

Een duurzame energie- voorziening voor België

Visietekst werkgroep Metaforum,
voorgesteld op het symposium van 14 januari 2020

Samenstelling werkgroep:

Coördinator: Stef Proost, economie

Tine Baelmans, thermisch en stromingstechnisch ontwerp van
energieconversiemachines

Kenneth Bruninx, energiesysteem-modellering en energiemarkten

Erik Delarue, energiesysteem-modellering en energiemarkten

Johan Driesen, gedecentraliseerde elektrische systemen

Johan Meyers, windenergie

Koenraad Muylaert, biologie

Manuel Sintubin, geologie

Antoon Vandevelde, filosofie

Karel Van Acker, circulaire economie

Dirk Van Hertem, elektrische transmissienetten

Metaforum KU Leuven

www.kuleuven.be/metaforum



METAFORUM-VISIETEKSTEN

Metaforum, de interdisciplinaire denktank van de KU Leuven, wil de deelname van de universiteit aan het maatschappelijk debat versterken door multidisciplinaire werkgroepen te ondersteunen. Onderzoekers vanuit verschillende disciplines brengen hun wetenschappelijke expertise samen en denken na over relevante maatschappelijke problemen. In het voorbije decennium heeft Metaforum drie soorten teksten gepubliceerd: visieteksten, reflecties over de identiteit van de universiteit en boeken. De volgende visieteksten zijn beschikbaar op onze website:

1. Het toenemend gebruik van psychofarmaca (2010)
2. Biodiversiteit: basisproduct of luxegoed? (2010)
3. Socio-economische verschillen in overgewicht (2010)
4. Personenmobiliteit in Vlaanderen (2011)
5. Behoud en beheer van bossen voor duurzame ontwikkeling: waar wetenschap en beleid elkaar ontmoeten (2011)
6. Totale genoomanalyse bij de mens (2011)
7. Hervormingen in het secundair onderwijs (2012)
8. Naar een nieuwe gemeenschappelijkheid voor Brussel (2012)
9. Studium generale: voorstel voor een interdisciplinair bachelorvak (2013)
10. Publieke middelen voor de kunstensector: waarom investeren in kunstproductie de moeite loont (2013)
11. Euthanasie en menselijke kwetsbaarheid (2013)
12. Ggo's in onze voedselproductie: bijdrage tot een genuanceerd debat (2013)
13. Gezondheid en gezondheidszorg: iedereen expert? (2015)
14. Voedselproductie en voedselzekerheid: de onvolmaakte waarheid (2015)
15. Circulaire economie (2016)
16. Tijd voor een nieuw Belgisch cannabisbeleid? Evaluaties, opties en aanbevelingen (2018)
17. De *mobile health*-revolutie in de gezondheidszorg: zijn we er klaar voor? (2019)

METAFORUM-BIJDRAGEN TOT HET INTERN DEBAT

Wanneer de universiteit wil bijdragen tot het maatschappelijk debat, moet ze ook zelf haar eigen verantwoordelijkheid opnemen. Daarom ondersteunt Metaforum ook werkgroepen die reflecteren over de eigen identiteit en de eigen actiemogelijkheden van de KU Leuven. De volgende bijdragen tot het intern debat zijn beschikbaar op onze website:

1. Universiteit, kerk en samenleving (2010)
2. KU Leuven klimaatneutraal 2030 (2013)

METAFORUM-BOEKEN

Een aantal visieteksten en bijdragen tot het intern debat hebben geleid tot boeken voor een breed publiek. Ook hebben speciale gelegenheden zoals stadsfestivals bijkomende boeken geïnspireerd. In al deze boeken werken onderzoekers een wetenschappelijke en interdisciplinaire visie uit over maatschappelijke uitdagingen. Ze leggen deze kwesties uit op een toegankelijke manier en brengen zo nuance aan in vaak gepolariseerde publieke debatten.

In het Nederlands:

1. *Wat met de verkeersknoop?* Leuven: LannooCampus, 2013
 2. *Wat met genetica?* Leuven: LannooCampus, 2013
 3. *Wat met psyche en pillen?* Leuven: LannooCampus, 2014
 4. *Wat met Brussel?* Leuven: LannooCampus, 2014
 5. *Wat met kunst en geld?* Leuven: LannooCampus, 2014
 6. *Wat met ggo's?* Leuven: LannooCampus, 2014
 7. *Wat met de mondige patiënt?* Leuven: LannooCampus, 2016
 8. *Wat met ons voedsel?* Leuven: LannooCampus, 2017
 9. *Wat met recyclage?* Leuven: LannooCampus, 2017
-
10. *Hoe word ik Einstein of Da Vinci? Een inleiding tot wetenschappen vandaag voor de homo universalis van morgen*, Leuven: LannooCampus, 2015
 11. *Lutopia, stad van de toekomst*, Antwerpen: Polis, 2016
 12. *De cannabiskwestie*, Oud-Turnhout: Gompel&Svacina, 2018
 13. *Voor sociale vooruitgang: Professoren op de barricade*, Leuven: LannooCampus, 2019

In het Engels:

1. *'A Truly Golden Handbook': The Scholarly Quest for Utopia*, Leuven: Leuven University Press, 2016
2. *A European Social Union after the Crisis*, Cambridge: Cambridge UP, 2017

Proost S., Baelmans T., Bruninx K., Delarue E., Driesen J., Meyers J., Muylaert K., Sintubin M., Vandevelde A., Van Acker K., Van Hertem D. (2020). 'Een duurzame energievoorziening voor België'. *Metaforum visietekst 18*, 1-91. Leuven: Werkgroep Metaforum.

D/2020/14.403/3 – ISBN 9789082807028

INHOUDSOPGAVE

Metaforum	2
Dankwoord	6
Beleidsamenvatting	7
België, Vlaanderen en Europa	7
Een belangrijke rol voor milieubewustwording en kanalisering naar beleid	7
Van het Europese beleidskader wordt onvoldoende gebruik gemaakt	8
Het Europese emissieplafond voor CO ₂ is het belangrijkste instrument van het Europese klimaatbeleid	8
Waarom het Europese emissieplafond cruciaal is.....	8
Het Europese emissieplafond en de rol van de lidstaten	9
Hernieuwbare energie en energie-efficiëntie: middelen om klimaatdoelstellingen te bereiken, geen doelstellingen op zich	10
De cruciale rol van technologieontwikkeling op lange termijn	10
De belangrijkste energiebevoorradingsproblemen zijn verschoven van de internationale olie- en aardgasbevoorrading naar de elektriciteitsbevoorrading	11
Moeten we ons zorgen maken over elektriciteitsbevoorrading in België?	11
Hoe moeten we in de toekomst elektriciteit produceren?	12
Moeten we verder met kernenergie?.....	12
Moeten we de hernieuwbare energieproductie in België sterk uitbouwen?.....	13
De onzekere rol van koolstofvrije brandstoffen	13
Energiegebruik door de industrie	14
België is verantwoordelijk voor emissievermindering in transport, gebouwen en kleine industrie ...	14
Hoe kunnen we de CO ₂ -uitstoot van auto's het beste verminderen?	14
Hoe kunnen we de CO ₂ -uitstoot van het vrachtvervoer verminderen?	15
Moeten we het vliegtuiggebruik beperken omwille van het klimaat?	16
Emissieverminderingen in de gebouwensector: moeizaam wegens verstoorde energieprijzen	16
Wat kan de milieubewuste consument en burger doen?	17
1. Inleiding	19
Verschillende vakgebieden rond energievoorziening aan de tafel.....	19
Een ruime doelstelling voor het energiebeleid.....	19
Belang van een langetermijnperspectief en van technologieontwikkeling.....	20
De ondersteuning van nieuwe energietechnologieën.....	21
De factor 'klimaat' in het energiebeleid	22
Werkwijze	22
2. Uitdagingen voor de energievoorziening	23
A. Energiebevoorradingszekerheid	23
B. Klimaat kent geen grenzen	25
C. Zal ons energiebeleid betaalbaar zijn?	27

3.	Het huidige energiebeleid	28
	A. Europees beleid	28
	Hernieuwbare energie en energie-efficiëntie: middelen om klimaatdoelstellingen te bereiken, geen doelstellingen op zich	28
	De twee belangrijkste EU-beleidsinstrumenten: verhandelbare emissierechten en efficiëntiestandaarden.....	29
	Eerste EU-beleidsinstrument: verhandelbare emissierechten (EU-ETS)	29
	Tweede EU-beleidsinstrument: efficiëntiestandaarden	35
	B. Belgisch en Vlaams beleid in een Europees kader.....	35
	Wordt de kostprijs voor CO ₂ correct verrekend in de energieprijzen?	38
	Nationale doelstellingen voor de niet-EU-ETS-sectoren.....	39
	Hoe doen België en Vlaanderen het?	40
4.	Alternatieve energieroutes voor de toekomst	44
	A. Industrie (EU-ETS-sector).....	44
	Nood aan radicale innovaties in de staal-, cement- en chemiesector.....	45
	De rol van een circulaire economie	46
	B. Transport (niet-EU-ETS-sector).....	46
	Leiden een andere ruimtelijke ordening en een verschuiving van wegvervoer naar andere verkeersmodi (trein, binnenvaart) tot minder broeikasgasemissies?	46
	Wat te verwachten van zuinigere voertuigen en elektrische voertuigen?.....	47
	Is het zinvol om de penetratie van elektrische voertuigen te versnellen?.....	49
	Kunnen we een grote elektrificatie van het autopark aan?	50
	Wat is de taak van de overheid in de transitie naar elektrische voertuigen?	50
	Wat zijn goede oplossingen voor de CO ₂ -uitstoot van het vliegverkeer?	50
	Kunnen we de CO ₂ -uitstoot van het vrachtvervoer beperken?.....	51
	C. Gebouwen (niet-EU-ETS-sector).....	51
	Wat zijn kosteneffectieve oplossingen voor woningen, appartementen en andere gebouwen in stedelijk gebied?.....	51
	Wat zijn kosteneffectieve oplossingen voor meer afgelegen woningen?	52
	Wat te verwachten van het huidige beleid?.....	53
	Waarom is de terugverdientijd voor renovaties en klimaatneutrale nieuwbouw nog zo hoog?	53
	D. Hoeveel elektriciteit is er nodig in eigen land en hoe betrouwbaar moet die zijn?.....	54
	Is er voldoende investering in productiecapaciteit?.....	55
	Moet België zijn elektriciteitsbehoeften zelf dekken?	55
	Is de elektriciteitsvoorziening voldoende betrouwbaar in België?.....	56
	E. Hernieuwbare elektriciteitsproductie.....	56
	Welke technologische vooruitgang is er nodig voor zonne- en windenergie?.....	57
	Waar wordt hernieuwbare energie het beste geplaatst?	58
	Welke mix van zonne- en windenergie is het beste?	59
	F. De rol van alternatieve brandstoffen: waterstof en biobrandstoffen	60
	Wat zal de rol zijn van biobrandstoffen?	61
	G. Kernenergie verlengen en nieuwe kerncentrales.....	62
	Is een kernuitstap in 2025 zoals voorzien in de wet mogelijk? Brengt dit onze klimaatdoelstellingen in gevaar?	63
	Is een levensduurverlenging van kerncentrales interessant?	63
	Is er een rol voor nieuwe kerncentrales en welke dan?	64

Bijlage: achtergrondnota's.....	66
A. Het Europese <i>Emission Trading System</i> (EU-ETS)	66
Basisprincipes	66
Een korte geschiedenis	67
De huidige situatie	67
Het correctiemechanisme in het EU-ETS: de marktstabiliteitsreserve	69
De impact op de cumulatieve emissies toegelaten onder het EU-ETS	70
De effectiviteit van overlappende maatregelen	71
Conclusie.....	75
B. Kernenergie	76
Kernuitstap in 2025.....	77
Levensduurverlenging.....	79
Nieuwe kerncentrales.....	80
C. Energie en klimaat in de transportsector	82
Belang van de transportsector in België en verwachtingen	83
Transport: trends	83
Verschillende opties voor minder CO ₂ -uitstoot in het binnenlands verkeer in België	84
CO ₂ -uitstootvermindering: opties voor middellange en lange afstanden in het vervoer	89
Naar minder CO ₂ -emissies in het vrachtvervoer	90

DANKWOORD

De leden van de werkgroep bedanken Marten Ovaere, Ellen Fobé en Trui Steen voor hun deelname aan de werkgroep en Karen Allacker, Lieve Helsen, Jan Rongé, Dirk Saelens en Nathal Severijns voor hun inhoudelijke input.

Een eerste versie van deze tekst werd besproken met Ronnie Belmans, Annemie Bollen, Bram Claeys, Bérénice Crabs, Jos Delbeke, Danielle Devogelaer, Kristof De Vos, Marc Dillen, Isabel François, Sara Ochelen, Guido Pepermans, Andreas Tirez, William Todts, Thierry Van Craenenbroeck, Kurt Van Dender, Frank Vandermarliere, Peter Van Humbeek, Vincent Van Steenberghe en Pieter Vingerhoets. Wij danken hen hartelijk voor de vele nuttige opmerkingen die de tekst substantieel hebben verbeterd, maar zij zijn natuurlijk op geen enkele wijze mee verantwoordelijk voor deze aangepaste versie.

BELEIDSSAMENVATTING

De centrale vraagstelling van deze visietekst is: wat kan een energie- en klimaatbeleid voor België zijn dat goed is over de lange termijn? Samengevat is ons antwoord op deze vraag dat drie dingen nodig zullen zijn om te slagen: internationale onderhandelingen en samenwerking, technologische vooruitgang, en een slim beleid dat tegelijk een ambitieus energie- en klimaatbeleid voert, maar de kosten ervan beperkt kan houden. Een ambitieus energie- en klimaatbeleid zal kosteneffectief zijn of niet zijn in een context waarin de verschillende werelddelen op verschillende snelheden opereren.

