel minder groot, waardoor arbitreren op de markt de prijzen veel minder doet bewegen.

55. Dit laatste gegeven zou de stijgende prijsvolatiliteit in 2008 als gevolg van de arbitragestrategie gebaseerd op prijsveranderingen kunnen verklaren. Het is namelijk mogelijk dat de beschouwde arbitragestrategie, die is gebaseerd op de dynamiek van de prijzen (prijsveranderingen) en niet op prijsniveaus, leidt tot lagere prijsniveaus (gezien de strategie is dit onvermijdelijk) maar niet tot een lagere volatiliteit. De uren met grootste prijsdalingen/-stijgingen vallen namelijk niet noodzakelijk plaats samen met de uren met de hoogste/laagste prijzen. In theorie is dit mogelijk is, maar het werd onwaarschijnlijk geacht: er werd verondersteld dat er een hoge correlatie is tussen prijsniveaus en absolute prijsveranderingen. Voor 2007 was dit min of meer een goede veronderstelling, maar niet voor 2008 zoals blijkt uit de onderstaande tabel. Deze tabel geeft de correlatie weer tussen het prijsniveau en de prijsstijging/-daling als er respectievelijk 500 MW extra zou worden verkocht of gekocht. In vergelijking met 2007 is de correlatie tussen prijsniveaus en prijsveranderingen in 2008 veel kleiner.

Correlatie	Verkoop 500 MWh	Aankoop 500 MWh	Gemiddelde verkoop + aankoop
Prijsniveau 2007	-0,77	0,60	0,69
Prijsniveau 2008	-0,35	0,22	0,29

56. Hierna worden de resultaten besproken indien een arbitragestrategie gebaseerd op *prijsniveaus* wordt toegepast:

- Er wordt 13,6 GWh gekocht wanneer het prijsniveau het laagst is;
- Er wordt 5,5 GWh verkocht wanneer het prijsniveau het hoogst is.

Met de volgende bijkomende beperking: elke dag wordt beslist of er al dan niet “arbitrage-energie” gekocht en verkocht wordt (energie voor rijdoeleinden moet dagelijks worden gekocht). Er wordt geen “arbitrage-energie” gekocht als de totale gewogen prijs tijdens de uren waarop gekocht wordt, hoger is dan de totale gewogen prijs tijdens de uren waarop er verkocht wordt.

57. De onderstaande tabel geeft de prijsstatistieken weer voor de arbitragestrategie gebaseerd op *prijsniveaus*. In 2008 daalde de prijsvolatiliteit, gemeten door de standaardafwijking, met 1,7 % (ter vergelijking: met de arbitragestrategie gebaseerd op *prijsveranderingen* steeg de prijsvolatiliteit met 5,5 %). Wanneer 3 mei 2008 buiten beschouwing gelaten wordt, daalt de prijsvolatiliteit zelfs met 13,6 % (in vergelijking met 5,0 % met de andere strategie). In 2008 *steeg* het gemiddelde prijsniveau echter met € 1,13/MWh, wat overeenstemt met 1,6 % (ter vergelijking: met de arbitragestrategie

gebaseerd op prijsveranderingen was er een *daling* met € 2,3/MWh of 3,3 %). In 2007 is de daling van de gemiddelde prijzen kleiner: € 1,1/MWh (2,6 %) in plaats van € 3,2/MWh (7,6 %) met de andere strategie.

Arbitragestrategie op prijsniveau	2007			2008		
	Referentie	Arbitrage	% vers.	Referentie	Arbitrage	% vers.
Prijsniveau	41,9	40,9	-2,6%	70,6	71,7	1,6%
Prijsvolatiliteit (stdev)	54,6	34,0	-37,8%	30,8	30,3	-1,7%

58. Vanuit het standpunt van de auto-eigenaar lijkt het beter om de arbitragestrategie gebaseerd op prijsniveaus te gebruiken. Zoals blijkt uit de onderstaande tabel is er in vergelijking met deze strategie een bijkomend verlies voor de auto-eigenaar die zijn energie koopt (“rijden” en “arbitrage”) indien de arbitragestrategie gebaseerd op prijsverandering wordt gebruikt. De onderstaande tabel vergelijkt het voordeel van de auto-eigenaar volgens de twee strategieën, zowel voor 2007 als voor 2008. Uit deze resultaten blijkt dat het gebruik van de arbitragestrategie gebaseerd op prijsniveaus per jaar gemiddeld 104 miljoen euro goedkoper is voor de één miljoen auto-eigenaars, in vergelijking met de arbitragestrategie gebaseerd op prijsveranderingen.

Omzet (miljoenen €)	2007			2008			2007+2008
	Verko op	Aanko op	Opbren gst	Verko op	Aanko op	Opbren gst	Opbrengst
Prijs-veranderingen	74,5	-182,5	-108,1	115,7	-355,0	-239,3	-347,4
Prijsniveaus	71,3	-103,0	-31,7	69,0	-176,9	-107,9	-139,6
Veranderingen - niveaus	3,1	-79,5	-76,4	46,7	-178,1	-131,4	-207,8

59. In sommige gevallen lijkt er dus een wisselwerking te bestaan tussen een prijsniveaudaling en een prijsvolatiliteitsdaling. De keuze van de beste strategie – “niveau” of “verandering” – hangt af van de waarde die marktspelers geven aan deze twee prijsmomenten. Vanuit het standpunt van de auto-eigenaar is het duidelijk dat de arbitragestrategie gebaseerd op het prijsniveau de meest voordelige strategie is. Indien de arbitragestrategie gebaseerd op prijsveranderingen vanuit het algemeen belang voordeliger zou zijn, dan kan de auto-eigenaar gecompenseerd worden voor het verlies dat hij lijdt indien hij deze arbitragestrategie zou hanteren. Om na te gaan wat het algemeen belang is, moet nagegaan worden hoe belangrijk lagere spotprijsniveaus en een lagere volatiliteit zijn voor de elektriciteitsgebruikers.

60. Indien er niet gearbitreerd zou worden met de elektrische auto, zouden ook de elektriciteitsprijzen stijgen, omdat er enkel een toegenomen vraag is. Onderstaande tabellen tonen de spotprijzen op de groothandelsmarkt in 2007 en 2008 ten gevolge van de extra

vraag van één miljoen elektrische auto's indien er niet gearbitreerd zou worden. Hieruit blijkt dat indien de aankoopstrategie gebaseerd is op de prijsverandering de prijs nauwelijks zou stijgen; de volatiliteit toont een gemengd beeld: deze blijft gelijk of stijgt met minder dan 3%. Indien de auto-gebruiker de aankoopstrategie gebaseerd zou zijn op het prijsniveau, stijgt de prijs met 2 à 3 %; de volatiliteit toont hier hetzelfde gemengd beeld.

aankoopstrategie op prijsverandering	2007			2008		
	Referentie	Arbitrage	% vers.	Referentie	Arbitrage	% vers.
Prijsniveau	41,9	42,1	0,3%	70,6	70,9	0,4%
Prijsvolatiliteit (stdev)	54,6	54,6	0,0%	30,8	31,7	2,7%

aankoopstrategie op prijsniveau	2007			2008		
	Referentie	Arbitrage	% vers.	Referentie	Arbitrage	% vers.
Prijsniveau	41,9	42,9	2,2%	70,6	72,5	2,7%
Prijsvolatiliteit (stdev)	54,6	54,4	-0,3%	30,8	32,3	4,9%

61. Opmerkingen:

- het gedrag van de bestuurders zou ook in aanmerking moeten worden genomen, wat betekent dat 15 % van de elektrische auto's tijdens de piekuren niet op het netwerk zijn aangesloten (omdat ze rijden). Daar wordt in de simulatie geen rekening mee gehouden, maar heeft waarschijnlijk geen invloed op de conclusies. Dit komt omdat een elektrische auto die bijvoorbeeld tijdens uur 18 rijdt, waarschijnlijk het volgende of vorige uur niet rijdt. Tijdens het volgende of vorige uur kan die energie ontladen worden tegen een hoger vermogen dan 1 kW.
- momenteel is de day-ahead markt veruit de meest liquide kortetermijnmarkt en daarom is deze markt in de simulatie gebruikt om de impact van de elektrische auto te berekenen. Indien de elektrische auto daadwerkelijk massaal zal arbitreran op de elektriciteitsmarkt, met een vermindering van de prijsvolatiliteit op dagbasis, is het mogelijk dat de intra-day markt aan belang wint ten koste van de day-ahead markt.