Deze visietekst is geen uitgewerkte blauwdruk voor een energie- en klimaatbeleid, maar brengt inzichten van een groep academici binnen de KU Leuven samen rond het energie- en klimaatvraagstuk. Hij is geschreven vanuit een multidisciplinair perspectief, waarbij, voor onderlinge afwegingen en voor zover relevant, een kosteneffectiviteitsbenadering wordt gehanteerd.

BELGIË, VLAANDEREN EN EUROPA

De Belgische en Vlaamse beleidsruimtes zijn grotendeels vastgelegd op Europees niveau. Dit heeft twee grote voordelen. Het laat toe dat Europa een voortrekkersrol opneemt inzake het energie- en klimaatbeleid in de wereld en het biedt ook kansen om de kosten van dit voortrekkersbeleid te drukken. Wanneer immers alle EU-landen elk hun eigen klimaatdoelstellingen bepalen, loopt men het risico dat enkele lidstaten veel moeite doen, maar dat andere landen de competitieve positie van hun eigen land gaan verbeteren door weinig te doen. Vroeg of laat komt dan de Europese marktwerking in gevaar. Een Europees kader biedt bovendien ook de mogelijkheid om op een faire manier de CO₂-emissies te verminderen in lidstaten waar dit het goedkoopste is. We mogen er in België echter niet zomaar van uitgaan dat Europa alles zal beslissen. België is een volwaardig lid van de Europese Unie, maar heeft er alle belang bij om zelf en met kennis van zaken goed na te denken over de invulling van het Europese energie- en klimaatbeleid en om positie in te nemen.

EEN BELANGRIJKE ROL VOOR MILIEUBEWUSTWORDING EN KANALISERING NAAR BELEID

Overheden worden uitgedaagd door de populaire klimaatmarsen, die hun nut voor bewustmaking bewijzen, maar ook tonen dat men snel in symboliek en polarisering kan vervallen. De milieubekommernis van de bevolking is cruciaal voor ambitieuze doelstellingen, maar is moeilijk te kanaliseren in het huidige beleid. Er wordt veelvuldig gecommuniceerd over de milieu- en klimaatproblematiek, maar er is weinig coherente informatie beschikbaar over wat het beleid kan doen, hoeveel effect een concrete aanpak heeft, hoeveel die kost en waarom het een goede optie zou zijn of net niet. Het belang benadrukken van een kosteneffectief en innovatief beleid, zoals in deze visietekst gebeurt, zal precies toelaten om meer te doen voor het milieu. Het kan ook helpen om het maatschappelijk draagvlak voor het gevoerde beleid te verhogen. Hier is een belangrijke rol weggelegd voor de beleidsvoorbereiding met technische en economische berekeningen, voor het maatschappelijk debat en voor de vertaling ervan voor en door beleidsvoerders.

VAN HET EUROPESE BELEIDSKADER WORDT ONVOLDOENDE GEBRUIK GEMAAKT

Het Europese beleidskader biedt nu al veel mogelijkheden om kosteneffectief energie- en klimaatdoelstellingen te bereiken. De mogelijkheden die het Europese beleid biedt, zijn nog onvoldoende bekend bij het Belgische en Vlaamse beleid en worden nog onvoldoende benut, met meerkosten voor het energie- en klimaatbeleid tot gevolg. Twee belangrijke Europese instrumenten leiden tot een sterke vermindering van de kosten van het energie- en klimaatbeleid: het Europese emissieplafond voor CO₂ (EU-ETS) en de Europese elektriciteits- en gasmarkt. Twee andere maatregelen die Europa oplegt aan de lidstaten, de verhoging van het aandeel hernieuwbare energie en de verbetering van de energie-efficiëntie, zijn geen doelstellingen op zich, maar eerder middelen om de klimaatdoelstellingen te bereiken.

HET EUROPESE EMISSIEPLAFOND VOOR CO₂ IS HET BELANGRIJKSTE INSTRUMENT VAN HET EUROPESE KLIMAATBELEID

Europa heeft sinds 2005 een plafond gelegd op een deel van de uitstoot van CO₂, het belangrijkste broeikasgas dat vrijkomt bij fossiel energiegebruik, en op de uitstoot van een aantal andere broeikasgassen. De totale toegelaten CO₂-uitstoot daalt elk jaar en zal in 2050 naar zo goed als nul evolueren. Dit betreft de CO₂-uitstoot van drie sectoren: de elektriciteitsproductie, de industrie en de Europese luchtvaart (sinds 2012). Dit mechanisme werkt zoals communicerende vaten: als er één centrale of fabriek meer CO₂ uitstoot, moeten de andere uitstoters dat compenseren en vice versa. De financiële compensatie om meer of minder uit te stoten gebeurt met de aankoop en verkoop van emissierechten. Ten gevolge van dit mechanisme was de totale CO₂-uitstoot in de voorgenoemde drie sectoren in 2018 29% lager dan in 2005. De emissierechten worden deels geveild en deels uitgedeeld aan partijen die in het verleden CO₂ uitstootten.

Er bestaat een markt van emissierechten en een Europese prijs voor emissierechten. Omdat alle uitstoters beperkt worden in hun CO₂-uitstoot door het aantal beschikbare emissierechten zullen diegenen die gemakkelijk hun uitstoot kunnen terugdringen een deel van hun rechten verkopen aan wie het lastiger heeft om onder het emissieplafond te blijven. Dit heeft als resultaat dat de kostprijs om een additionele ton CO₂-uitstoot te verminderen overal in de EU dezelfde zal zijn in de drie betrokken sectoren. Het plafondmechanisme is nu nog beperkt tot de drie genoemde sectoren (ongeveer de helft van de totale CO₂-uitstoot in de EU), maar ook gebouwen (warmtepompen) en wegtransport (elektrische auto's) schuiven dankzij elektrificatie steeds meer onder het Europese emissieplafond. In de recente discussies rond de Europese Green Deal wordt expliciet de mogelijkheid geopperd om het EU-ETS uit te breiden naar de emissies van gebouwen en transport, ook wanneer ze niet geëlektrificeerd worden.

WAAROM HET EUROPESE EMISSIEPLAFOND CRUCIAAL IS

Het EU-ETS zorgt ervoor dat er in Europa effectief actie wordt ondernomen en dat alle EU-ETS-sectoren inspanningen doen. Zelfs de EU-luchtvaart (die in andere landen aan klimaatinspanningen ontsnapt) moet nu terecht haar deel bijdragen. Bovendien worden deze inspanningen kosteneffectief verdeeld, doordat hetzelfde prijssignaal geldt voor alle uitstoters in Europa. Elke uitstoter moet kiezen hoeveel CO₂ hij uitstoot. Zijn referentie daarbij is de prijs van een emissierecht (nu rond de 25 EUR/ton

CO₂). Ook wie in het verleden gratis emissierechten gekregen heeft, staat nu voor de keuze om een deel van zijn emissierechten te verkopen of ze zelf in te zetten, zodat er ook voor hem een soort heffing op de CO₂-uitstoot is. We vermijden door het EU-ETS dus precies het vrijbuitersgedrag dat zou ontstaan wanneer EU-landen of sectoren zelf de klimaatinspanningen gaan bepalen. Op deze manier kan er niemand aan de verplichting ontsnappen. Bovendien gebeurt de verdeling op een kosteneffectieve manier: de grootste uitstoters (steenkoolcentrales, vliegverkeer) moeten door hun hogere CO₂-uitstoot meer emissierechten kopen wanneer ze meer willen produceren, en de prijs van die emissierechten blijft oplopen in de tijd. In die zin heeft het EU-ETS hetzelfde effect als een koolstofbelasting, een mechanisme waarvan bekend is dat het een goede aansporing vormt om de CO₂-uitstoot te verminderen en de technologie te verbeteren. Het Europese emissieplafond heeft dus toegelaten om de facto een prijs te plakken op de CO₂-uitstoot. Dit was vrijwel onmogelijk geweest met een koolstofbelasting, omdat het invoeren van een belasting in de EU unanimititeit van de lidstaten vereist.

HET EUROPESE EMISSIEPLAFOND EN DE ROL VAN DE LIDSTATEN

We vergeten snel het allesomvattende karakter van het Europese emissieplafond. Het zorgt voor een klimaatbeleid tegen de laagste kost, maar impliceert ook dat unilaterale initiatieven van lidstaten om emissies extra te gaan verminderen in de elektriciteitssector, in de industrie of in de Europese luchtvaart, zich niet een-op-een vertalen in een daling van de totale CO₂-uitstoot in de EU. Door het complexe correctiemechanisme dat momenteel van kracht is (de zogenaamde MSR of *market stability reserve* – zie de hoofdtekst en bijlage A over het EU-ETS), kunnen unilaterale beleidsmaatregelen wel beperkte emissiereducties op EU-niveau meebrengen, maar hun effect is typisch zeer moeilijk te voorspellen. In sommige gevallen kan het netto-effect zelfs pervers zijn, waardoor emissiereducties in België leiden tot een stijging van de cumulatieve emissies in Europa. Op de langere termijn, wanneer we naar alle waarschijnlijkheid terugkeren naar een simpel emissieplafond zonder correctiemechanisme, hebben unilaterale beleidsmaatregelen in de drie EU-ETS-sectoren geen impact op de totale CO₂-uitstoot. De vrijgekomen ruimte onder het EU-ETS-emissieplafond wordt dan immers door een andere uitstoter in een andere lidstaat opgenomen, zoals bij communicerende vaten.

België en Vlaanderen hebben dus op geen enkele manier de totale CO₂-uitstoot in die drie sectoren onder controle, maar we zijn ons daarvan onvoldoende bewust. Er is veel bereidheid bij burgers en bij sommige lidstaten om extra inspanningen te doen voor het klimaat. Deze milieubekommernis is essentieel voor het klimaatbeleid, maar moet worden gekanaliseerd in drie richtingen. Ten eerste kan elke lidstaat de emissiereductie uitbreiden tot de niet-EU-ETS-sectoren door het gebruik van fossiele energie in gebouwen en in transport verder terug te dringen. Dit geeft een netto-emissiereductie in de EU. Ten tweede kan elke lidstaat op EU-niveau pleiten om het totale emissieplafond nog sneller te laten dalen, al vergt dit wel ten minste een globaal akkoord van de lidstaten. Ten derde kan elke lidstaat ook initiatieven nemen om buiten Europa acties te ondersteunen die leiden tot een beter klimaatbeleid. We kunnen dus beter onze middelen inzetten voor maatregelen die wel een voorspelbare, een-op-een relatie hebben met de totale EU-emissies: hoofdzakelijk het gebruik van fossiele energie in de transportsector, de bouwsector en de intercontinentale luchtvaart en scheepvaart.

HERNIEUWBARE ENERGIE EN ENERGIE-EFFICIËNTIE: MIDDELEN OM KLIMAATDOELSTELLINGEN TE BEREIKEN, GEEN DOELSTELLINGEN OP ZICH

Twee andere maatregelen die Europa oplegt aan de lidstaten, de verhoging van het aandeel hernieuwbare energie en de verbetering van de energie-efficiëntie, zijn geen doelstellingen op zich, maar eerder middelen om de klimaatdoelstellingen te bereiken. Het uiteindelijke doel is koolstofneutraliteit. Om een koolstofneutrale energievoorziening te bereiken zal hernieuwbare energie een belangrijk middel zijn, naast het overstappen naar minder CO₂-intensieve energiebronnen (aardgas i.p.v. steenkool, eventueel gecombineerd met koolstofafvang en -opslag) en kernenergie.

Wel kan een inspanning worden geleverd om hernieuwbare energie goedkoper te maken door nieuwe technologieën te stimuleren. Om die reden worden EU-doelstellingen opgelegd. Een extra MWh wind- of zonne-energie brengt op zich binnen de EU geen vermindering van broeikasgasemissie¹ met zich mee, omwille van het EU-ETS-emissieplafond. Zoals gezegd werkt dit EU-ETS-emissieplafond zoals communicerende vaten: er is een totale CO₂-uitstoot vastgelegd voor de belangrijkste uitstoters (elektriciteitsproductie, grote industrie, EU-vliegverkeer). Wanneer in België een gascentrale wordt vervangen door hernieuwbare energie, kan de CO₂-uitstoot van de gascentrale vervangen worden door CO₂-uitstoot elders in Europa, bv. door een Poolse steenkoolcentrale. Belangrijk is dan het stimuleren van nieuwe of verbeterde klimaatneutrale technologieën, zodat de kosten van klimaatneutrale centrales dalen en de elektriciteitsproductie op termijn volledig klimaatneutraal kan worden. De kostendaling door technologische vooruitgang is hier dus belangrijk.

Ook het stimuleren van energie-efficiëntie speelt een instrumentele rol bij de doelstelling koolstofneutraliteit. Energie-efficiëntie is bijgevolg een van de EU-beleidsinstrumenten. Minder energie per eenheid product (bv. staal) of dienst (bv. een autokilometer) zorgt dat we minder energie nodig hebben en dus ook wellicht minder broeikasgassen uitstoten. Dit maakt het bereiken van een koolstofvrije energievoorziening gemakkelijker. Als doelstelling is energie-efficiëntie echter weinig selectief, omdat evenveel belang wordt gehecht aan het besparen van zonne-energie op een dag met veel zon (geen klimaateffect) als aan het besparen van olie voor de verwarming van gebouwen (wel een netto-CO₂-uitstootvermindering). Kortom, het is belangrijk om de juiste doelstelling te kiezen.