3.4. De levensduur van een batterij – een kosten-batenanalyse

62. Uit het bovenstaande zou besloten kunnen worden dat de introductie van de elektrische auto in de meeste gevallen de elektriciteitsprijzen en hun volatiliteit kunnen doen dalen. Beiden zouden een aanzienlijke gunstige impact hebben op de elektriciteitsprijzen voor de gebruikers.

63. Er moet echter nog rekening gehouden worden met de slijtagekost van de batterij. Voor de arbitragestrategie moet immers extra “arbitrage-energie” worden geladen en ontladen, waardoor de batterij intensiever gebruikt wordt en dus sneller verouderd.

64. Dit extra batterijgebruik is niet verwaarloosbaar in de bovenstaande simulaties: de gemiddelde bestuurder gebruikt 6,9 kWh/dag van de batterijcapaciteit om te rijden, terwijl de arbitragestrategie 6 kWh/dag gebruikt. Indien aangenomen wordt dat de levenscyclus van de batterij er lineair¹⁴ op achteruitgaat, zal de toepassing van de arbitragestrategie de levensduur van de batterij bijna halveren. Indien de huidige levenscyclus van een batterij voor een gemiddelde gebruiker (die 41,4 km/dag rijdt) 10 jaar bedraagt, zou dit betekenen dat de arbitragestrategie de levenscyclus van de batterij zou beperken tot 5 jaar, waardoor de kostprijs verdubbelt.

65. Er bestaan verschillende types batterijen; onderzoek en ontwikkeling evolueren razendsnel. Tot dusver heeft de CREG geen kennis van betrouwbare modellen inzake de prestatie- en levensduurkenmerken van de batterij. Om dit gebrek aan betrouwbare modellen op te vangen, wordt gebruik gemaakt van een eenvoudig lineair model om een idee te hebben van de impact die de toepassing van de hierboven beschreven arbitragestrategie heeft op de levensduur van de batterij.

66. De onderstaande tabel toont de kostprijs van de batterij per kilometer en per kWh dat de batterij is opgeladen en ontladen. De redenering is de volgende: er wordt aangenomen dat een autobatterij met een vermogen van 20 kWh dat wordt gebruikt in een gemiddelde auto (15.000 km/jaar) 10 jaar meegaat. Dit betekent dat de kostprijs van deze batterij per kilometer gelijk is aan de kostprijs van de batterij gedeeld door het totale aantal kilometers. Voor een batterijkost van € 600/kWh komt dit neer op een prijs per kilometer van $20 * 600 / (15.000 * 10) = € 0,08/\text{km}$. Indien de elektrische auto een verbruik heeft van 0,150 kWh/km betekent dit dat er $0,150 * 150.000 = 22.500$ kWh kan geladen en ontladen worden. Voor een batterijkost van € 600/kWh houdt dit een kostprijs in per opgeladen en ontladen kWh van $20 * 600 / 22.500 = 0.533$ €/kWh. De onderstaande tabel berekent dezelfde gegevens voor verschillende batterijkosten van € 100 tot € 600/kWh.

Batterijkosten per kWh (€/kWh)	600	400	200	100
Batterijkosten 20 kWh	12.000	8.000	4.000	2.000
Gebruikskosten per km (€/km)	0,080	0,053	0,027	0,013
Gebruikskosten per kWh opgeladen + ontladen (€/kWh)	0,533	0,356	0,178	0,089

¹⁴ We hanteren deze assumptie in de rest van de studie.

67. Met de gebruikskosten per opgeladen + ontladen kWh kunnen de batterijkosten van de arbitragestrategie berekend worden. Volgens de bovenvermelde resultaten conform de arbitragestrategie werd beslist om in 2007 gedurende 363 dagen te kopen en te verkopen. Dit impliceert het opladen als ontladen van $363 * 6 \text{ kWh} = 2.178 \text{ kWh}$. Met een gebruikskost van € 0,533/kWh komt dit neer op een kostprijs van $2.178 * 0.533 = € 1.162/\text{jaar}$. Voor één miljoen auto's betekent dit een indrukwekkende kost van € 1,16 miljard/jaar. Met een batterijkost van € 100/kWh, in plaats van € 600/kWh, is dit nog steeds € 194 miljoen/jaar. Voor 2008 gelden dezelfde conclusies. De onderstaande tabel geeft een samenvatting van de kosten voor verschillende kostenniveaus van batterijen.

Batterijkosten per kWh (€/kWh)	600	400	200	100
Gebruikskosten door arbitrage/auto/jaar	1.162	774	387	194

68. Deze kosten zijn hoog, ook als een lage batterijkost van € 100/kWh wordt beschouwd. Wat zijn echter de voordelen van de toegepaste arbitragestrategie¹⁵? Als enkel rekening gehouden wordt met het effect van de arbitragestrategie op het prijsniveau (en de impact op de volatiliteit buiten beschouwing gelaten wordt), kan de impact berekend worden door de prijsdaling te vermenigvuldigen met het verbruik. Indien aangenomen wordt dat de Belpex DAM de prijsreferentie is voor het totale verbruik¹⁶, moet de prijsdaling per MWh vermenigvuldigd worden met 90 TWh (totaal verbruik in de Belgische regelzone). Aangezien de Belpex DAM gekoppeld is met Pownext DAM en APX DAM zal de Belpex DAM-prijsdaling ook een positieve (dalende) impact hebben op deze marktprijzen, hoewel de impact kan worden beperkt door de interconnectiecapaciteit. Figuur 5 en andere studies tonen aan dat de prijzen op deze markten sterk gecorreleerd zijn. Er wordt hierbij aangenomen dat de prijsdaling op de Belpex DAM een gelijkaardige prijsdaling zal teweegbrengen op Pownext DAM en APX DAM, vermenigvuldigd met een arbitraire factor van 0,9.

69. De voordelen van de arbitragestrategie, rekening houdend met de veronderstellingen van de bovenstaande paragraaf, worden vermeld in de onderstaande tabel. Het gebruikersvoordeel wordt weergegeven in miljoen euro. Merk de prijsdaling van de spotprijzen

¹⁵ In dit geval worden enkel de voordelen voor de consument in aanmerking genomen en niet die voor de producent. Hoewel de prijzen dalen, wat doorgaans negatief is voor producenten, zou de invoering van de elektrische auto ook voordelen kunnen hebben voor de producent. Er kan immers op een efficiëntere manier worden geproduceerd (minder piekvermogen).

¹⁶ Indien aangenomen wordt dat de prijzen van langetermijncontracten gebaseerd zijn op de verwachte spotprijs, dan is de aanname dat de verwachte Belpex DAM-prijs een referentie is voor het totale verbruik in België realistisch. Aangezien de elektrische auto als arbitrage-instrument een structurele impact heeft op de spotprijs zal de elektrische auto een –in deze studie dalende- impact hebben op de verwachte spotprijs. Daarenboven zijn prijzen van langetermijncontracten vaak ook nog stijgend beïnvloed door de verwachte volatiliteit van de spotprijs. Als deze verwachte volatiliteit van de spotprijs daalt door de introductie van de elektrische auto, mag verwacht worden dat dit een extra daling van de prijzen van langetermijncontracten met zich meebrengt.

op: deze is hoger dan wat berekend werd in de vorige sectie, omdat het prijsstijgende effect van de aankoop van energie voor rijdoeleinden buiten beschouwing gelaten werd. Dit is correct, aangezien hier enkel de kosten en voordelen van de arbitragestrategie van belang zijn, zonder het effect van de aankoop van energie voor rijdoeleinden.

	2007	2008
Dagen waarop “arbitrage-energie” wordt gekocht en verkocht	363	364
Daling van de spotprijs (€/MWh)	3,65	2,59
Gebruikersvoordeel in BE (90 TWh)	328,5	233,1
Gebruikersvoordeel BE+NL+FR ($90+0,9*130+0,9*460$ TWh)	2.266,7	1.608,4

70. Indien de bovenstaande veronderstellingen realistisch zijn en als de voordelen voor alle gebruikers in België, Frankrijk en Nederland in aanmerking genomen worden, heeft de arbitragestrategie een positief kosten-batenresultaat voor elektriciteitsgebruikers en dit voor alle beschouwde batterijkosten (100-600 €/kWh). Dit betekent dat eigenaars van een elektrische auto die hun auto gedurende 363 dagen gebruiken voor de arbitragestrategie, door de elektriciteitsgebruikers kunnen worden gecompenseerd voor het kwaliteitsverlies van de capaciteit van hun batterij als gevolg van de toepassing van de “arbitragestrategie” en dat de gebruikers dan nog steeds een lagere elektriciteitsfactuur hebben. Als enkel de Belgische gebruikers in aanmerking genomen worden, is de kosten-batenanalyse negatief, behalve voor een batterijkost van € 100/kWh.

71. De kosten als gevolg van het opladen en ontladen van de autobatterij voor arbitrage doeleinden kunnen echter verlaagd worden door het gebruik van de strategie te beperken tot de meest waardevolle dagen. Het gaat om de dagen waarop de impact van de arbitragestrategie het grootst is. De onderstaande tabel geeft de resultaten weer wanneer de arbitragestrategie gebruikt wordt op de 100 meest waardevolle dagen (resultaten zijn beperkt tot het Belgische gebruikersvoordeel, dus geen rekening gehouden met de positieve impact op Franse en Nederlandse elektriciteitsgebruikers).

100 meest waardevolle dagen	2007	2008
Daling van de spotprijs (€/MWh)	2,99	1,90
Gebruikersvoordeel in BE (90 TWh)	269,5	170,7

72. De vermindering van de dagen waarop “arbitrage-energie” gekocht en verkocht wordt van 364 naar 100 dagen houdt natuurlijk een lagere daling van de gemiddelde prijs op jaarbasis in: voor 2007 is de prijsdaling € 2,99/MWh wanneer enkel de 100 meest waardevolle dagen in aanmerking genomen worden, in vergelijking met € 3,65/MWh wanneer bijna alle dagen van 2007 beschouwd worden. Dit komt neer op een daling van de impact met 18 %. Voor 2008 stellen we een daling van de impact vast van 27 %. Echter,

aangezien het aantal dagen beperkt werd tot 100, zijn ook de kosten gedaald, en dit met 72 %, zoals wordt weergegeven in de onderstaande tabel.

Batterijkosten per kWh (€/kWh)	600	400	200	100
Gebruikerskosten van de batterij door arbitrage/auto/jaar - 100 dagen	320	213	107	53

Dit betekent dat, indien de arbitragestrategie wordt beperkt tot de 100 meest waardevolle dagen, de strategie in 2007 kosteneffectief is voor een batterijkost van rond € 400/kWh. Voor 2008 ligt de *break-even* batterijkost rond € 300/kWh.

De bovenstaande berekeningen worden herhaald voor de 50 meest waardevolle dagen. Dit resulteert in de twee onderstaande tabellen:

50 meest waardevolle dagen	2007	2008
Daling van de spotprijs (€/MWh)	2,60	1,38
Gebruikersvoordeel in BE (90 TWh)	233,6	124,2

Batterijkosten per kWh (€/kWh)	600	400
Gebruikerskosten van de batterij door arbitrage/auto/jaar - 50 dagen	160	107

73. Voor 2007 is de arbitragestrategie kosteneffectief voor alle bestudeerde batterijkosten. Voor 2008 is de arbitragestrategie kosteneffectief vanaf ongeveer € 400/kWh.

74. Het is belangrijk op te merken dat bovenstaande kostenanalyse niet enkel beïnvloed wordt door de batterijkost per kWh, maar ook door de levensduur van de batterij. In bovenstaande kostenanalyse zou een verdubbeling van de levensduur (namelijk een laadvolume van 45.000 kWh in plaats van 22.500 kWh) hetzelfde effect hebben als een halvering van de kostprijs.

DEEL IV HET GEBRUIK VAN DE ELEKTRISCHE AUTO ALS ONDERSTEUNENDE DIENST

4.1. Concept en veronderstellingen

75. In dit deel wordt nagegaan in hoeverre de elektrische auto kan worden gebruikt als een evenwichtsinstrument voor het elektriciteitssysteem. Aangezien het systeem in reële tijd in evenwicht moet worden gebracht, is het percentage van elektrische auto's dat op elk moment is aangesloten op het netwerk belangrijk. Er wordt verondersteld dat ten minste 85 % van alle elektrische auto's zijn aangesloten op het netwerk.

76. Zoals in het vorige deel reeds werd aangehaald, is het kwaliteitsverlies van de batterij een belangrijk aspect. Ook in dit deel wordt ervan uitgegaan dat er een lineaire relatie is tussen de opgeladen en ontladen energie van de batterij en de levenscyclus van de batterij. Er zijn types batterijen waarbij bijna geen kwaliteitsverlies optreedt indien het opladen + ontladen in vergelijking met de batterijcapaciteit gering is. Daarom wordt verondersteld dat de batterij niet veroudert, indien de opgeladen of ontladen energie niet meer dan 3 % van de batterijcapaciteit bedraagt. Volgens onze hypothesen betekent dit dat een oplading of ontlading van $0,03 \cdot 20 \text{ kWh} = 0,6 \text{ kWh}$ of kleiner geen negatief effect heeft op de levensduur van de batterij.

77. In de secties punten worden de mogelijkheden bestudeerd van de elektrische auto die primaire, secundaire en tertiaire (actieve) reserve levert. In België bedroeg de kostprijs van alle ondersteunende diensten (dus niet enkel de bovengenoemde) ongeveer 139 miljoen euro¹⁷. Deze kostprijs zal wellicht stijgen als gevolg van de toename van intermitterende productiecapaciteit, zoals wind- en zonne-energie.

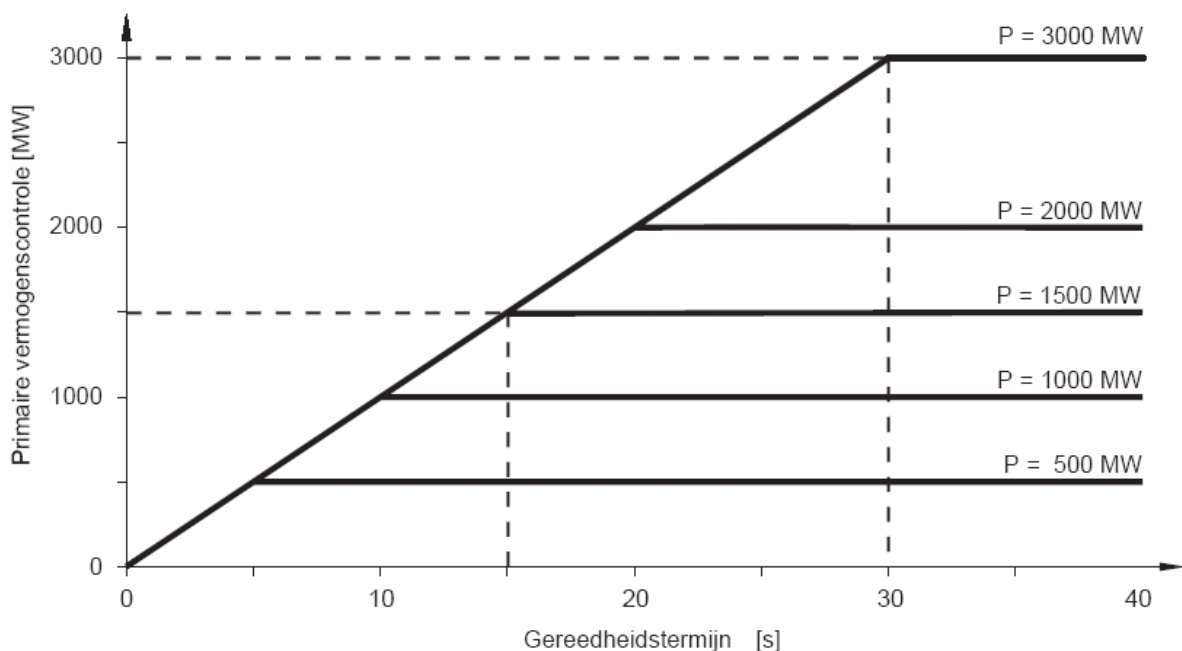
4.2. Primaire reserve (R1)

78. België moet ongeveer 100 MW primaire reserve (R1) leveren. In het hele UCTE-systeem wordt 3.000 MW R1 geleverd. Deze reserve reageert automatisch in enkele seconden volgens de kenmerken die worden weergegeven in figuur 12.

¹⁷ Zie Jaarverslag van Elia (www.elia.be)

79. R1 kan twee belangrijke incidenten behandelen die tegelijk plaatsvinden in de UCTE-zone (N-2 criterium); de volledige inzet van R1 (tot 3.000 MW) is uiterst zeldzaam en het gebruik van meer dan 50 % van R1 komt slechts zeer zelden voor.