DE CRUCIALE ROL VAN TECHNOLOGIEONTWIKKELING OP LANGE TERMIJN

De beste energieroute op lange termijn voor Europa is vandaag nog niet duidelijk. Dat is normaal: twintig jaar geleden geloofde slechts een enkeling in wind- en zonne-energie. Weinigen geloofden toen dat een Europese elektriciteitsmarkt zou ontstaan of dat een Europees emissieplafond zou worden ingesteld voor de industrie en de elektriciteitssector. Verschillende technologieën kunnen nog steeds zeer sterk evolueren. Daarom is het van belang om de ontwikkeling van onderzoek te ondersteunen en ook alle opties voor de implementatie van technologie open te houden, liefst door middel van een gevarieerde portfoliobenadering (het tegenovergestelde dus van een technologische *lock-in*). Massaal bestaande technologie (bv. de huidige fotovoltaïsche zonnepanelentechnologie) inzetten door veel (indirecte) subsidies te geven zorgt op korte termijn voor leereffecten en resultaten rond emissievermindering. Dit komt politici goed uit, omdat er zichtbare resultaten geboekt worden. De leereffecten zijn echter snel uitgewerkt en politici zijn bang om de zeer substantiële subsidies af te

¹ Wanneer in deze tekst sprake is van broeikasgassen wordt ofwel CO₂ bedoeld ofwel het CO₂-equivalent van de totale uitstoot van CO₂ en van andere gassen die opgenomen zijn in het EU-ETS.

bouwen. Dit is niet alleen in België het geval. In Europa geven we honderdmaal meer uit aan subsidies voor de installatie van hernieuwbare energie dan voor de ondersteuning van onderzoek en ontwikkeling (R&D) rond hernieuwbare energie.

Een betere route is om meer in te zetten op een diepe verbetering van technologieën door R&D. We hebben nood aan nieuwe of sterk verbeterde technologieën die klimaatneutrale energie kunnen leveren tegen lage kosten. Deze langetermijnontwikkeling, gericht op sterk verbeterde en goedkopere technologieën, biedt economische en ecologische opportuniteiten om de CO₂-emissies in de rest van de wereld te elimineren, zowel voor die landen die niet ambitieus zijn als voor die landen die te arm zijn. We vergeten te vaak dat het de totale broeikasgasemissies in de wereld zijn die tellen voor het klimaat. Europa zal binnenkort nog slechts 10% van de CO₂-uitstoot in de wereld veroorzaken. De Europese emissies elimineren is belangrijk, maar elke extra bijdrage tot een vermindering van de 90% andere emissies door nieuwe technologie kan even belangrijk zijn. Europa kan dus een voortrekkersrol opnemen door emissies sterk te reduceren, maar ook door nieuwe technologieën te ontwikkelen.

DE BELANGRIJKSTE ENERGIEBEVOORADINGSPROBLEMEN ZIJN VERSCHOVEN VAN DE INTERNATIONALE OLIE- EN AARDGASBEVOORADING NAAR DE ELEKTRICITEITSBEVOORADING

In de afgelopen vijftig jaar werd de bevoorrading van België met olie en aardgas regelmatig als minder betrouwbaar beschouwd. Er zat vaak een discrepantie tussen wat men dacht en wat zich werkelijk voordeed. Op dit ogenblik is de productie en aanvoer van olie en aardgas geografisch meer gediversifieerd dan ooit. De grote uitvoerders beseffen ook dat ze er zelf belang bij hebben om betrouwbare leveranciers te zijn en hun aanvoerlijnen veilig te stellen. Voor aardgas en olie zijn er strategische voorraden in Europees verband voorzien of bestaan afspraken binnen het Internationaal Energieagentschap. Tegelijk aanvaardt iedereen dat we aardgas en olie invoeren, omdat de winning van deze energiesoorten in eigen land onmogelijk is.

Voor de bevoorrading van elektriciteit is sterk veranderd. De Europese markt zorgt voor grote invoer- en uitvoerstromen. Daarnaast is er ook de sterk variabele productie van zonne- en windenergie, die van uur tot uur varieert. Dit maakt de elektriciteitsbevoorrading op dit moment het eerste aandachtspunt. We hebben voldoende transmissiecapaciteit met het buitenland nodig en we hebben op elk moment ook voldoende productiecapaciteit nodig in België of in de buurlanden.

MOETEN WE ONS ZORGEN MAKEN OVER ELEKTRICITEITSBEVOORADING IN BELGIË?

Drie factoren zijn bepalend voor de elektriciteitsbevoorrading in België. Ten eerste zal volgens de wet op de kernuitstap een belangrijk deel van de nucleaire capaciteit stilgelegd worden in 2022-2025. Verder zullen we ook een groter aandeel variabele hernieuwbare energie gebruiken, en ten slotte zullen we onze transmissiecapaciteit verder uitbreiden. De nucleaire capaciteit kan vervangen worden door een mix van gascentrales en hernieuwbare productie.

Even belangrijk is hoe we in de toekomst omgaan met het groter aandeel aan variabele zonne- en windproductie. De zeer lage variabele productiekost van de bestaande hernieuwbare energie zorgt ervoor dat hernieuwbare energie altijd eerst wordt gebruikt en dat de bestaande klassieke fossiele centrales (gas en steenkool) pas worden ingezet indien de productie van hernieuwbare en kernenergie

onvoldoende is. Deze fossiele centrales zijn voorlopig nog echt nodig voor het voldoen aan de elektriciteitsvraag. Het probleem kan zijn dat eigenaars van deze centrales minder interesse zouden hebben om die in bedrijf te houden wanneer de gebruiksduur te laag zou worden en zo onvoldoende opbrengsten zouden worden gegenereerd om de vaste kosten te dekken. Dit kan worden tegengegaan door twee oplossingen: ofwel deze capaciteit subsidiëren, ofwel correcties doorvoeren in de groothandelsmarkt voor elektriciteit, zoals o.a. toelaten dat bij dreigende schaarste de prijs sterk kan stijgen. Bij een sterke prijsstijging wordt het gebruik van slimme meters en het vrijwillig afschakelen van een deel van de vraag interessant, en wordt er ook meer verdiend, indien er productiecapaciteit beschikbaar wordt gehouden.

Los daarvan moeten we ons misschien ook durven bezinnen over de strenge betrouwbaarheidscriteria die we momenteel hanteren voor de elektriciteitsvoorziening. Deze criteria liggen nu zeer hoog. Een zeer hoog betrouwbaarheidsniveau brengt hoge kosten met zich mee voor het elektriciteitsnet en het productievermogen.

HOE MOETEN WE IN DE TOEKOMST ELEKTRICITEIT PRODUCEREN?

Een constante in de langetermijnvisies voor een klimaatneutraal energiesysteem is de steeds grotere rol van elektriciteit als energiedrager. Omdat de elektriciteitsproductie onder het Europese emissieplafond valt en dit plafond systematisch verlaagd wordt, zal het gebruik van fossiele elektriciteitscentrales normaal gezien steeds duurder worden, omdat een steeds hogere prijs moet worden betaald voor de EU-ETS-emissierechten. De prijs van elektriciteit wordt beïnvloed door het Europese emissieplafond. Of echter een MWh door gas, door kernenergie of door hernieuwbare energie opgewekt wordt, heeft geen enkel primair effect op de totale CO₂-uitstoot in de EU, omwille van het EU-emissieplafond. Dit betekent ook dat wanneer we van fossiele energie in gebouwen of wegtransport overstappen op elektrische energie er geen enkele bijkomende CO₂-uitstoot is. Er zijn wel beperkte secundaire effecten, maar die zijn uitdovend.

Het goede nieuws is dat klimaatneutrale elektriciteit niet duurder hoeft te zijn, althans wanneer we in Europa samenwerken, inzetten op technologieverbetering en voldoende transmissienetten uitbouwen. Er zijn investeringsbeslissingen te nemen op de korte termijn (tot 2025-2030) en op de langere termijn.

MOETEN WE VERDER MET KERNENERGIE?

Nieuwe kerncentrales zijn nu sowieso niet interessant wegens de zeer hoge kostprijs. Wel kan men op korte termijn kiezen om een gedeelte van de nucleaire capaciteit (2 GW van de 5,9 GW die in 2022-2025 dichtgaat) te verlengen voor 20 jaar. Dit zou qua kostprijs interessant kunnen zijn. Deze levensduurverlenging zou slechts een beperkt volume extra nucleair afval met zich meebrengen. De levensduurverlenging van een deel van de kerncentrales betekent dat er minder alternatieve capaciteit moet worden bijgebouwd of aangesproken en houdt ook de verdere ontwikkeling van hernieuwbare energie niet tegen. Op langere termijn zouden kerncentrales van de vierde generatie, waaronder thoriumcentrales, mogelijk beschikbaar kunnen worden. Die zouden als kleinere, flexibele centrales ingezet kunnen worden en hebben het voordeel het huidige langlevende kernafval ten dele te kunnen verwerken. Op een nog langere termijn blijft kernfusie een verder te verkennen optie.

MOETEN WE DE HERNIEUWBARE ENERGIEPRODUCTIE IN BELGIË STERK UITBOUWEN?

De productie van hernieuwbare energie is de laatste twintig jaar spectaculair in kostprijs gedaald. Verdere kostprijzdalingen zijn te verwachten wanneer we evolueren naar nieuwe, sterk verbeterde varianten en ook wanneer we het idee loslaten dat deze hernieuwbare energieproductie volledig op Belgisch grondgebied moet gebeuren. De EU heeft voor de hernieuwbare energieproductie per lidstaat quota opgelegd. In België heeft men dit dan verder omgezet in quota per gewest en heeft men aangenomen dat die productie absoluut in het eigen gewest of op Belgisch grondgebied moest gebeuren. De EU heeft echter altijd de mogelijkheid opengelaten dat een deel van de hernieuwbare energieproductie in het buitenland wordt geplaatst, maar daar heeft België geen gebruik van gemaakt. Dit valt te betreuren, omdat België niet de beste zon- en windvoorwaarden heeft. Het resultaat is dat we veel te hoge subsidies hebben ingezet. Initieel moeten verbeterde technologieën nog kunnen rekenen op subsidies voor onderzoek en voor leereffecten, maar uiteindelijk moeten hun kosten gedekt kunnen worden door de waarde van de elektriciteit met daarin verrekend de prijs voor CO₂-emissierechten.

Wanneer we in België in 2050 onze elektriciteitsvoorziening volledig willen decarboniseren door in te zetten op hernieuwbare energie, moeten we kunnen rekenen op vijf- tot zevenmaal onze huidige hernieuwbare elektriciteitsproductie (op energiebasis). Om dit op een kosteneffectieve manier te doen, zal deze groei deels buiten België moeten worden gerealiseerd en zal die moeten kunnen rekenen op sterk verbeterde technologieën.

De technologische verbeteringen voor zonne-energie waar nu op gerekend wordt, zijn de integratie van energieopslag in fotovoltaïsche systemen, de integratie van fotovoltaïsche systemen in de gevelelementen van een gebouw, grote fotovoltaïsche parken geïntegreerd in landbouwoppervlakten en eventueel drijvende fotovoltaïsche installaties. Een steeds groter deel van de hernieuwbare energieproductie zal afkomstig zijn van windturbines op een veel grotere schaal (12 tot 20 MW in plaats van 3 tot 5 MW) in de Noordzee.

DE ONZEKERE ROL VAN KOOLSTOFVRIJE BRANDSTOFFEN

Alles wijst erop dat elektriciteit (uit zon, wind of kernenergie) in de toekomst de belangrijkste energiebron wordt. Elektriciteit is moeilijker te bewaren dan fossiele brandstoffen zoals steenkool, aardolie of aardgas. Elektriciteit kan via elektrolyse omgezet worden in waterstof en dit waterstof kan weer omgezet worden in andere energiedragers die eenvoudiger te bewaren zijn, zoals methaan, methanol, ammoniak of synthetische diesel. Bij de omzetting van elektriciteit naar waterstof en verder naar andere energiedragers gaat echter een groot deel van de energie verloren. In de meeste toepassingen is het daarom veel efficiënter om de elektriciteit rechtstreeks in te zetten.

Enkel in toepassingen waar elektriciteit niet of moeilijk rechtstreeks kan worden ingezet is het verantwoord om waterstof te gebruiken. Voorbeelden zijn toepassingen van waterstof in industriële processen of het gebruik van op waterstof gebaseerde brandstoffen voor langeafstandtransport (schip, vliegtuig). Productie van waterstof via elektrolyse is duur en enkel verantwoord indien elektrolyzers minstens 50% van de tijd gebruikt worden. Om deze reden is het gebruik van waterstof voor opslag van overschotten van hernieuwbare energie niet vanzelfsprekend. Waterstof kan ook duurzaam geproduceerd worden uit aardgas met afvang van CO₂, maar hiervoor is het wachten op de uitrol van CCS-technologie.

In het verleden heeft de EU gekozen voor een vervanging van olieproducten door biobrandstoffen, onder meer door verplichte bijmenging in benzine en diesel. Biobrandstoffen worden ook

gepromoot als alternatief voor vliegtuigbrandstof. Voor transport over lange afstand bieden biobrandstoffen eventueel een alternatief. Biobrandstoffen vergen echter een groot oppervlak en hoge energie-inputs tijdens de productie, waardoor ze weinig duurzaam zijn. Biobrandstoffen geproduceerd uit afvalstromen zijn wel duurzaam, maar hun potentieel is beperkt.

ENERGIEGEBRUIK DOOR DE INDUSTRIE

De CO₂-uitstoot van de grote industriële gebruikers is gedekt door het EU-ETS. Dit betekent dat alle grote ondernemingen in Europa dezelfde prijs betalen voor een emissierecht. Zij hebben ook allemaal toegang tot dezelfde Europese energiemarkten. De prijs van emissierechten zal bepalen hoe snel en hoe sterk deze ondernemingen overgaan naar minder CO₂-uitstoot. Voor de energie-intensieve sectoren, zoals staal, cement en non-ferro, zal een sterke CO₂-uitstootvermindering grote procesveranderingen vergen en zal meer moeten worden ingezet op een circulaire economie. Deze procesveranderingen kunnen ook de koolstofafvang en -opslag (CCS) en koolstofgebruik (CCU) alsook de inzet van waterstof vergen, maar worden op basis van hun huidige kostprijs pas rendabel wanneer zeer hoge prijzen verwacht worden voor EU-ETS-emissierechten.

BELGIË IS VERANTWOORDELIJK VOOR EMISSIEVERMINDERING IN TRANSPORT, GEBOUWEN EN KLEINE INDUSTRIE

België en zijn gewesten blijven verantwoordelijk voor het energiebeleid en de emissievermindering in sectoren die buiten het Europese emissieplafond vallen, zoals transport, gebouwen en kleine industriële gebruikers. België heeft aanvaard om de totale emissies in deze sectoren tegen 2030 te reduceren met 35% in vergelijking met 2005. Het is voorlopig nog niet duidelijk hoe deze doelstelling zal worden gehaald.