80. In de meeste gevallen levert R1 kleine aanpassingen opdat het verbruik en de productie gelijk zijn. Indien de onverwachte uitval van grote productie-eenheden buiten beschouwing gelaten worden, kunnen deze aanpassingen wat België betreft met een typische Gauss-curve worden weergegeven, met een gemiddelde van 0 MW en een standaardafwijking van minder dan 10 MW. Dit betekent dat 95 % van R1 tussen -20 en 20 MW ligt en 99,8 % tussen -30 en 30 MW.



Figuur 12 (bron: UCTE)

81. Indien een miljoen elektrische auto's R1 zouden leveren, betekent dit in 99,8 % van de gevallen dat de oplaad- en ontladcapaciteit van elke auto $30 \text{ MW} / (1 \text{ miljoen} * 0,85) = 0,035 \text{ kW}$ zou bedragen (ervan uitgaande dat 85 % van de auto's zijn aangesloten op het netwerk). Ook al zou dit volume nodig zijn gedurende 15 minuten (tot R2 de R1 ontlast), toch is dit een energie-oplading/ontlading van $0,035 \text{ kW} * 0,25 \text{ u} / 0,9 = 0,01 \text{ kWh}$, wat veel minder is dan de 0,6 kWh die verondersteld werd als drempelwaarde voor slijtage van de batterij.

82. Aangezien het opladen en ontladen van energie een efficiëntie van 90 % heeft, brengt de levering van R1 een energieverlies teweeg. Als ervan uitgegaan wordt dat de gemiddelde vereiste energie 7,5 MW bedraagt (opregeling en afregeling) en als verondersteld wordt dat

R1 in een derde van de tijd nodig is, wordt door de ladings-/ontladingsefficiëntie van 90 % elke dag de volgende hoeveelheid energie verloren:

$$(7,5 * 0,9 + 7,5 / 0,9) * 12 \text{ uur} / 3 = - 6,3 \text{ MWh} / \text{dag}$$

Voor een heel jaar betekent dit een relatief klein verlies van $6,3 \text{ MWh} * 365 = 2,3 \text{ GWh}$.

83. Indien er een belangrijk incident zou plaatsvinden, moet R1 in staat zijn om 100 MW te leveren. Dit betekent dat elke auto $100 \text{ MW} / (1 \text{ miljoen auto's} * 0,85) = 0,117 \text{ kW}$ zou moeten kunnen leveren. Indien deze energie gedurende 15 minuten nodig is (tot R2 R1 ontlast), bedraagt ze $100 \text{ MW} * 0,25 \text{ u} / (0,9 * 1 \text{ miljoen auto's} * 0,85) = 0,032 \text{ kWh}$. Ook in dit geval ligt dit onder de drempelwaarde van 0,6 kWh en wordt er verondersteld dat er geen veroudering van de batterij optreedt.

84. Conclusie: met een miljoen elektrische auto's kan R1 gemakkelijk worden geleverd in de Belgische regelzone. De vereiste energie en vermogen zijn erg klein voor een individuele auto, zodat zelfs de reservering van capaciteit niet nodig zou zijn. Ook als het aansluitingspercentage van 85 % te optimistisch zou zijn, zal dit waarschijnlijk geen impact hebben op de conclusie.

4.3. *Secundaire reserve (R2)*

85. In België wordt er in gemiddeld 137 MW automatische secundaire reserve (R2) voorzien, maar het werkelijke vermogen varieert tussen 100 en 150 MW. Deze reserve is de belangrijkste in termen van energie. Voor elke kwartier publiceert Elia na afloop het Netto Regelvolume (NRV). Dit is het gemiddelde vermogen dat alle actieve reserves gedurende 15 minuten hebben geleverd, gemeten in MW. Indien het NRV positief is, was de Belgische regelzone “*short*” en moest Elia opregelen. Indien het NRV negatief is, was de regelzone “*long*” en moest Elia afregelen. Meer dan 90 % van deze evenwichtsenergie wordt geleverd door de automatische secundaire reserve.

86. Als de elektrische auto zou gebruikt worden voor de levering van R2, zou dit het volgende betekenen:

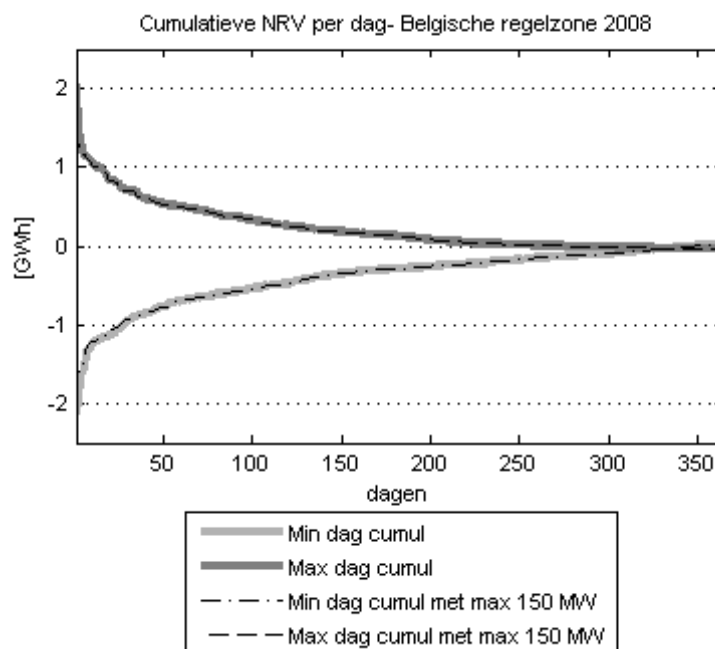
NRV > 0 → systeem is “*short*” → de elektrische auto ontladen;

NRV < 0 → systeem is “*long*” → de elektrische auto opladen.

87. Als de elektrische auto gebruikt wordt voor de levering van R2 is het belangrijk om te weten wat de maximale dagelijkse cumulatieve opgeladen en ontladen energie zal zijn, aangezien een autobatterij een beperkte energiec capaciteit heeft. Deze maximale dagelijkse

cumulatieve energie is belangrijk omdat een gelijkaardige batterijcapaciteit beschikbaar moet zijn om op elk moment in reële tijd R2 te kunnen leveren. Er wordt enkel rekening gehouden met de cumulatieve energie voor één dag, aangezien de auto 's nachts¹⁸ opnieuw kan worden opgeladen.

Figuur 13 geeft de cumulatieve opgeladen en ontladen NRV voor 2008. Hieruit blijkt dat er minstens één dag in 2008 was met een maximale cumulatieve NRV die groter is dan 2.000 MWh, en dit in beide richtingen (opregeling en afregeling). Dit zou betekenen dat er een energiecapaciteit van meer dan 4 kWh moet gereserveerd worden voor elke auto om te allen tijde de nodige R2 te kunnen leveren. Dit komt neer op $4/15 = 26,6\%$ van de totale beschikbare batterijcapaciteit. Vertrekkende vanuit een aansluitingspercentage van 85 %, loopt de te reserveren batterijcapaciteit op tot 4,7 kWh. Bovendien zou de vereiste energie wellicht leiden tot kwaliteitsverlies van de batterij.



Figuur 13 (bron: Elia; eigen berekeningen)

88. De figuur toont aan dat de erg hoge niveaus van cumulatieve energie uitzonderlijk zijn. Bijgevolg kan geprobeerd worden om de noodzakelijke reservecapaciteit van de batterij te verminderen door gebruik te maken van de zogenaamde "incremental/decremental bids" (I/D-bids). Deze bids kunnen door Elia worden gebruikt om het systeem in evenwicht te brengen. Deze bids komen overeen met de beschikbare capaciteit op flexibele en draaiende

¹⁸ In feite kan de beperking versoepeld worden indien rekening gehouden wordt met de oplaad-/aflaadmogelijkheid overdag. Verder in dit deel worden I/D-bids beschouwd en wordt impliciet verondersteld dat de elektrische auto overdag kan worden opgeladen en ontladen.