HOE KUNNEN WE DE CO₂-UITSTOOT VAN AUTO'S HET BESTE VERMINDEREN?

De vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in de transportsector vergt het terugdringen van het energiegebruik uit fossiele bronnen. Dit kan op verschillende manieren: door minder verplaatsingen te maken, door de auto te vervangen door de deelauto, het openbaar vervoer en de (elektrische) fiets, door met zuinigere voertuigen te rijden en ten slotte door alternatieve brandstoffen te kiezen voor voertuigen: aardgas, biobrandstoffen, elektriciteit of waterstof.

Een betere ruimtelijke ordening, meer telewerken, carpooling en het afschaffen van salariswagens doen het aantal verplaatsingen dalen, maar het potentieel om het brandstofgebruik te verminderen is tot enkele procenten beperkt. De elektrische fiets is een efficiënt middel gebleken om korte verplaatsingen met de auto en met het openbaar vervoer te verminderen. Het gebruik van het openbaar vervoer wordt nu al sterk gesubsidieerd. Het openbaar vervoer verder uitbouwen heeft vooral zin rond de grote steden, waar er capaciteitsproblemen zijn. Het is daar nuttig voor de filebestrijding en voor de lokale luchtverontreiniging, maar het blijft een dure optie wanneer het enkel dient voor CO₂-uitstootvermindering.

Voor grote verminderingen in de uitstoot van broeikasgassen moeten we rekenen op een mix van zowel zuinigere fossiel aangedreven voertuigen als goedkopere elektrische voertuigen. De EU heeft autoproducenten verplicht om de gemiddelde emissies van de nieuwe auto's die ze op de markt brengen tegen 2030 te halveren (van ongeveer 5 à 6 liter benzine per 100 voertuigkm naar 2,6 liter

benzine per 100 voertuigkm).² Autoproducenten kunnen op twee manieren aan deze verplichting voldoen: door de verkoop van zuinigere benzine- en dieselauto's of door de verkoop van elektrische auto's. Hierbij tellen de elektrische auto's voor 0 liter per 100 km, omdat de elektriciteit onder het EU-emissieplafond valt en er dus geen extra CO₂ vrijkomt wanneer een elektrische auto opgeladen wordt. De halvering van het fossiele energiegebruik kan dus gebeuren door een mix van 50% fossiele brandstofauto's die niet zuiniger zijn en 50% elektrische auto's.

Omdat echter een elektrische auto nu nog steeds 10.000 EUR duurder is dan een benzinewagen zullen autoconstructeurs eerder kiezen voor een verkoopmix van bv. 80% zuinigere benzine-wagens (bv. 3,25 l/100 km) en 20% elektrische wagens. Deze mix geeft ook een halvering van de CO₂-uitstoot van de gemiddelde nieuwe auto. Autoproducenten zullen dus de halvering van de CO₂-uitstoot van nieuwe voertuigen tegen 2030 moeten bereiken door middel van drie maatregelen: R&D naar goedkopere batterijen, R&D naar zuinigere fossiel aangedreven auto's en ten slotte door kruis-subsidies tussen auto's op fossiele brandstof en met elektrische aandrijving. Elektrische auto's worden dus goedkoper en zuinigere fossiel aangedreven auto's worden dus duurder, totdat de juiste verkoopmix bereikt is.

Het is nog opletten wanneer een land dit unilateraal wil versnellen. Door meer elektrische auto's te verplichten (bv. door de verkoop van fossiel aangedreven auto's in 2030 te verbieden), zullen autoconstructeurs in een ander land wat minder elektrische auto's moeten verkopen, omdat de Europese mix telt. Het ambitieuze land heeft dan zijn best gedaan, maar het netto klimaateffect is nul. Er kan wel een beperkte vermindering zijn van de luchtverontreiniging in het ambitieuze land.

De overheid heeft in deze transitie naar elektrische voertuigen drie belangrijke taken. De eerste taak is de inplanting van laadpalen te faciliteren. De tweede opdracht is ervoor te zorgen dat de laadinfrastructuur slim is door het opladen te bevorderen wanneer er veel elektriciteit is (op een zonnige en winderige dag) en door op stroomarme momenten het opladen te ontraden of zelfs de batterij van elektrische auto ter beschikking te stellen van het net. De derde taak is het vervangen van de accijnzen op motorbrandstoffen door een andere variabele belasting op autogebruik. Toekomstige wagens betalen ofwel geen accijns (elektrische auto's) ofwel veel minder accijns (zuinigere auto's op fossiele brandstof), wat zorgt voor een gat in de begroting en meer filedruk op de wegen (wegens een *rebound effect* ten gevolge van de lagere gebruikskosten van de wagens).

HOE KUNNEN WE DE CO₂-UITSTOOT VAN HET VRACHTVERVOER VERMINDEREN?

Nieuwe vrachtwagens moeten volgens de Europese richtlijnen respectievelijk 15% en 30% minder CO₂ uitstoten in 2025 en in 2030 dan in 2019. Wat op de lange termijn de meest evidente klimaatneutrale brandstof is voor zwaar vrachtverkeer, is nog niet duidelijk. Elektrische vrachtwagens voor langeafstandsvervoer zijn een optie wanneer ze gevoed kunnen worden door geëlektrificeerde autosnelwegen of door snel ladende batterijen. Brandstofcellen op hernieuwbare waterstof of vrachtwagens op groene methanol kunnen een andere optie zijn.

Vrachtvervoer per spoor en per binnenschip kunnen slechts in zeer beperkte mate het vrachtvervoer over de weg vervangen, omdat de vervoerde vracht zich daar dikwijls niet toe leent. Zeevervoer ontsnapt tot vandaag aan elke maatregel inzake CO₂-uitstoot. In dit domein is het wachten op een internationaal akkoord dat aanzet tot een emissiebeperking.

² De verplichting om 59 g/voertuigkm te bereiken in 2030 is hier omgezet naar l/100 km.

MOETEN WE HET VLIEGTUIGGEBRUIK BEPERKEN OMWILLE VAN HET KLIMAAT?

Het kerosinegebruik en de daarbij horende CO₂-emissies in deze sector groeien snel. Belangrijk is hier het onderscheid tussen de vluchten binnen de EU en de intercontinentale vluchten.

Sinds 2012 vallen emissies door vluchten tussen steden binnen de Europese Economische Ruimte (EER) onder het EU-ETS-emissieplafond. Dit is een belangrijke vooruitgang, vergeleken met het verleden waarin de broeikasgasemissies van vliegverkeer aan geen enkele beperking onderhevig waren. Vanaf 2021 daalt het aantal emissierechten dat wordt toegekend aan luchtvaartmaatschappijen, net zoals voor andere uitstoters in het EU-ETS. Het gevolg van deze inkanteling van EU-luchtvaart in het EU-ETS is weliswaar dat elke vervanging van het vliegverkeer tussen EU-bestemmingen door de hogesnelheidstrein (HST) geen enkel effect meer heeft op de totale uitstoot van CO₂ in Europa. Beide sectoren vallen onder hetzelfde Europese emissieplafond: een vliegtuigreis minder zorgt ervoor dat een emissierecht goedkoper wordt en dat een andere uitstoter in de EU dan meer rechten opneemt en er dus netto geen CO₂-emissievermindering is. Omdat een vliegtuigreis meer CO₂-rechten nodig heeft, zal op termijn de vliegtuigreis wel relatief duurder worden.

Twee derde van de CO₂-uitstoot van vliegverkeer vertrekkend en aankomend in Europa is echter intercontinentaal vliegverkeer, dat niet gebonden is door het Europese emissieplafond en waarvoor de HST trouwens ook geen alternatief is. De EU kan deze CO₂-uitstoot moeilijk sterk belasten, omwille van internationale verdragen en omdat deze vluchten dan onderweg zullen stoppen en goedkoper bijtanken. De belangrijkste beleidsoptie is momenteel het opvolgen van het CORSIA-akkoord,³ waarbij bijna elk land binnen de VN een plafond zou aanvaarden voor de CO₂-uitstoot van zijn burgerluchtvaart. Dit nationaal plafond verplicht elk land dan tot compenserende maatregelen in andere sectoren. Daarnaast kan een gecoördineerde beperkte belasting op intercontinentale vluchten wel een effect hebben.

EMISSIEVERMINDERINGEN IN DE GEBOUWENECTOR: MOEIZAAM WEGENS VERSTOORDE ENERGIEPRIJZEN

In de gebouwensector is er duidelijk potentieel om tot CO₂-emissieverminderingen te komen. Om gebouwen op een koolstofarme manier van energie te voorzien (verwarming, koeling en verluchting) beginnen we er best mee de energievraag kleiner te maken. Dit kunnen we doen door goed te isoleren, luchtdicht te bouwen, en door een energiezuinig ventilatiesysteem en waar nodig een performant extern zonweringsysteem te voorzien. In de energievraag die dan nog overblijft, kunnen we hoofdzakelijk voorzien met drie soorten oplossingen.

In een stedelijke omgeving moet de klimaatneutrale warmte komen van ofwel warmtenetten die een klimaatneutrale warmtebron gebruiken (geothermie, restwarmte uit de industrie), ofwel warmtepompen (warmte en koeling). Het bestaande aardgasnet wordt dan gebruikt om de piekvraag op te vangen met ofwel puur aardgas (niet klimaatneutraal) ofwel aardgas gemengd met klimaatneutrale waterstof of biogas. Een warmtenet is een nieuwe infrastructuur die enkel zin heeft bij voldoende bevolkingsdensiteit en wanneer er restwarmte of geothermische bronnen aanwezig zijn.

³ CORSIA staat voor Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation – een mogelijk akkoord, in de schoot van de VN, om een plafond te leggen op de CO₂-uitstoot van de burgerluchtvaart, waarbij emissies boven het plafond gecompenseerd moeten worden door maatregelen in andere sectoren.

In het geval van een meer verspreide bewoning rekent men op warmtepompen (warmte en koeling). Warmtepompen laten toe om het elektriciteitsverbruik in goed geïsoleerde woningen wat te verschuiven in de tijd en om pieken in het elektriciteitsverbruik op te vangen, wat nodig zal zijn bij een elektriciteitsproductie die vooral bestaat uit hernieuwbare bronnen.

De emissieverminderingen vergen grote investeringen in de renovatie van de huidige gebouwenstock. Die betalen zich momenteel moeilijk terug, zodat er in de bestaande bouwsector weinig vooruitgang wordt geboekt. Daar zijn verschillende redenen voor. Een belangrijke reden is de volledig foutieve prijszetting van elektriciteit, gas en stookolie. Elektriciteit betaalt een klimaatbijdrage via de prijs van emissierechten, maar daar wordt bovenop nog een marge aangerekend van 200 à 300% door o.a. de distributiesector. De grote marge tussen de kostprijs van elektriciteit en de gebruikersprijs is paradoxaal genoeg ontstaan uit onder meer het historisch massaal subsidiëren van fotovoltaïsche installaties bij particulieren en van windmolens.

Aan aardgas en stookolie voor gebouwenverwarming wordt momenteel geen enkele klimaatbijdrage opgelegd. Op een liter stookolie die wordt ingezet voor gebouwverwarming is geen CO₂-heffing van toepassing. Wanneer dezelfde liter stookolie wordt gebruikt in een dieselauto, betaalt men een impliciete koolstofheffing van 200 EUR/ton CO₂. In beide gevallen is de CO₂-uitstoot precies dezelfde (3,2 kg CO₂), zodat we momenteel 0,7 EUR willen investeren om een liter huisbrandolie te besparen, maar tegelijk 1,53 EUR willen investeren om een liter weg diesel te besparen. Het is dus noodzakelijk om voor aardgas en stookolie een CO₂-toeslag bij te rekenen en om de elektriciteitsprijs terug te brengen tot de echte kostprijs, inclusief de kostprijs van emissierechten. De echte kostprijs van elektriciteit voor de gemeenschap is namelijk maar een derde van de huidige consumentenprijs.

WAT KAN DE MILIEUBEWUSTE CONSUMENT EN BURGER DOEN?

Er is een grote bereidheid om door individuele gedragskeuzes bij te dragen tot een beter klimaat. Hier moeten we een dubbel onderscheid maken, enerzijds tussen de soorten van het energiegebruik en anderzijds tussen het gedrag als consument en als burger.

Voor sectoren die onder het Europese EU-ETS-plafond vallen (elektriciteit, industrie en EU-vliegverkeer) hebben we weinig of geen directe impact. Bijdragen zoals het elektriciteitsgebruik verminderen, investeren in fotovoltaïsche panelen en windmolens of het consumptieminderen van in Europa geproduceerde consumptiegoederen kunnen de Europese CO₂-uitstoot niet veranderen, omdat de uitstoot dan elders in Europa zal stijgen. Wanneer consumptiegoederen van buiten Europa komen, zal het verminderen van het verbruik wellicht wel een gunstig effect hebben op de CO₂-emissies in de rest van de wereld, omdat de uitstoot van de industrie daar niet onder een plafond moet blijven. Een lagere consumptie van elektriciteit en goederen kan wel andere milieuproblemen helpen oplossen en ook zorgen voor een vermindering van het grondstoffengebruik.

Het EU-ETS vormt echter geen vrijgeleide om als burger of overheid geen inspanningen te leveren, integendeel. Het is een beleidsinstrument gericht op het kosteneffectief bereiken van een onderhandelde emissiereductie. Als burger of beleidsmaker kunnen we wel pleiten voor het sneller verlagen van het EU-ETS-emissieplafond en voor het bijsturen van enkele anomalieën in het tijdelijke correctiemechanisme van het EU-ETS. Op deze manier zullen we de voordelen van een EU-ETS (kosteneffectiviteit en schaalgrootte) maximaal kunnen benutten, met een gegarandeerde en transparante impact op de Europese emissies.

Voor de sectoren gebouwen en transport heeft elke consument wel een impact door zijn keuze voor het gebruik van fossiele brandstoffen (benzine, diesel, stookolie en aardgas). Inspanningen

in deze sectoren leiden tot een directe vermindering van de uitstoot van CO₂ in de EU, ook wanneer we in België verder gaan dan de doelstellingen die we accepteren vanuit Europa. Vluchten naar bestemmingen buiten Europa stoten bijvoorbeeld veel CO₂ uit. Bijgevolg leidt elke vermindering van zulke vluchten ook tot een nettovermindering van CO₂-uitstoot. We moeten inzetten op een kosteneffectief beleid dat de juiste (financiële) prikkels geeft aan consumenten om het draagvlak voor klimaatmaatregelen te maximaliseren. Als burger kunnen we bijvoorbeeld pleiten voor correcte prijzen van olie, gas en elektriciteit, rekening houdend met hun CO₂-uitstoot, en voor het aanpakken van het gesubsidieerd autoverkeer.

1. INLEIDING

VERSCHILLENDE VAKGEBIEDEN ROND ENERGIEVOORZIENING AAN DE TAFEL

Metaforum-studies aan de KU Leuven zetten verschillende wetenschappelijke disciplines samen aan tafel in werkgroepen rond een bepaald thema. Het thema van deze visietekst is hoe een energie- en klimaatbeleid te voeren dat tegelijk ambitieus en kosteneffectief is. De aandacht gaat in eerste instantie naar België en Vlaanderen, met inachtneming van het Europese, maar ook het wereldwijde beleidskader, aangezien de klimaatproblematiek, de fossiele energiebevoorrading en de technologische ontwikkeling zich op dat niveau afspelen. Er wordt zowel aandacht besteed aan de korte termijn (2020-2040) als aan de zeer lange termijn (2040-2070).

Welke energieroute de meeste garanties biedt voor een duurzame en goedkope oplossing, is nu nog niet duidelijk. Vandaag kan voor de oplossing van dit vraagstuk een beroep gedaan worden op een portfolio van uiteenlopende technologieën voor het gebruik (bv. energieneutrale gebouwen) en de productie van warmte (bv. zonneboilers) en van elektriciteit (wind, zon, biomassa, gas met koolstofafvang, kernenergie, etc.). Nieuwe technologieën bieden veel mogelijkheden, maar vergen de juiste ondersteuning voor hun ontwikkeling, een langetermijnvisie, de aanvaarding door de bevolking en stimuleringsmaatregelen voor de concrete implementatie.

De opzet van deze visietekst is bewust beperkt gehouden. Ten eerste wordt de broeikasgasuitstoot in de landbouw niet onderzocht, omdat die maar gedeeltelijk verbonden is aan het energiegebruik. Daarnaast worden in deze denkoefening het bestuurlijke proces, begrotingseffecten, verdeelingsaspecten en maatschappelijke aanvaarding niet expliciet bestudeerd, wat niet wil zeggen dat ze niet belangrijk zijn.

EEN RUIME DOELSTELLING VOOR HET ENERGIEBELEID

De werkgroep startte met het formuleren van een doelstelling: wat kunnen we verstaan onder een goed energie- en klimaatbeleid? We opteren hier voor een ruime doelstelling: ***voldoen aan energienoden tegen de laagste kostprijs met zo weinig mogelijk uitstoot van broeikasgassen, met beperkte lokale luchtverontreiniging en met voldoende flexibiliteit, betrouwbaarheid en geloofwaardigheid.***

Energienoden zijn hier ruim gedefinieerd. Het uiteindelijke doel is 'nuttige energie'-diensten te leveren (verwarming en koeling van woning en processen, aandrijving voor specifieke toepassingen). In de productie van energiediensten wordt er al een afweging gemaakt tussen input van energie (aardgas, elektriciteit, etc.), de inputs voor meer energie-efficiëntie en het gewenste comfortniveau (investering in energiebesparing, aantal toestellen, grootte van de woning, etc.).

Het begrip ***laagste kostprijs*** wordt hier beschouwd voor de maatschappij, inclusief externe kosten, en wordt dynamisch gezien, dus inclusief technologische vooruitgang. Externe kosten zijn de kosten die energiegebruik met zich meebrengt voor de rest van de maatschappij. Een voorbeeld kan het dynamische perspectief verduidelijken. Veronderstel dat we een technologie nodig hebben voor een energielevering gedurende vijf jaar. De bestaande techniek kost 10 EUR per jaar. De totale kostprijs over vijf jaar is dus 50 EUR (we vergeten even de discontovoet die bedragen in de toekomst iets minder laat doorwegen). Een tweede technologie is nog in ontwikkeling en kost voor dezelfde energielevering nu nog 17 EUR per jaar. Wanneer we die techniek echter in gebruik nemen, daalt de kostprijs door leereffecten met 4 EUR per jaar tot 1 EUR binnen vijf jaar. De totale kostprijs over vijf jaar

wordt dan 45 EUR (17+13+9+5+1). Het is dus een betere optie om voor de nieuwe techniek te kiezen, maar dan moeten we wel garanties hebben voor de kostendaling tot 1 EUR en moeten subsidies gedurende twee jaar het gebruik ervan ondersteunen, maar ook niet langer. De totale subsidies moeten dus meegeteld worden in de totale kostprijs over vijf jaar, omdat de nieuwe techniek duurder was dan de bestaande techniek.

We stellen ons concreet de vraag welke schaarse middelen we moeten inzetten om de laagste kostprijs te bereiken. Zo zal kapitaal geïnvesteerd in een elektriciteitscentrale niet langer beschikbaar zijn voor klaslokalen, zullen technici voor de plaatsing van fotovoltaïsche installaties niet beschikbaar zijn voor industriële productie, of zullen uitgaven voor R&D in energie misschien niet langer beschikbaar zijn voor gezondheidsonderzoek, etc. Kortom, daarin zullen afwegingen nodig zijn.

Dit alles moet gebeuren met **zo klein mogelijke ecologische verstoringen**, met afweging van baten en kosten voor toekomstige generaties. Dit blijft een moeilijk ethisch vraagstuk. Elk energiegebruik brengt wereldwijd klimaatschade met zich mee en vergt dus ook een wereldwijde aanpak. Deze Metaforum-werkgroep schaaft zich hier achter de Europese engagementen voor het klimaatakkoord van Parijs uit 2015, meer precies om de emissies in 2050 bijna volledig tot nul te reduceren.

Voldoende flexibiliteit betekent in deze context dat de te verwachte kosten zo laag mogelijk blijven bij onzekere evoluties en dat er voorzichtig moet worden omgesprongen met technologische *lock-in*. Dit wil zeggen dat men voldoende technologische opties moet openlaten tijdens het gevoerde beleid, zodat nieuwe technologische ontwikkelingen een kans krijgen. Dit is een van de aanbevelingen die wij in deze visietekst sterk benadrukken.

Voldoende **betrouwbaarheid** betekent dat de energiebevoorrading voor de samenleving verzekerd moet zijn. Ten slotte moet een energiebeleid ook **geloofwaardig** zijn, anders zullen de noodzakelijke investeringen niet volgen. Je kan wel een beleid beloven dat veel meer doet dan wat Europa van ons vraagt, bv. de vermindering van broeikasgassen in België met 70% in 2030. Indien echter bedrijven en gezinnen dat niet geloofwaardig vinden, dan worden alle investeringen uitgesteld en gebeurt er uiteindelijk minder dan wat de EU ons vraagt.

BELANG VAN EEN LANGETERMIJNPERSPECTIEF EN VAN TECHNOLOGIEONTWIKKELING

Voor een goed energie- en klimaatbeleid zijn verder nog enkele andere elementen van belang: er moet voldoende aandacht zijn voor zowel het langetermijnperspectief als voor de ontwikkeling van technologie. De energievoorziening stelt zowel problemen op de korte als op de lange termijn. Op de korte termijn (2020-2030) is het veiligstellen van een voldoende betrouwbare elektriciteitsvoorziening en het progressief verminderen van de broeikasgasemissies de uitdaging. Ook op de lange termijn (2040-2070) bestaan er uitdagingen, zoals het koolstofneutraal maken van de energievoorziening. En aangezien elektrificatie of het gebruik van elektriciteit als energiedrager zal toenemen, krijgt de elektriciteitssector een sleutelrol.

Er zijn drie redenen waarom een langetermijnvisie voor de energiesector belangrijk is. Ten eerste zullen de mogelijkheden in de energiesector sterk afhangen van de aanwezige infrastructuur. Van elektriciteitscentrales wordt verwacht dat ze 20 tot 60 jaar kunnen functioneren. Een investering die de elektriciteitsbevoorrading in 2025 moet garanderen, zal dus het energielandschap tot 2050-2070 mee bepalen. Zeer diepgaande technologische ontwikkelingen vergen dikwijls een lange ontwikkelingstijd. Een technologie op punt stellen en demonstreren kan 25 tot 40 jaar vergen en dit betekent dat ook de lange termijn aan bod moet komen.

Dat technologische mogelijkheden ontzettend sterk kunnen veranderen is een tweede reden voor een langetermijnvisie. Wie geloofde veertig jaar geleden in de fotovoltaïsche technologie en in windenergie om onze energiebehoeften te dekken? Een enkeling. Vandaag horen deze technologieën bij onze belangrijkste opties. Ook de technologieën gebruikt voor energieopslag en -gebruik in gebouwen, industrie en transport zullen nog sterk veranderen. Het is belangrijk dat beleidsvoerders o met zulke factoren rekeninghouden. Een langetermijnvisie met onzekere technologische ontwikkelingen vergt een optiebenadering. Dit betekent een brede waaier van beloftevolle technische oplossingen voorstellen die kansen op de lange termijn zoveel mogelijk openlaten.

Het omzeilen van technologische *lock-ins* is een derde aspect dat een langetermijnvisie belangrijk maakt. We geven twee voorbeelden. Je kan bijvoorbeeld een besparing realiseren op de CO₂-uitstoot door groene waterstof bij te mengen in het aardgasnet. Indien echter woonwijken op termijn geëlektrificeerd worden, dan komen er ongetwijfeld nog interessantere opties om financieel te ondersteunen. Een tweede voorbeeld is het gebruik van biobrandstoffen in personenvervoer. Dit kan aanvankelijk interessant lijken, terwijl dit vervoer op lange termijn toch elektrificeert.

DE ONDERSTEUNING VAN NIEUWE ENERGIETECHNOLOGIEËN

Om een nieuwe technologie te ontwikkelen moet er een hele weg afgelegd worden, gaande van het idee in het labo, over de demonstratie (de pure R&D-fases) en vervolgens het uitrollen van de technologieën op grote schaal (*learning by doing*). Elke fase is belangrijk. Een zeer verregaande vermindering van broeikasgasuitstoot heeft echt nieuwe technologieën nodig (bv. zeer grote windcentrales, zonnecellen in glasoppervlak, nieuwe processen in de staal- en cementindustrie). Dit is nog meer het geval wanneer we willen dat deze technologieën ook gebruikt worden in de rest van de wereld. Daar maken ze alleen een kans wanneer ze even goedkoop zijn als de technologieën die daar nu worden gebruikt.⁴ Ondersteuning van R&D bij bedrijven is nodig, omdat een deel van de kennis wegglekt (en de waarde van de uitvinding niet volledig kan worden verzilverd door patenten). Een voorbeeld kan dit verduidelijken.

Veronderstel dat een toestel 100 gebruikers heeft en een energiekost heeft van 10 EUR om te worden gebruikt. De totale gebruikskost is dus 1000 EUR. Het toestel wordt verkocht door 10 verschillende bedrijven. Veronderstel nu dat één innovatief bedrijf, dat we 'Kapple' zullen noemen, er, mits een investering van 50 EUR in R&D, in slaagt de energiekostprijs te verminderen van 10 tot 8 EUR. Veronderstel ook dat gebruikers bereid zijn tot 2 EUR extra te betalen voor het meer efficiënte toestel. In totaal is deze uitvinding dus 200 EUR - 50 EUR waard voor de gemeenschap. Wanneer deze uitvinding gepatenteerd is, kunnen andere bedrijven voor deze uitvinding betalen, ze ook gebruiken en zo hun marktaandeel behouden. Kapple wordt dan beloond met het verkopen van het gebruiksrecht van het patent en zal zo zeker de 50 EUR investering in R&D recupereren. Maar indien andere bedrijven de uitvinding gewoon kopiëren zonder te betalen voor het patent, dan zal Kapple niet werken aan de uitvinding en loopt de gemeenschap een energiewinst mis van 150 EUR. Meestal zijn patenten niet waterdicht en kan een energie-innovatie niet altijd volledig verzilverd worden via patenten. Dit is waarom het meestal belangrijk is om R&D-inspanningen van bedrijven te subsidiëren.

Net zoals voor een goede optiebenadering van technologie speelt de overheid ook een belangrijke rol voor de steun aan energieonderzoek. Het is een belangrijke aanbeveling van deze Metaforum-werkgroep dat onderzoek en ontwikkeling (R&D) voldoende zouden worden ondersteund, wat

⁴ Barla P., Proost S. (2012). Energy efficiency policy in a non-cooperative world. *Energy Economics*, 34(6), 2209-2215.

vandaag niet het geval is. Hier botsen de lange termijn en de korte termijn op elkaar. Bij het beleid zien we, vaak omwille van electorale redenen, de tendens om voor directe en tastbare resultaten te kiezen. Er wordt inzake energie en klimaat bijvoorbeeld vooral aandacht besteed aan directe subsidies voor installaties van bestaande technologieën bij particulieren in België (fotovoltaïsch, elektrische auto's). Daardoor gaat te weinig geld naar zuiver onderzoek en ontwikkeling en daaruit voortvloeiende demonstratieprojecten, die, mits goed gestuurd, tot grote baten op lange termijn kunnen leiden. Dit fenomeen is niet beperkt tot België alleen. In de Europese Unie besteedt men tot honderdmaal meer middelen aan subsidies voor installaties dan aan pure R&D.⁵

DE FACTOR 'KLIMAAT' IN HET ENERGIEBELEID

We komen er in Hoofdstuk 2 nog uitgebreid op terug, maar België opereert inzake het klimaat niet alleen. ***De hele wereld wordt geconfronteerd met de klimaatproblematiek en voert al dan niet een energie- en klimaatbeleid.*** Alleen al op het vlak van energiemogelijkheden verschilt elk land en elke regio. Dit was altijd zo, maar dit is ook zo in een tijdperk van energietransitie waarin veel aandacht wordt besteed aan hernieuwbare energie. De hoeveelheid zonlicht en het potentieel van wind- en waterkracht zijn geografisch bepaald en overal verschillend. De energie- en klimaatoplossingen die een land kiest, zullen dus de hele wereld beïnvloeden via verschillende kanalen. De uitstoot van broeikasgassen, waar ook ter wereld, doet de mondiale concentratie broeikasgassen stijgen. Elk land en elke toekomstige generatie zal er dus de effecten van ondervinden.