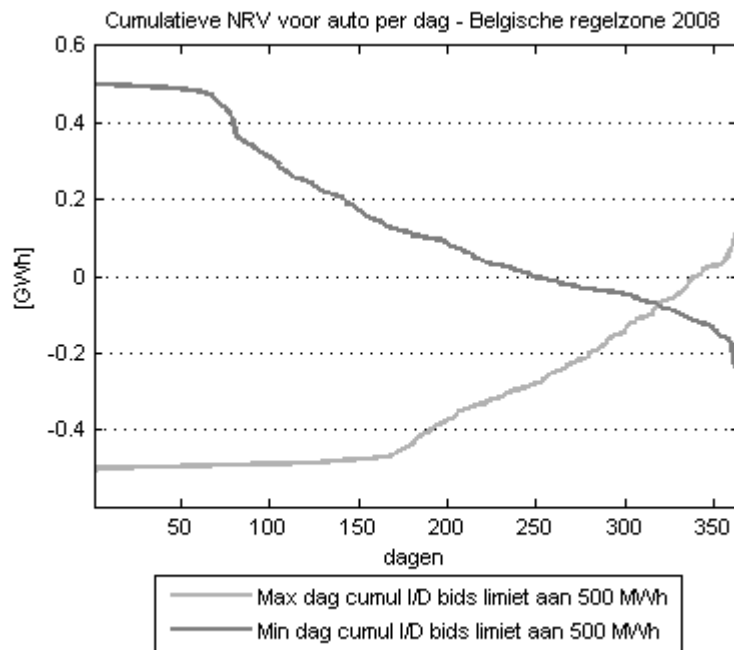
productie-eenheden die de producent ter beschikking moet stellen van Elia¹⁹. Elia berekent op D-1 de beschikbare hoeveelheid I/D-bids voor elk kwartier van dag D.

89. De I/D-bids kunnen dus gebruikt worden om de autobatterijen op te laden of te ontladen indien een zekere drempelwaarde wordt bereikt. Als drempelwaarde wordt 500 MWh voor 1 miljoen auto's beschouwd: als de één miljoen auto's samen 500 MWh geladen of ontladen hebben ten behoeve van de R2, worden de beschikbare I/D-bids geactiveerd. De oplaad-/ontlaadcapaciteit (in MW) is afhankelijk van de beschikbare I/D-bids.

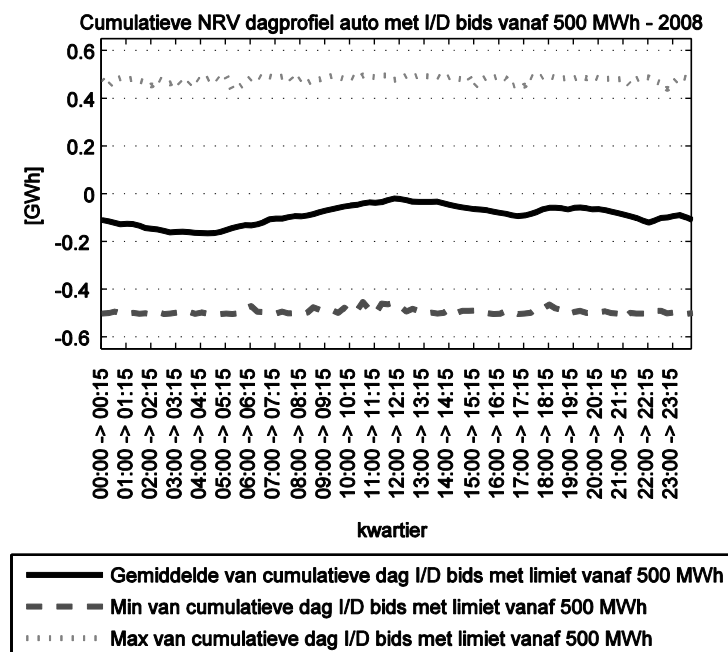
90. Er werd een eenvoudige algoritme ontwikkeld om te bepalen wanneer een I/D-bid geactiveerd moet worden: een I/D-bid wordt geactiveerd als de drempelwaarde van 500 MWh bereikt is. Dit I/D-bid blijft geactiveerd zolang de cumulatieve energiec capaciteit voor R2 onder of boven 200 MWh ligt; het geactiveerde I/D-bid levert tegelijkertijd ook de nodige R2. Door de toepassing van dit algoritme verandert de maximale dagelijkse cumulatieve opgeladen en ontladen energie die een elektrische auto zou moeten leveren. De nieuwe monotoon dalende curve voor 2008 wordt weergegeven in figuur 14. Als deze figuur vergeleken wordt met figuur 13, is het duidelijk dat de extremen verdwenen zijn, wat net de doelstelling was van de introductie van de I/D-bids. Dit betekent dat enkel 500 MWh opwaarts en neerwaarts moet behouden worden, dus in totaal 1 GWh. Voor elke elektrische auto betekent dit een reserve-energiecapaciteit van $1 \text{ GWh} / (1 \text{ miljoen auto's} * 0,85) = 1,18 \text{ kWh} / \text{auto}$. Dit is ongeveer 7,8 % van de bruikbare energiec capaciteit van de batterij van 15 kWh.

91. Figuur 15 geeft het dagprofiel weer van de maximale cumulatieve NRV wanneer de elektrische auto zou gebruikt zijn om R2 te leveren in combinatie met I/D-bids volgens het gehanteerde algoritme. De groene lijn ("Max. dagcumul i/d-bids limiet 500 MWh") geeft voor elk kwartier de maximale positieve cumulatieve NRV weer die de batterij levert in 2008. Zoals reeds werd gezegd, betekent een positieve NRV opregelen (een "short" systeem in evenwicht brengen) en bijgevolg de autobatterijen ontladen. De rode lijn ("Min. dagcumul i/d-bids limiet 500 MWh") toont voor elk kwartier de maximale negatieve cumulatieve NRV die de batterij in 2008 levert. Een negatieve NRV betekent afregelen (een "long" systeem in evenwicht brengen), en bijgevolg de autobatterijen opladen.

¹⁹ Dit is wettelijk verplicht.



Figuur 14 (bron: eigen berekeningen)



Figuur 15 (bron: eigen berekeningen)

92. Het feit dat de NRV 's nachts meestal negatief is, lijkt goed uit te komen. Een negatieve NRV betekent immers dat het systeem wordt afgeregeld en de autobatterijen dus worden opgeladen, net wanneer de autobatterijen waarschijnlijk reeds aan het opladen zijn om te rijden en voor arbitrage doeleinden, namelijk 's nachts. Deze reserve-energie die niemand wil (vooral 's nachts kan het moeilijk zijn om af te regelen omdat talrijke eenheden reeds op hun minimale kracht (P_{min}) werken), kan dus gemakkelijk worden gebruikt om de autobatterijen

op te laden. In de gehanteerde simulatie uit deel 3 lijkt dit echter minder eenvoudig dan verwacht: in deze simulatie wordt de dag voordien (D-1) beslist of de autobatterijen al dan niet worden opgeladen om te rijden en voor arbitrage doeleinden. Op D-1 wordt dus al een verbintenis aangegaan om deze energie te gebruiken op dag D. Indien deze autobatterijen worden gebruikt voor R2 en het systeem moet worden afgeregeld, moeten de autobatterijen gebruik maken van deze extra energieafregeling²⁰.

93. De onderstaande tabel geeft een overzicht van het aantal I/D-bids activeringen en de hiervoor vereiste energie. D-bids worden geactiveerd tijdens 786 kwartieren, dit is drie keer meer dan I-bids (231 kwartieren). In totaal worden I/D-bids geactiveerd gedurende 1.017 kwartieren, wat neerkomt op 2,9 % van de totale tijd (gemiddeld minder dan drie kwartier per dag). Dit betekent dat, in het kader van de plicht om R2 te leveren via elektrische auto's in combinatie met I/D-bids, het niet de I/D-bids blijken te zijn die bijna alle R2 leveren: I/D-bids zijn slechts eerder uitzonderlijk nodig.

MWh	MW	I-bids	D-bids
0-100	0-400	97	266
100-200	400-800	44	430
200-300	800-1200	71	87
300-400	1200-1600	19	3
	Totaal:	231	786

94. Meer dan de helft van de D-bid activeringen liggen tussen 100-200 MWh. Aangezien I/D-bids voor een periode van een kwartier worden geactiveerd²¹, moet het vermogen dat wordt geleverd door de I/D-bids vermenigvuldigd worden met 4. Hierdoor worden de meeste D-bid activeringen in het interval 400-800 MW ondergebracht. Voor de I-bid activeringen is de situatie veel minder duidelijk: het volume I-bid activeringen lijkt willekeuriger te zijn. Zelfs tussen 300-400 MWh zijn er nog 19 activeringen. Blijkbaar is er meestal genoeg I/D-bid capaciteit om de autobatterij in twee of drie kwartier op te laden of te ontladen.