Verder vindt ook een wisselwerking plaats via de energiemarkten. Een daling van het oliegebruik in één land zal de prijs van olie doen dalen in de rest van de wereld, die dan wordt aangezet om het oliegebruik minder snel te laten dalen. Dit effect is vooral belangrijk voor olie en gas, sectoren waarin de eigenaars van bestaande grondstoffen sowieso hun product willen verkopen omwille van de hoge winstmarge. Lukt dit niet door verkoop aan de EU, dan bieden zij hun product wel aan een ander land aan. Een verschuiving in de export van primaire energiebevoorrading tussen landen heeft ook nog eens een impact op de geopolitieke verhoudingen.

WERKWIJZE

De visietekst van de Metaforum-werkgroep 'Een duurzame energievoorziening voor België' verenigt een brede waaier aan kennis over energievoorziening die aan de KU Leuven voorhanden is. ***De visietekst is tot stand gekomen na discussies binnen de groep, die ook een beroep deed op een ruimere groep academici van KU Leuven voor specifieke vraagstukken. Het verslag daarvan is te vinden in de tekst en in de achtergrondnota's in de Bijlage. Het resultaat is een synthese: de tekst wordt gedragen door de hele Metaforum-werkgroep. De werkgroep legde zich niet toe op kostenberekening en probeerde niet om een gedetailleerd beleidsplan uit te werken, noch om commentaar te leveren op bestaande beleidsplannen en andere visiedocumenten.*** Ze heeft ook geen apart studiebudget ingezet, maar alleen een beroep gedaan op de kennis van haar leden.

⁵ Zachmann G. (2015). Making low-carbon Technology Support smarter. *Bruegel policy brief*, Issue 2015/02; Ovaere, L., Proost S. (2015). Buying votes with discriminative support for renewable-energy technologies. *Reflets et Perspectives de la Vie Economique*, 54 (1-2), 87-102.

2. UITDAGINGEN VOOR DE ENERGIEVOORZIENING

A. ENERGIEBEVOORRADINGSZEKERHEID

In een transitieperiode dringt zich een aantal vragen op. Zo is er de vraag hoe de energiebevoorrading er in de toekomst zal uitzien. Het is nuttig om hier een onderscheid te maken tussen de aard van bevoorradingproblemen en de energievorm (elektriciteit, olie, gas, kolen, uranium). Het totale energiegebruik in België is weinig veranderd in de laatste twintig jaar. Tabel 1 geeft het gebruik van primaire energie⁶ in België weer voor 2017. De belangrijkste componenten daarin zijn aardolie, aardgas, kernenergie, hernieuwbare energie en steenkool. In deze tabellen ontbreekt steeds het energiegebruik van de internationale zeevaart en luchtvaart, omdat dat niet aan één land toegewezen wordt, maar uiteraard moet dat ook mee in het beleid betrokken worden.

ENERGIEBRON	MTOE	%
Aardolie en aardolieproducten	22,8	40,3
Aardgas	14,5	25,6
Vaste fossiele brandstoffen	3,1	5,5
Kernenergie	11,0	19,4
Hernieuwbare energie en afval	4,7	8,3
Andere	0,5	0,9
TOTAAL	56,6	

**Tabel 1: Totaal gebruik van energie in België per type in 2017 in MTOE (miljoen ton olie-equivalent) (bron MEZ, 2019).
1 TOE = 41.87 GJ = 11.63 MWh.**

Wat de energievorm betreft is de elektriciteitsproductie wel sterk veranderd. Zo is het aandeel van steenkool, dat in 1995 nog 22% bedroeg, vervangen door hernieuwbare energiebronnen (biomassa, wind en zon), die samen nu ongeveer 20% vertegenwoordigen. In België produceren we zelf enkel elektriciteit en wat groene warmte. Tabel 2 geeft de verdeling van de bruto-elektriciteitsproductie weer voor 2017. De uitstoot van broeikasgassen (hoofdzakelijk CO₂) is het grootst bij steenkool, gevolgd door olie en aardgas. Kernenergie en hernieuwbare energie stoten geen CO₂ uit.

ENERGIEBRON	TWh	%
Kernenergie	42,2	48,8
Aardgas	22,9	26,5
Vaste fossiele brandstof en siderurgie	2,4	2,8
Aardolieproducten	0,2	0,2
Hernieuwbare energie: zon	3,3	3,8
Hernieuwbare energie: wind	6,5	7,5
Hernieuwbare energie: biomassa	5,6	6,5
Hernieuwbare energie: waterkracht	0,3	0,3
Andere	3,0	3,5
TOTAAL	86,4	

Tabel 2: Bruto-elektriciteitsproductie in België in 2017 (bron MEZ, 2019).

⁶ Het 'primaire energieaanbod' van een land is een conventioneel gedefinieerd begrip: voor fossiele bronnen neemt men effectief de primaire energie-inhoud, voor hernieuwbare bronnen zoals zon en wind neemt men het equivalent van de elektriciteitsproductie (en niet de eigenlijk primaire meteorologische vermogenstoevoer). Voor kern- en hydro-energie neemt men conventioneel de elektriciteitsproductie gedeeld door het rendement (ongeveer 1/3 voor nucleair en ongeveer 1 voor waterkrachtomzetting).

Onderbrekingen in de energiebevoorrading kunnen voortkomen uit drie soorten problemen: technische problemen (het elektriciteitsnet is overbelast of valt uit, een aardgasleiding valt uit, een oliehaven wordt geblokkeerd, een kerncentrale valt uit), geostrategische onderbrekingen, afkomstig van een doorvoerland (bv. Russisch aardgas via Oekraïne) of een uitvoerder (dit leidde bv. tot een oliecrisis in 1973), en ten slotte sociale conflicten in eigen land. We bekijken eerst wat de ervaring met fossiele energiebronnen ons over bevoorrading kan leren.

In de afgelopen vijftig jaar werd de bevoorrading van België met olie en aardgas regelmatig als minder betrouwbaar beschouwd.⁷ Er zat echter vaak een discrepantie tussen wat men dacht en wat zich werkelijk voordeed.⁸ Op dit ogenblik is de productie en aanvoer van olie- en aardgas geografisch meer gediversifieerd dan ooit, onder meer door de ontwikkelingen in schaliegas en -olie. De grote uitvoerders beseffen ook dat ze er zelf belang bij hebben om betrouwbare leveranciers te zijn en hun aanvoerlijnen veilig te stellen (bv. de Nord Stream-pijplijn voor Russisch aardgas).⁹ Voor aardgas en olie zijn zowel strategische voorraden in Europees verband als afspraken binnen het Internationaal Energieagentschap voorzien. Tegelijk aanvaardt iedereen dat we aardgas en olie invoeren, omdat de winning van deze energiebronnen in eigen land vrijwel onmogelijk is.

Wat een volledige invoerafhankelijkheid van elektrisch vermogen betreft is het antwoord niet duidelijk. Is er een minimum nodig aan eigen elektriciteitsproductie voor de netstabiliteit? Is de invoer van elektriciteit voldoende gegarandeerd? De bevoorrading van een land met elektriciteit is zeer verschillend van die met aardgas en olie. In het geval van elektriciteit zitten we met een paar extra vereisten. Hier is het nuttig de begrippen ‘stochastisch’, ‘periodiciteit’ (of *intermittency*) en ‘*merit order*’ te introduceren. De alternatieve energieroutes die wij in Hoofdstuk 4 bespreken, moeten met zulke gegevens rekening houden.

Voor elektriciteit moet er op elk moment en in elke regio een evenwicht zijn tussen vraag en aanbod. Zowel de vraag als het aanbod zijn voor een stuk stochastisch (afhankelijk van toevallige uitkomsten). De vraagzijde hangt bijvoorbeeld af van de vraag naar elektrische verwarming en andere gebruikersbeslissingen. Het aanbod wordt bijvoorbeeld bepaald door weersafhankelijke zon of windcentrales, door productiestoringen of transmissielijnen die uitvallen bij storm.

De aanlevering van elektriciteit op basis van zon en wind is periodiek of *intermittent*. Dit betekent dat er genoeg extra capaciteit en flexibiliteit voorzien moet worden in de productie en het transport van elektriciteit. In het verleden werd vooral ingezet op extra productiecapaciteit, maar er kan ook worden ingespeeld op de vraag door in periodes met veel vraag en weinig aanbod de prijs te verhogen. Zodoende wordt deze vraag verschoven naar de dalperiode, al dan niet met nieuw ontwikkelde slimme apparaten die automatisch afschakelen bij te hoge prijs.

Er kunnen op de Europese elektriciteitsmarkt bevoorradingsproblemen opduiken. Ze kunnen veroorzaakt worden door een combinatie van een steeds groter aandeel hernieuwbare elektriciteit en een te beperkte vergoeding voor het beschikbaar zijn van capaciteit afkomstig van niet-weersafhankelijke centrales zoals gas- en steenkoolcentrales of hydro-elektriciteit. De beschikbare elektriciteitsproductie wordt gerangschikt volgens de variabele kostprijs, van goedkoop (bv. wind, zon, nucleair)

⁷ In de jaren 1950 en 1960 werd de onzekerheid verbonden aan de invoer van steenkool regelmatig als een argument beschouwd om de Belgische steenkoolproductie te beschermen met subsidies, zelfs wanneer de subsidies meer dan de helft van de kosten moesten dekken.

⁸ Kilian L. (2008). Exogenous Oil Supply Shocks: How big are they and how much do they matter for the U.S. economy? *Review of Economics and Statistics*, 90(2), 216-240.

⁹ Morbée J., Proost S. (2010). Russian gas imports in Europe: how does Gazprom reliability change the game? *The Energy Journal*, 31(4), 79-110.

naar duurder (steenkool en aardgas). Dit wordt de *merit order* genoemd.¹⁰ Wanneer er wind en zon beschikbaar is, kost deze elektriciteit uit hernieuwbare bronnen bijna niets, omdat de windturbines en zonnepanelen er toch al staan en bijna geen operationele kosten hebben (bv. geen brandstof nodig hebben). Op dat moment kunnen deze installaties de bestaande thermische centrales verdringen, waardoor hun gebruiksduur en financiële opbrengst vermindert.

De financiële jaaropbrengst van een thermische centrale wordt kleiner wanneer men de vraagprijs naar elektriciteit niet te sterk wil laten stijgen en omdat de gebruiksduur van fossiele centrales kleiner wordt. Als gevolg daarvan kan dit aanleiding geven tot een snellere sluiting van deze bestaande flexibele centrales en zijn er geen investeerders bereid om nieuwe flexibele centrales te bouwen. Oplossingen zijn het subsidiëren van capaciteit en het corrigeren van een aantal tekortkomingen in het huidige ontwerp van de *energy only*-elektriciteitsmarkt, zoals het ontbreken van sterke prijsverhogingen in periodes van risico op schaarste.

B. KLIMAAT KENT GEEN GRENZEN

Het klimaatprobleem wordt veroorzaakt door een sterke verhoging van de concentratie aan broeikasgassen in de atmosfeer. Het gebruik van energie uit fossiele bronnen is de belangrijkste bron van emissies van broeikasgassen. De uitgestoten broeikasgassen worden slechts in beperkte mate opnieuw geabsorbeerd door het aardse systeem (biosfeer, hydrosfeer). Hierdoor groeit de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer, wat zorgt voor een versterking van het broeikaseffect en dus voor klimaatopwarming op de lange termijn.

Waar en door welke sector de uitstoot van broeikasgassen gebeurt, heeft geen belang voor het klimaateffect. Wanneer een sector of land fossiele energie gebruikt, veroorzaakt dit klimaatschade in de hele wereld en voor de toekomstige generaties. Elk land zal wellicht rekening houden met de schade in zijn eigen land, maar niet met de schade in de hele wereld, omdat dit meer inspanningen vraagt en dus duurder is. Daarom is een internationale overeenkomst cruciaal.

Bijna niemand betwist vandaag nog dat klimaatopwarming een probleem is. Er bestaat grote wetenschappelijke consensus over het gegeven dat een te sterke klimaatopwarming grote en onverwachte veranderingen en risico's met zich kan meebrengen, niet alleen voor natuurlijke systemen op aarde, maar ook voor de economische activiteit.¹¹ Dit inzicht leidde onder meer tot het klimaatakkoord van Parijs.

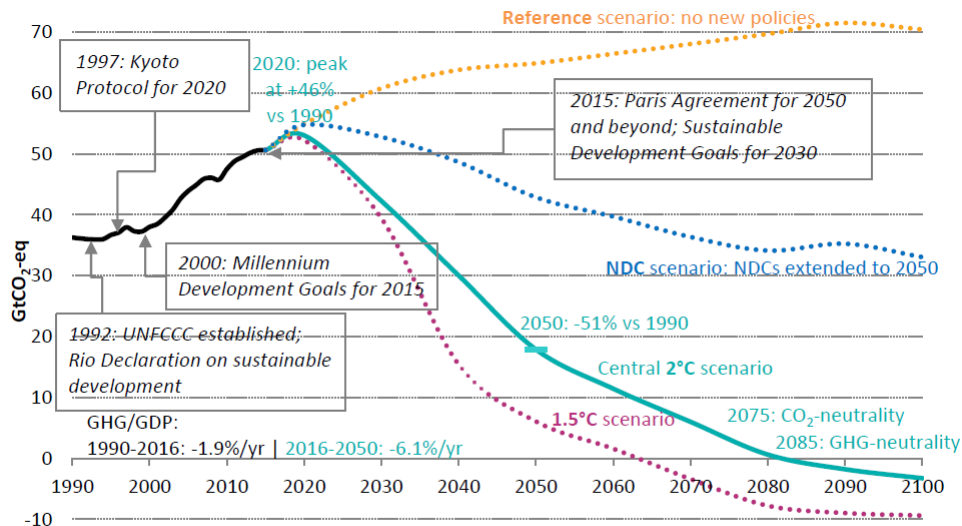
In december 2015 spraken in Parijs bijna alle landen in de wereld in het kader van de VN af om – op vrijwillige basis – hun nationale broeikasgasuitstoot sterk terug te dringen. Het doel was om de langetermijnopwarming (tegen 2100) tot maximaal 2 °C te beperken en liefst te beperken tot maximaal 1,5 °C.¹² In Figuur 1 worden scenario's geschetst van zowel de verwachte evolutie van de broeikasgasuitstoot als van welke evolutie er nodig is om de doelstellingen van het klimaatakkoord van Parijs te bereiken.¹³

¹⁰ Zie de presentaties tijdens het Metaforum actualiteitscollege over een duurzame energievoorziening voor België op 26 november 2018: www.kuleuven.be/metaforum/page.php?LAN=N&FILE=watch-the-video-ac&ID=78.

¹¹ IPCC. Bron: Nordhaus, W. (2013). *The climate casino*. Yale University Press.

¹² Merk op dat de 2 °C en 1,5 °C 'doelstellingen' eigenlijk intenties zijn; de echte verbintenissen van het akkoord zijn de zogenaamde NDCs (*Nationally Determined Contributions*).

¹³ Keramidas, K., Tchung-Ming, S., Diaz-Vazquez, A. R., Weitzel, M., Vandyck, T., Després, J., Schmitz, A., Rey Los Santos, L., Wojtowicz, K., Schade, B., Saveyn, B., Soria-Ramirez, A. (2018). *Global Energy and Climate Outlook 2018: Sectoral mitigation options towards a low-emissions economy*, JRC, EUR 29462 EN.



Note: The NDC scenario assumes that the global average rate of decarbonisation implied by the NDCs in 2020–2030 is maintained over 2030–2050. This report mainly describes the central 2°C scenario.

Figuur 1: Wereldwijde broeikasgasuitstoot in verschillende scenario's (bron Poles-JRC-2018).

De wereldwijde klimaatproblematiek wordt gehinderd door drie problemen. Ten eerste is de som van de totale inspanningen die beloofd werden onvoldoende om deze doelstellingen te bereiken. Dit is het scenario met de in Parijs beloofde NDC-bijdrage (*Nationally Determined Contribution*). Ten tweede zijn de beloofde inspanningen ook niet echt afdwingbaar door de VN. Dit betekent dat er een groot risico bestaat dat de gedane beloftes niet worden nagekomen. Men kan voorlopig enkel de *naming and shaming*-strategie toepassen. Een andere mogelijkheid om aan dit samenwerkingsdilemma te ontsnappen is het oprichten van een 'klimaatclub' van landen.¹⁴ De clubleden spreken af om een minimuminspanning aan te houden (bv. een CO₂-belasting van 50 USD per ton of een equivalente prijs voor emissierechten). De niet-clubleden en de clubleden die hun beloftes niet nakomen, moeten dan extra invoerrechten betalen bij handel van goederen en diensten naar de clubleden.

Dat de bestaande voorraad fossiele brandstoffen goedkoop kan worden ontgonnen is een derde probleem, ook bekend als het groene paradox-probleem. Een sterke klimaatactie doet de vraag naar olie en gas dalen. Dit heeft tot gevolg dat producenten hun voorraad nog snel willen kunnen verkopen en dat olie en gas tegen discountprijzen verkocht worden. Dit verhoogt de kostprijs voor het klimaatbeleid. Hier bestaat geen gemakkelijke oplossing voor. Wanneer de bovenvermelde 'klimaatclub' van landen het grootste deel van de wereld dekt, wordt het probleem al sterk ingeperkt. Verder kan een coalitie van landen met een sterk klimaatbeleid olie- en gaslanden betalen om de grondstoffen in de grond te laten zitten. Ook kan het onvolledige klimaatakkoord aan de energiegebruikszijde (klimaatakkoord van Parijs) vervolledigd worden door een akkoord aan de aanbodzijde, waarbij producenten zich vrijwillig engageren om minder te produceren.¹⁵ Het probleem zou ook opgelost zijn wanneer een technologie beschikbaar wordt die energie levert tegen een prijs die onder de extractiekost van olie en gas ligt, of wanneer een technologie beschikbaar wordt die tegen een lage kost het klimaat effect van fossiele energiebronnen neutraliseert, bv. het capteren van CO₂.¹⁶

¹⁴ Nordhaus W. (2015). Climate Clubs: Overcoming Free-riding in International Climate Policy, *American Economic Review*, 105(4): 1339-1370.

¹⁵ Asheim G. B., Fæhn T., Nyborg K., Greker M., Hagem C., Harstad B., Hoel M. O., Lund D., Rosendahl K. E. (2019). The case for a supply-side climate treaty, *Science* 365 (6451), 325-327. DOI: 10.1126/science.aax5011.

¹⁶ In dit geval is het enige overblijvende probleem de periode tussen de aankondiging van een technologiedoorbraak en de effectieve beschikbaarheid van de technologie.

C. ZAL ONS ENERGIEBELEID BETAALBAAR ZIJN?

Een volgende uitdaging voor een duurzame energievoorziening is de betaalbaarheid. Zal ons energiebeleid betaalbaar zijn? We gaan ervan uit dat toegang tot energie een basisbehoefte is, die moet toelaten deel te nemen aan het maatschappelijk leven. Die basisbehoefte moet dus gegarandeerd worden. Anderzijds wil de maatschappij ook meer duurzame energie. Zoals alle sectoren moet ook de energiesector rekening houden met andere vormen van milieu-impact dan het klimaat, zoals lokale lucht- en waterverontreiniging, en afval. Die worden in deze visietekst weliswaar niet sterk belicht, maar zijn ook belangrijk.

De energieprijis voor de consument zal met een klimaatbeleid wellicht hoger zijn dan zonder klimaatbeleid. De energiesysteemkosten worden best doorgerekend in de prijs voor duurzamere energie omdat een deel van de oplossing ook moet komen van zuiniger energiegebruik. Anderzijds moet ook rekening gehouden worden met de comfortwinst die de energietransitie kan meebrengen, bv. bij de renovatie van oude woningen.

We weten dat we meer moeten betalen. Dit besef werpt echter twee nieuwe vragen op. Ten eerste, hoeveel willen we betalen voor meer duurzaamheid? In Nederland wil men in 2030 55% van de broeikasgasemissies terugdringen t.o.v. 2005 en tussen 2030 en 2050 de emissies naar nul brengen. Daar vindt men voor 2030 een reëel inkomensverlies voor de gezinnen van 1%.¹⁷ Ten tweede, hoe kunnen we een hogere energieprijis hanteren, systeemkosten inbegrepen, en toch de laagste inkomensgroepen sparen, die meestal de slechtst geïsoleerde woningen en de oudste wagens hebben? Vandaag passen we in België een systeem toe van budgetmeters om een minimumhoeveelheid aan energie te garanderen, maar dit zorgt niet voor een verbetering van de energiekwaliteit van de woning. Een deel van de inkomsten uit de emissierechtenhandel kan aangewend worden voor subsidies die de laagste-inkomensgroepen kunnen helpen om de nodige klimaatinvesteringen te doen. Een klimaatbeleid is slechts aanvaardbaar wanneer de lasten eerlijk verdeeld worden.

¹⁷ CPB (2019). 'Doorrekening van het klimaatakkoord', CPB notitie, nov. 2019. Voor België is er een recente doorrekening van drie specifieke klimaatmaatregelen, zie Federaal Planbureau (2019). 'Analyse de mesures concrètes de la Coalition Climat', Document de travail. Een interessante evaluatie op EU- en wereldniveau van de 1,5 °C en 2 °C maximale opwarmingsscenario's is beschikbaar in: JRC (2018). Global Energy and Climate Outlook 2018: Sectoral mitigation options towards a low-emissions economy, EUR 29462 EN. Een volledige maatschappelijke doorrekening vereist dat ook de verschillen in externe kosten wordt meegerekend (bv. vermindering lokale luchtverontreiniging).

3. HET HUIDIGE ENERGIEBELEID

Om suggesties te kunnen maken inzake een energie- en klimaatbeleid is een goed begrip nodig van het huidige beleid, en dan vooral van het EU-beleid ter zake. Dit is ook nodig om beleidsposities te kunnen innemen. Zowel het energiegebruik als de energieproductie wordt gestuurd door de energieprijzen, de prijzen van emissierechten voor CO₂, door regulering, en op langere termijn ook door technologische ontwikkelingen en het inkomensniveau. Het beleid wordt uitgetekend op Europees, Belgisch en Vlaams niveau. We bespreken eerst het beleid van de EU, dat in grote mate het Belgische en Vlaamse beleid bepaalt.

A. EUROPEES BELEID

Het Europese energiebeleid werkt vooral aan een betere integratie van de Europese markten van elektriciteit en gas. Voor olie en steenkool zijn de Europese markten reeds in hoge mate geïntegreerd. Het energiebeleid wordt op Europees niveau momenteel vooral gestuurd door het klimaatbeleid, dat gebaseerd is op de volgende, elkaar deels overlappende kwantitatieve doelstellingen:

- a) De vermindering van de broeikasgasuitstoot: -40% in 2030 in vergelijking met 1990 en netto zo goed als klimaatneutraal in 2050;¹⁸
- b) De verhoging van het aandeel hernieuwbare energie: 32% van het finale energieverbruik tegen 2030;
- c) De verbetering van de energie-efficiëntie met 32,5% van de energievraag tegen 2030 in vergelijking met 2007 – dit betekent hoofdzakelijk het terugdringen van de energie-input in de energiegebruiksprocessen. Deze doelstelling is indicatief, dus minder dwingend;
- d) Een netkoppelingsdoelstelling voor elektriciteit van ten minste 15%.

HERNIEUWBARE ENERGIE EN ENERGIE-EFFICIËNTIE: MIDDELEN OM KLIMAATDOELSTELLINGEN TE BEREIKEN, GEEN DOELSTELLINGEN OP ZICH

Vooraleer we de twee belangrijkste EU-beleidsinstrumenten belichten, is het nuttig om het streven naar hernieuwbare energie en naar betere energie-efficiëntie in een juiste context te plaatsen. De verhoging van het aandeel hernieuwbare energie en de verbetering van de energie-efficiëntie zijn geen klimaatdoelstellingen op zich, maar eerder middelen om koolstofneutraliteit in 2050 te bereiken. Wanneer koolstofneutraliteit in 2050 het uiteindelijke doel is, zal hernieuwbare energie een belangrijk middel zijn om een koolstofneutrale energievoorziening te bereiken, naast het overstappen naar minder koolstofintensieve energiebronnen (aardgas i.p.v. steenkool) en naast kernenergie.

Voor hernieuwbare energie heeft de EU kwantitatieve doelstellingen opgelegd. Die hebben de bedoeling administratieve vooruitgang (eenvoudigere procedures voor installaties), technologische vooruitgang (R&D en leereffecten) en schaaffecten te bekomen die hernieuwbare energie goedkoper zullen maken. Op die manier wordt de hoofddoelstelling op een goedkopere manier mogelijk: onder het Europese emissieplafond te blijven. De emissies van de Europese elektriciteitssector wordt namelijk geregeld door het EU-ETS-emissieplafond. Op zich zal een extra MWh hernieuwbare

¹⁸ Bij het ter perse gaan van deze tekst in december 2019 zag het ernaar uit dat de Europese Raad van 11-12 december 2019 wellicht zou beslissen tot klimaatneutraliteit in 2050. Er liepen ook besprekingen om de CO₂-uitstoot in 2030 te beperken met 50% of 55% i.p.v. met 40%.

energie de CO₂-uitstoot niet verminderen, aangezien die CO₂-uitstoot namelijk verplaatst wordt naar een andere bron, die meer mag uitstoten. Dit plafondmechanisme komt verder in de tekst uitgebreid aan bod. Vooral belangrijk is dus om hernieuwbare energie goedkoper te produceren en niet om een opgelegd aandeel aan hernieuwbare energie te bereiken. Dit heeft belangrijke gevolgen voor de beleidskeuzes inzake subsidiëring en de keuze van de doelstellingen inzake hernieuwbare energie: al dan niet subsidiëren, de subsidievorm, de technologie, of het in België of elders gebeurt, etc.

Ook het stimuleren van energie-efficiëntie speelt een instrumentele rol om de doelstelling koolstofneutraliteit te bereiken. Minder energie per eenheid product (bv. staal) of dienst (bv. een autokilometer) zorgt ervoor dat we minder energie nodig hebben en dus ook minder koolstofvrije energie. Dit maakt het bereiken van een koolstofvrije energievoorziening gemakkelijker. Als doelstelling op zich is energie-efficiëntie echter niet selectief genoeg, omdat evenveel belang wordt gehecht aan het besparen van elektrische energie op een dag met veel zonne-energie, wat geen effect heeft op de totale emissies in Europa, als aan het besparen van olie voor de verwarming van gebouwen, wat wel zorgt voor een nettovermindering van de CO₂-uitstoot.