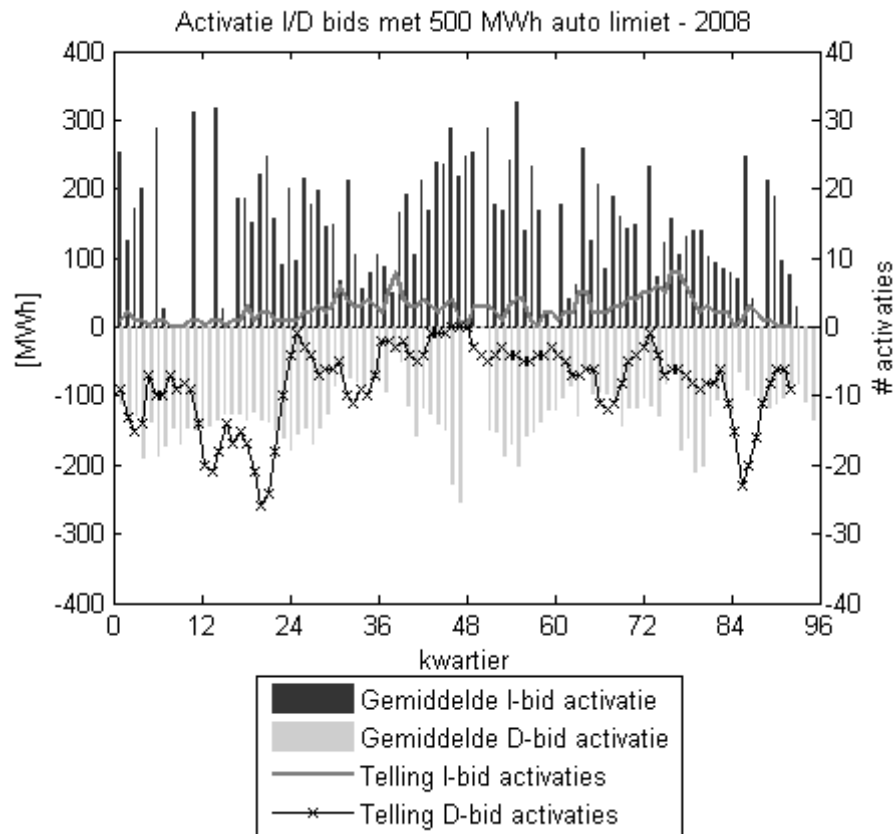
95. Figuur 16 geeft een beeld van het gemiddelde dagprofiel van het aantal I/D-bids activeringen en de hiervoor vereiste energie. De staafjes geven de gemiddelde geactiveerde energie weer tijdens het beschouwde kwartier en worden voorgesteld op de linkeras (voor D-bids wordt een negatieve schaal gebruik). De curves geven het aantal activeringen voor elk

²⁰ Het zou echter ook kunnen dat de introductie van de elektrische auto de productie 's nachts zou vergemakkelijken. Het energieverbruik door de introductie van de elektrische auto zou 's nachts immers stijgen waardoor er minder productie-eenheden zouden draaien op hun P_{min} en de afregeling 's nacht bijgevolg eenvoudiger kan worden. Bovendien is het mogelijk dat door de massale introductie van de elektrische auto de prijsvolatiliteit op de intra-day dusdanig gunstig beïnvloed dat deze markt belangrijker wordt, of dat er zelfs een markt in reële tijd wordt gecreëerd.

²¹ Er is in deze analyse geen rekening gehouden met de *ramping rate* (de traagheid van vermogensontwikkeling) van de productie-eenheden.

kwartier weer en worden voorgesteld op de rechteras (voor D-bids wordt een negatieve schaal gebruikt).

96. Zoals reeds kon worden afgeleid uit de bovenstaande tabel, is het aantal D-bids veel groter dan het aantal I-bids. Bovendien vinden een groot deel van de D-bid activeringen 's nachts plaats, terwijl dit zelden het geval is voor I-bids.



Figuur 16 (bron: eigen berekeningen)

97. Met de activering van de I/D-bids wordt de dagelijkse maximale cumulatieve energie-afregeling en –opregeling beperkt tot 500 MWh voor 1 miljoen auto's. Als er uitgegaan wordt van een aansluitingspercentage van 85 % en een ladings-/ontladingsefficiëntie van 90 %, betekent dit dat de volgende batterijcapaciteit moeten gereserveerd worden:

$$(0,9 + 1 / 0,9) 500 \text{ MWh} / (1 \text{ miljoen auto's} * 0,85) = 1,18 \text{ kWh} / \text{auto}$$

98. Bovendien bedraagt de maximale ontladen energie in één periode $0,5 \text{ kWh} / (0,9 * 0,85) = 0,65 \text{ kWh}$, wat iets hoger ligt dan 0,6 kWh, en volgens onze 3 %-drempelwaarde zal leiden tot veroudering van de autobatterij. We kunnen deze veroudering vermijden door de limiet voor de activering van een D-bid lager in te stellen. Dit zou betekenen dat er meer D-bids worden geactiveerd, maar gezien het kleine aantal activeringen met een limiet tot 500

MWh zal dit wellicht geen probleem zijn (De maximale opgeladen energie in één periode bedraagt $0,9 * 0,5 \text{ kWh} / 0,85 = 0,53 \text{ kWh}$, wat onder $0,6 \text{ kWh}$ ligt.).

4.4. Tertiaire reserve (R3)

99. De tertiaire reserve (R3) wordt gebruikt wanneer er een ingrijpende gebeurtenis plaatsvindt, gewoonlijk de onverwachte uitval van een grote productie-eenheid. R3 wordt enkel gebruikt voor opregeling; in deze simulatie moet R3 gedurende 8 uur 1.000 MW kunnen leveren. Dit betekent dat 1 miljoen auto's 8 GWh moeten kunnen leveren. Voor één auto bedraagt dit (rekening houdend met een efficiëntie van 90 %):

$$8 \text{ GWh} / (1 \text{ miljoen auto's} * 0,9) = 8,9 \text{ kWh}$$

100. Dit wil zeggen dat $8,9 / 15 = 59 \%$ van de bruikbare batterijcapaciteit moet gereserveerd worden. Dit zou betekenen dat er geen andere capaciteit overblijft voor R2 of voor arbitrage doeleinden. Zelfs een gemiddelde dagelijkse afstand van 41 km afleggen is nauwelijks mogelijk. De elektrische auto lijkt daardoor niet geschikt te zijn om steeds de volledige R3 te leveren.

101. In België contracteert de transmissienetbeheerder vooraf echter enkel een deel van de volledige 1.000 MW voor R3. Als de elektrische auto bijvoorbeeld 400 MW levert voor 8 uur, dan daalt de capaciteit die moet gereserveerd worden tot $0,4 * 8,9 \text{ kWh} = 3,56 \text{ kWh}$, wat veel realistischer is.

102. Zoals reeds behandeld in deel 3 kan veroudering van de batterij door het intensief opladen en ontladen een grote kost zijn. Rekening houdend hiermee zou de elektrische auto toch een deel van de R3 kunnen leveren, aangezien R3 enkel nodig is in een klein aantal gevallen per jaar (en bijna nooit voor de volledige 8 uren), waardoor de batterij nauwelijks veroudert.

103. Anderzijds zullen betrouwbare statistieken over de aansluitingspercentages van elektrische auto's erg belangrijk zijn, aangezien de beschikbaarheid van R3 van essentieel belang is om een black-out te vermijden.

104. Opmerking: de opdeling van de actieve reserves in R1, R2 en R3 is gebaseerd op de onderliggende technische karakteristieken van de productiemachines die deze reserves leveren. Deze opdeling is in deze oefening overgenomen, maar indien de elektrische auto daadwerkelijk (een groot deel van) deze reserves zal leveren, kan verwacht worden dat deze opdeling vervaagt.

DEEL V SAMENVATTING

105. Binnen de komende tien jaar lijkt een grootschalige introductie van de elektrische auto mogelijk. Met miljoenen elektrische auto's in een *vehicle-to-grid*-systeem, waarbij de auto kan opladen (energie onttrekken aan het systeem) en ontladen (energie leveren), zal het mogelijk worden gemaakt om op een kosteneffectieve wijze elektriciteit op te slaan in geschikte hoeveelheden. De CREG is ervan overtuigd dat dit het heersende paradigma van de elektriciteitsmarkt kan veranderen: bekende problemen van vandaag, zoals een lage prijselastische vraag, marktmacht, "missing money", het in evenwicht brengen van vraag en aanbod, en het integreren van intermitterende productie-eenheden, zouden gedeeltelijk of zelfs volledig kunnen worden opgelost.

106. In onderhavige studie is de mogelijke impact van een grootschalige introductie van de elektrische auto op het elektriciteitssysteem onderzocht op twee vlakken. Hiervoor werd aangenomen dat er één miljoen elektrische auto's aanwezig zijn binnen de Belgische regelzone. De analyse werd beperkt tot de elektrische auto op batterij, maar de bevindingen gelden ook voor de plug-in hybride elektrische auto.

107. Ten eerste, werd de impact van één miljoen elektrische auto's onderzocht op de spotprijzen in de Belgische regelzone, ervan uitgaande dat elektrische auto's hun energie zullen kopen en verkopen op de Belpex Day Ahead Market (DAM). Op het eerste gezicht zullen de prijzen stijgen als gevolg van het extra verbruik door de elektrische auto's. Door de reservecapaciteit van de autobatterijen te gebruiken, zou echter tegen lage prijzen "arbitrage-energie" kunnen gekocht worden en deze tegen hoge prijzen terug verkocht worden, wat zelfs kan leiden tot een algemene verlaging van de prijzen. Twee eenvoudige arbitragestrategieën werden onderzocht: de ene gebaseerd op *prijsveranderingen* en de andere op *prijsniveaus*. De eerste is bedoeld als strategie vanuit het standpunt van het algemeen belang: het verlagen van de spotprijzen (en de volatiliteit) zal een (indirecte) invloed hebben op de elektriciteitsfacturen van andere gebruikers, zelfs voor individuele gebruikers. De tweede strategie is er een die een individuele auto-eigenaar zou gebruiken, met eveneens potentiële prijsverlagende effecten op de spotprijs en de volatiliteit.

108. Aangezien beide strategieën de gemiddelde spotprijzen verlagen (met evenwel een ietwat gemengd resultaat) en dus compenseren voor de extra energie die nodig is voor rijdoeleinden, blijkt de arbitragestrategie gebaseerd op *prijsverandering* het prijsniveau sterker te verlagen dan de arbitragestrategie gebaseerd op *prijsniveaus*. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de prijsveranderingen voor 2007 en 2008 als gevolg van de twee strategieën.

Prijsverandering-arbitragestrategie	2007			2008		
	Referentie	Arbitrage	% versch.	Referentie	Arbitrage	% versch.
Prijsniveau	41,9	38,8	-7,6 %	70,6	68,3	-3,3 %
Prijsvolatiliteit (stdev)	54,6	34,0	-37,8 %	30,8	32,6	5,5 %

Prijsniveau-arbitragestrategie	2007			2008		
	Referentie	Arbitrage	% versch.	Referentie	Arbitrage	% versch.
Prijsniveau	41,9	40,9	-2,6 %	70,6	71,7	1,6 %
Prijsvolatiliteit (stdev)	54,6	34,0	-37,8 %	30,8	30,3	-1,7 %

109. Het blijkt echter dat het voordeel van de individuele auto-eigenaar als gevolg van arbitrage hoger is indien hij de arbitragestrategie kiest die gebaseerd is op het *prijsniveau*, dan wanneer hij de strategie zou kiezen die gebaseerd is op de *prijsverandering* (er zijn dus voor de auto-eigenaar opportuniteitskosten verbonden wanneer hij voor deze laatste strategie zou kiezen). De arbitragestrategie gebaseerd op *prijsverandering* heeft echter waarschijnlijk grotere positieve gevolgen voor andere elektriciteitsgebruikers (grotere positieve externaliteiten). Afhankelijk van de veronderstellingen kunnen deze positieve externe gevolgen groter zijn dan de opportuniteitskosten voor de individuele auto-eigenaar om de arbitragestrategie gebaseerd op *prijsverandering* te volgen. Als men wil dat de individuele auto-eigenaars deze strategie volgen, zullen de auto-eigenaars daarvoor moeten vergoed worden (internalisering van de externe gevolgen).

110. Het is belangrijk om enkele opmerkingen te vermelden met betrekking tot de strategiesimulaties. Ten eerste werd een simulatie van de spotprijsveranderingen op Belpex DAM uitgevoerd, gebaseerd op de marktresiliëntie die beschikbaar wordt gesteld door Belpex. Deze simulatie gebruikt een maximum van 500 MWh per uur extra energie die wordt verkocht of gekocht. Dit werd in onderhavige studie geëxtrapoleerd tot 2.000 MWh, wat misschien te ver afwijkt van het evenwicht om realistisch te kunnen zijn. Aan dit probleem kan echter gemakkelijk verholpen worden door zich te beperken tot 250.000 auto's, en de resultaten te delen door vier. Ten tweede is uitvoeriger onderzoek nodig naar de impact van lagere prijsniveaus en de volatiliteit ervan op de prijzen van de gebruiker. Er werd vanuit gegaan dat de prijsdaling en de daling van de prijsvolatiliteit relevant zouden zijn voor het totale verbruik in de Belgische regelzone (en zelfs grote positieve gevolgen zou hebben voor de twee buurlanden Frankrijk en Nederland). Dit is realistisch als aangenomen wordt dat de toekomstige prijzen gebaseerd zijn op verwachte spotprijzen en een risicopremie, waarbij de risicopremie wordt bepaald door de (verwachte) volatiliteit van de spotprijs. Aangezien de verwachte spotprijzen en de volatiliteit ervan beide op een structurele manier worden

beïnvloed door de elektrische auto, zou de elektrische auto ook een structurele invloed hebben op de prijzen op de langetermijnmarkt. Ten derde werd enkel het standpunt van de elektriciteitsverbruiker besproken. Voor de producent zijn er echter ook mogelijke voordelen (door een mogelijke efficiëntere productie en een lagere prijsvolatiliteit) en nadelen (door lagere prijzen). Ten vierde werd niet besproken welke impact de arbitragestrategie heeft op het productieprofiel in de Belgische regelzone. De verwachting is dat de kloof tussen de maximale en minimale productieniveaus kleiner zou worden, aangezien “arbitrage-energie” ’s nachts wordt gekocht en overdag wordt verkocht (waardoor de nood aan *baseload* en *semi-baseload* eenheden zou stijgen terwijl de nood aan piekeenheden zou dalen, wat het “*missing money*”-probleem zou verminderen). Het verkopen en aankopen van “arbitrage-energie” vertoont echter een complexer patroon in de uitgevoerde simulaties: het verkopen vindt ook ’s nachts plaats, terwijl het kopen ook overdag gebeurt. Dit zou de productiekloof tussen nacht en dag kunnen vergroten. Tot slot is er meer informatie nodig over de autobatterijkosten en de levenscyclus.

111. Indien de elektrische auto niet zou arbitreren op de Belpex DAM, maar enkel energie zou aankopen voor rijdoeleinden, zal de elektriciteitsprijs stijgen. Afhankelijk van de gevolgde aankoopstrategie stijgt de elektriciteitsprijs met ongeveer 0,4% (*prijsverandering*) of met ongeveer 2,5% (*prijsniveau*).

112. Het tweede aspect dat bestudeerd werd, is de elektrische auto als evenwichtsinstrument, waarbij het in evenwicht brengen van actieve energie in de Belgische regelzone met behulp van één miljoen elektrische auto's werd geanalyseerd. Uit de resultaten blijkt dat één miljoen elektrische auto's gemakkelijk zouden kunnen worden gebruikt voor het leveren van de primaire reserve, zonder veroudering van de batterij, noch reservering van enige batterijcapaciteit. De elektrische auto zou ook kunnen worden gebruikt om secundaire reserves te leveren. Dit zou leiden tot een beperkte veroudering van de autobatterij en een reservering van ongeveer 8 % van de bruikbare batterijcapaciteit. Dit resultaat is enkel mogelijk als *incremental* en *decremental bids*²² (I/D-bids) kunnen gebruikt worden om het gebruik van de elektrische auto te ondersteunen. In de uitgevoerde simulatie werd in 3% van de gevallen gebruik gemaakt van I/D-bids. Wat de tertiaire reserve betreft, zou de elektrische auto wellicht niet alle nodige energie kunnen leveren. Gezien het feit dat de Belgische transmissienetbeheerder vooraf enkel contracten afsluiten voor een deel van de nodige tertiaire reserve, zouden de elektrische auto's echter een rol kunnen spelen.

²² I/D-bids is beschikbare capaciteit op een werkende eenheid. Overeenkomstig de Belgische wetgeving moet een producent deze capaciteit ter beschikking stellen van de TSO's als evenwichtsinstrument voor het elektriciteitssysteem.

113. Een belangrijk voorbehoud is het feit dat de systeemveiligheid afhankelijk gemaakt zal worden van het gedrag van de individuele auto-eigenaar. Daarvoor zal het nodig zijn dat transmissienetbeheerders het rijgedrag van bestuurders van elektrische auto's kunnen voorspellen. Zij zullen het aantal kilometers moeten voorspellen die auto's in de toekomst zullen afleggen (en dit voor verschillende tijdshorizonten), maar ook op welk tijdstip van de dag zij dit zullen doen. Bovendien moeten zij er zeker van zijn dat de auto op het netwerk wordt aangesloten als de auto niet rijdt. Een tweede belangrijk voorbehoud is levenscyclus van de batterij. Er werd vanuit gegaan dat er geen veroudering van de autobatterij optreedt als de oplaad + ontladcyclus minder dan 3 % van de nominale batterijcapaciteit bedraagt. Deze drempelwaarde is echter in zekere mate willekeurig gekozen en er is meer informatie nodig over de batterijkarakteristieken met betrekking tot kleine en grote oplaad + onlaadcycli.

114. Andere belangrijke aspecten die niet behandeld zijn, zijn de impact op de marktmacht van dominante spelers, de integratie van grote intermitterende productie-eenheden (zoals windenergie), de impact op beleggingsbeslissingen in elektriciteitstransport, distributie en opwekking (bv. het "missing money" probleem met betrekking tot piekeenheden) en de mitigering congestieproblemen in het netwerk met behulp. Deze gevolgen zijn niet expliciet in onderhavige studie besproken, maar de positieve resultaten in verband met de spotprijs en de reserves, die wel in deze studie gekwantificeerd zijn, vormen een goede indicatie dat de massale introductie van de elektrische auto in een *vehicle-to-grid*-systeem ook op dit vlak een belangrijke positieve impact kan hebben.

BESLUIT

115. Een grootschalige introductie van de elektrische auto binnen de komende tien jaar lijkt mogelijk. Men zou verwachten dat hierdoor de elektriciteitsprijs sterk zal stijgen. Dat hoeft echter niet het geval te zijn. Integendeel, uit de bovenstaande simulatie blijkt dat de elektriciteitsprijs op de groothandelsmarkt zou kunnen dalen in vergelijking met een scenario zonder elektrische auto. De autobatterij zal immers overgedimensioneerd zijn voor de afstand die een auto gemiddeld aflegt per dag, waardoor een deel van de batterij niet gebruikt wordt. Deze niet-gebruikte capaciteit kan dan aangewend worden om te arbitreran op de groothandelsmarkt, namelijk het kopen van elektrische energie tegen lage prijs (meestal 's nachts), deze energie tijdelijk opslaan in de autobatterij om deze vervolgens te verkopen tegen een hogere prijs (tijdens de piekuren rond de middag of 's avonds).

116. In onderhavige studie wordt nagegaan wat de elektriciteitsprijs in 2007 en 2008 op de Belgische groothandelsmarkt Belpex DAM zou geweest zijn indien er één miljoen elektrische auto's in de Belgische regelzone zouden arbitreran op deze markt. Uit deze simulatie blijkt dat, afhankelijk van de gevolgde arbitragestrategie, het prijsniveau en/of de prijsvolatiliteit *daalt* ten gevolge van een grootschalige introductie van de elektrische auto indien een deel van de batterijcapaciteit wordt gebruikt om te arbitreran op de groothandelsmarkt, en dit dus ondanks de extra elektriciteitsvraag die de elektrische auto's genereren om in hun rijbehoefte te kunnen voorzien. Meer verfijnde arbitrage-algoritmes leiden ongetwijfeld tot betere resultaten.

117. De gunstige effecten op de elektriciteitsprijs kunnen pas in praktijk gebracht worden, indien er twee belangrijke voorwaarden vervuld zijn. Ten eerste is er een uitgebreid netwerk van slimme oplaadpunten nodig in de Belgische regelzone waarmee elke niet-rijdende elektrische auto aangesloten is met het elektriciteitsnetwerk, en waarbij de auto zowel kan laden (energie onttrekken aan het systeem) als ontladen (energie leveren), het zogenaamde *vehicle-to-grid*-systeem. Tevens moet er op de Belpex DAM een bepaald type bieding mogelijk zijn, namelijk 'energie-biedingen', waarbij de marktspele kan bepalen om een bepaald volume energie te kopen of te verkopen tegen de laagste of hoogste prijs(verandering) van de volgende dag. Beide voorwaarden, die noodzakelijk zijn, zijn momenteel nog niet vervuld, maar zijn technisch mogelijk.

118. Een eerste mogelijke hinderpaal voor de gunstige effecten op de elektriciteitsprijs is evenwel de veroudering van de autobatterij. Door te arbitreran op de elektriciteitsmarkt wordt de batterij veel intensiever gebruikt waardoor ze ook sneller kan verouderen. In welke mate deze slijtage significant is, hangt in grote mate af van de toekomstige technologische

ontwikkelingen op het gebied van de autobatterij. Dit is een belangrijke factor van onzekerheid.

119. Indien de elektrische auto niet zou arbitrerend op de Belpex DAM, maar enkel energie zou aankopen voor rijdoeleinden, zal de elektriciteitsprijs stijgen. Afhankelijk van de gevolgde aankoopstrategie stijgt de elektriciteitsprijs met ongeveer 0,4% (*prijsverandering*) of met ongeveer 2,5% (*prijsniveau*).

120. Een tweede mogelijke hinderpaal is het gebrek aan informatie over het gedrag en de preferenties van de eigenaars van elektrische auto's. Tot nu toe is onderzoek en ontwikkeling op het vlak van de elektrische auto immers bijna uitsluitend gericht op het technische en economische vlak. Daardoor blijft één van de belangrijkste actoren, namelijk de autogebruiker, vaak buiten beeld. Het gebrek aan kennis hierover is een belangrijke factor van onzekerheid.

121. In onderhavige studie is ook onderzocht of de elektrische auto in een *vehicle-to-grid*-systeem kan gebruikt worden als een instrument om vraag en aanbod in het elektriciteitssysteem aan elkaar gelijk te houden. Hierbij zijn drie soorten reserves beschouwd: primaire, secundaire en tertiaire reserves. Op basis van de uitgevoerde analyse blijkt dat de elektrische auto een belangrijke bijdrage kan leveren aan al deze reserves. Wat betreft primaire en secundaire reserves zou dit zelfs volledig voorzien kunnen worden door de elektrische auto.

122. Dat zou betekenen dat intermitterende energiebronnen, zoals wind en zon, door de grootschalige aanwezigheid van de elektrische auto gemakkelijker geïntegreerd kunnen worden in het elektriciteitssysteem, zonder dat daarbij de systeemveiligheid vermindert. Een ander positief aspect van de elektrische auto is het verminderen van de volatiliteit op dagbasis van het elektriciteitsverbruik waardoor het productiepark meer in baseload en semi-baseload zal kunnen produceren, wat efficiënter is en waardoor er met minder nood is aan piekeenheden, die meestal zeer vervuilend, duur en inefficiënt zijn. Ook zijn er positieve gevolgen mogelijk op het vlak van de marktmacht van dominante spelers, omdat de elektriciteitsvraag op korte termijn prijselastischer wordt. Ten slotte kunnen congestieproblemen in het netwerk met behulp van de elektrische auto gemitigeerd worden. Deze gevolgen zijn niet expliciet in onderhavige studie besproken, maar de positieve resultaten in verband met de spotprijs en de reserves, die wel in deze studie gekwantificeerd zijn, vormen een goede indicatie dat de massale introductie van de elektrische auto in een *vehicle-to-grid*-systeem ook op de andere genoemde vlakken een belangrijke positieve impact kan hebben.

123. Met andere woorden, indien de elektrische auto massaal geïntroduceerd zou worden in een *vehicle-to-grid*-systeem dan kan het elektriciteitssysteem haar specifieke, nadelige karakter verliezen, namelijk dat elektriciteit niet kan worden opgeslagen. Hierdoor zal het elektriciteitssysteem een paradigmawissel ondergaan, met als gevolg dat elektriciteit efficiënter, goedkoper en milieuvriendelijker geproduceerd kan worden in vergelijking met een scenario zonder elektrische auto.

~~~~~

Voor de Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas:



Dominique WOITRIN  
Directeur



François POSSEMIERS  
Voorzitter van het Directiecomité