DE TWEE BELANGRIJKSTE EU-BELEIDSINSTRUMENTEN: VERHANDELBARE EMISSIE-RECHTEN EN EFFICIËNTIESTANDAARDEN

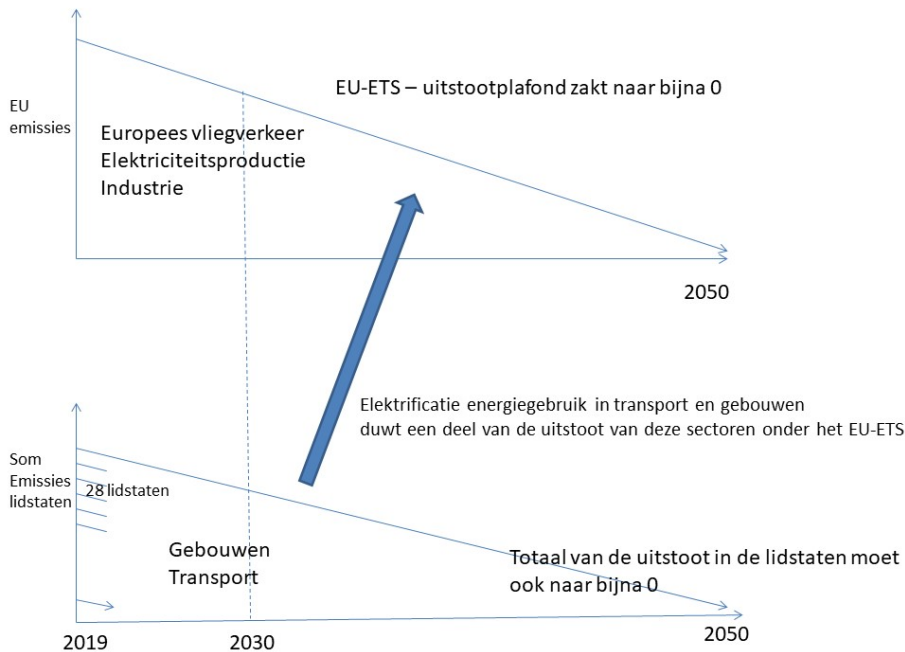
Om de interne Europese markt (elektriciteit, handelbare producten, toestellen en auto's) niet te verstoren via haar klimaatbeleid, zet de EU twee beleidsinstrumenten in: handelbare emissierechten en efficiëntienormen. We leggen dit beleid uit en bekijken in meer detail welke de gevolgen zijn voor België en Vlaanderen en welke aanbevelingen we kunnen maken.

EERSTE EU-BELEIDSINSTRUMENT: VERHANDELBARE EMISSIERECHTEN (EU-ETS)

Op Europees niveau wordt een onderscheid gemaakt tussen twee grote soorten CO₂-uitstoters: de EU-ETS-sectoren en de niet-EU-ETS-sectoren, waarbij EU-ETS staat voor *European Union Emission Trading System*. Een jaarlijks dalend aantal handelbare emissierechten wordt gebruikt om de CO₂-uitstoot van de EU-ETS-sectoren, met name de elektriciteitsproductie, de grote industriële gebruikers en de luchtvaart binnen Europa, te reguleren. Anno 2019 zijn de EU-ETS-sectoren verantwoordelijk voor ongeveer 45% van de totale emissies in de EU. De emissies in de EU-ETS-sectoren waren in 2018 29% lager dan in 2005. Het EU-ETS is een van de succesvolste beleidsinstrumenten in het wereldwijde klimaatbeleid.

Onder de niet-EU-ETS-sectoren vallen de bouwsector, het transport en de kleine industriële gebruikers. Deze sectoren hebben een volledig verschillend klimaatbeleid. Het is echter zo dat wanneer de sectoren gebouwen of transport overschakelen op elektriciteit voor hun energienoden, dat energiegebruik de facto verschuift naar de EU-ETS-groep, omdat de CO₂-uitstoot van elektriciteitsproductie in de EU-ETS-groep zit. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 2.

In de EU-ETS-sectoren richt het beleid zich op de totale CO₂-uitstoot van de EU. Dit wil zeggen dat de lidstaten weinig of geen bevoegdheid hebben inzake klimaat. Merk echter op dat het de lidstaten zijn die samen beslissen hoe snel het emissieplafond van het EU-ETS daalt. Voor de niet-EU-ETS-sectoren zijn het de lidstaten zelf die de hun opgelegde klimaatdoelstellingen moeten realiseren. Ook hier is er duidelijk ruimte voor de lidstaten om ambitie te tonen.



Figuur 2: Organisatie van het Europese klimaatbeleid in twee groepen van uitstoters – schematische weergave, omdat de daling niet altijd lineair verloopt.

Het is belangrijk om een onderscheid te maken tussen het normale EU-ETS-mechanisme, dat speelt op de lange termijn en dat veruit het belangrijkste is, en het EU-ETS-correctiemechanisme. Dit laatste speelt degressief vanaf 2019 tot ergens in de toekomst, wanneer het uitdooft (bv. 2030). Het hybride systeem zou daarenboven herzien kunnen worden in de komende jaren. We verwijzen ook naar de achtergrondnota over het EU-ETS (Bijlage A).

HET NORMALE EU-ETS-MECHANISME

Het door Europa toegepaste systeem van verhandelbare emissierechten werkt met een plafonnering (*cap and trade*). Dit emissieplafond daalt jaarlijks met een vooraf bepaald volume. Emissierechten worden verdeeld over bestaande uitstoters en worden ook deels geveild. Elke uitstoter mag maar zoveel CO₂ uitstoten als hij emissierechten kan voorleggen en er worden minder rechten uitgedeeld dan de historische emissies. Het systeem biedt uitstoters de keuze tussen investeringen in technologie om de CO₂-uitstoot te verlagen, een overgang naar minder koolstofintensieve brandstoffen (biobrandstoffen en aardgas i.p.v. steenkool) of de handel in emissie. Het grootste voordeel ervan is dat uitstoters zelf zoeken naar de goedkoopste manier om de CO₂-uitstoot te verlagen. Wanneer zelf de CO₂-uitstoot verminderen te duur blijkt, kunnen ze terecht bij andere uitstoters die dit goedkoper kunnen.

De handel in emissierechten vindt plaats op speciale markten, waar een Europese prijs wordt gevormd van rechten die men nu of in de toekomst wil kopen en verkopen. Wanneer de prijs van een emissierecht lager is dan de eigen kostprijs van emissievermindering, zal men een recht kopen. Een emissierecht heeft gelijkaardige kosteneffectiviteitsvoordelen als een koolstofbelasting, maar wordt gemakkelijker aanvaard, omdat er geen extra belastingen moeten worden afgedragen door de uitstoters. Een uniforme Europese koolstofbelasting zou een alternatief zijn, maar dit vergt een unanieme

beslissing van de lidstaten, wat zeer moeilijk ligt. Voor klimaatmaatregelen zoals het EU-ETS is een gekwalificeerde meerderheid voldoende.

Een belangrijk gevolg van dit Europese systeem is dat België via unilaterale beleidsmaatregelen geen enkel vat meer heeft op de emissies in de EU-ETS-sectoren. Welke maatregel België ook neemt in die sectoren, er is omwille van het Europese plafond geen enkel effect op de totale emissies in Europa. Dit effect wordt soms beschreven als het waterbedeffect: het lokaal verminderen van emissies heeft geen impact op de totale emissies. Dit is vergelijkbaar met het duwen op een bepaalde plaats in een waterbed, wat het totale watervolume in het bed onveranderd laat. Wel kan België als lidstaat impact hebben op de snelheid waarmee het Europese emissieplafond afneemt.

Voor de sturing van de technologische ontwikkeling is een aantal dingen van belang. Belangrijk is dat er een voldoende hoge prijs van emissierechten wordt verwacht op lange termijn, want dat is de beloning voor het ontwikkelen van en investeren in efficiëntere technologieën. Deze hoge prijsverwachting op lange termijn hangt samen met de toezegging dat de overheid de emissies tegen 2050 zeer sterk wil reduceren.¹⁹ Een bijkomende mogelijkheid is een bodemprijs voor emissierechten. Die wordt dan idealiter op Europees niveau geharmoniseerd, wat beter is dan de unilaterale initiatieven die vandaag in bv. het VK bestaan. Per sector kunnen ook nog meer gesofisticeerde financiële instrumenten worden ingezet, waarbij de overheid een hoge prijs van emissierechten in het EU-ETS garandeert in de toekomst. Dit geeft bedrijven extra hefboommogelijkheden voor risicovolle investeringen in emissiereductie.

Om technologieontwikkeling over een lange termijn te ondersteunen moeten nog andere beleidsinstrumenten worden ingezet, zoals subsidies voor private R&D en demonstratie van technologieën die al dicht bij de markt staan, en subsidies voor publieke R&D voor meer risicovol onderzoek.²⁰ Kortom, een betrouwbare verwachting van substantiële prijzen voor emissierechten is een hefboom voor de ontwikkeling van nieuwe emissiereductietechnologieën, wat de subsidielasten kan vermindere en de rendabiliteit van nieuwe technologieën garandeert.

HET HYBRIDE EU-ETS-CORRECTIEMECHANISME

Het Europees systeem van emissierechten is sinds 2018 een hybride systeem geworden, waarbij het totale emissieplafond niet meer helemaal vastligt. Omdat een overschot aan rechten ontstaan was door onder meer de recessie van 2007, en dit de prijs van rechten onder de 10 EUR/ton CO₂ hield, heeft de Europese Commissie beslist om (1) vanaf 2021 het aantal rechten beschikbaar gesteld per jaar (de 'cap') sterker te laten dalen en (2) vanaf 2019 het aantal rechten dat op de markt komt verder te beperken in functie van het overschot. Dit heeft de prijs van een emissierecht nu al opgetild tot 20 à 30 EUR per ton CO₂, wat nodig is om een grote aansporing te geven tot emissievermindering. Het verschil tussen het plafond en het effectieve aantal rechten dat op de markt komt, wordt in een reserve geplaatst. Het overschot dat opgebouwd kan worden in deze reserve is echter beperkt. Indien het overschot in de reserve deze bovengrens dreigt te doorbreken, wordt een aantal van deze rechten vernietigd vanaf 2023. Dit is een complex systeem en bovendien is het uitdovend. Omdat sommige neveneffecten pervers zijn, wordt het misschien de komende jaren nog hervormd.

¹⁹ De emissierechten kunnen worden overgedragen naar de volgende jaren – ze zijn 'bankable'. Op deze manier ontstaan er op de financiële markten prijzen van emissierechten voor de toekomstige jaren. Die kunnen dan dienen als langetermijnsignaal voor investeringen in nieuwe technologie.

²⁰ Popp, D. (2019). Environmental policy and innovation: a decade of research, CES-IFO WP 7544.

Het correctiemechanisme heeft drie belangrijke gevolgen. Ten eerste, extra unilaterale beleidsmaatregelen die emissies verminderen in een van de drie EU-ETS-sectoren kunnen nu plots wel voor een verandering in de totale emissies op het niveau van de EU zorgen.²¹ De reden hiervoor is dat een unilaterale emissievermindering de dynamiek van het correctiemechanisme kan veranderen. Zo kunnen bepaalde beleidsmaatregelen het overschot aan emissierechten verhogen, zodat een gedeelte van het additionele overschot aan rechten permanent uit de markt wordt genomen. Een dergelijke vernietiging van rechten zorgt voor een effectieve vermindering van de totale emissies in Europa. Het plafondmechanisme, dat zoals gezegd te vergelijken is met een waterbed, wordt om zo te zeggen tijdelijk doorprikt. In de praktijk gebeurt deze vermindering door de EU, die in het volgende jaar minder emissierechten uitdeelt of verkoopt.

Twee effecten zullen bepalen hoe groot de nettovermindering zal zijn door dit correctiemechanisme: het correctiemechanisme zelf en het weglekeffect. Het eerste bepalend effect is het correctiemechanisme van het EU-ETS. De mogelijke netto-emissievermindering (per unilaterale vermindering van 1 ton) neemt af in de tijd, van maximaal 1 ton voor maatregelen in 2019 tot 0 ton in een toekomstig jaar, bv. 2030, wanneer dit correctiemechanisme is uitgewerkt. Eens het overschot namelijk is weggewerkt, keert men terug naar een gewoon plafond op de emissies. Het mechanisme speelt dus maar tijdelijk (bv. 10 jaar), maar de exacte duur van de maatregel is onzeker, omdat die afhangt van het gedrag van de uitstoters.

Het tweede effect dat op korte termijn van invloed zal zijn, is het mogelijk weglekken van de maatregel zelf. Dit noemt men de *carbon leakage*. Dit effect speelt bijvoorbeeld wanneer een veroorzaker van CO₂-emissies de activiteiten verschuift naar een andere EU-lidstaat. Dit effect is vooral een risico voor kleine landen. Stel dat België minder Europese vluchten toelaat in Zaventem, dan heeft dit niet veel effect, want het is gemakkelijk om het vliegtuig te nemen in een andere lidstaat. Er worden dan wel minder rechten gebruikt in België, maar er worden er weer meer gebruikt in het buitenland, zodat er geen groter overschot van emissierechten ontstaat en er dan ook minder worden vernietigd.

Het product van beide effecten zal bepalen wat de uiteindelijke extra broeikasgasreductie op het niveau van de EU zal worden. Bijgevolg kan de netto-emissiereductie in de EU, ten gevolge van een unilaterale beleidsmaatregel van België in een EU-ETS-sector die de emissie met 1 ton vermindert, variëren van bijna 1 ton, voor maatregelen in 2019 zonder risico op het weglekken naar andere lidstaten, tot 0 ton, voor maatregelen in 2030 en/of met een hoog risico op het weglekken intra-EU-ETS. In specifieke gevallen kan een unilaterale beleidsmaatregel die de emissies doet dalen in België, zelfs leiden tot een stijging van cumulatieve emissies op Europees niveau (cfr. Bijlage A, EU-ETS).

Het tweede belangrijke gevolg van het hybride systeem is dat de gecumuleerde emissievermindering door het EU-ETS-mechanisme over de volledige periode 2019-2050 onzeker wordt. De totale emissies over de periode zullen afhangen van hoe sterk het correctiemechanisme, dat emissierechten vernietigt, zal spelen.²²

²¹ Voor een inschatting van het effect van unilaterale maatregelen in het huidige hybride systeem, zie Perino G., Ritz R.A., van Benthem A. (2019). Understanding overlapping policies: Internal carbon leakage and the punctured waterbed, www.nber.org/papers/w2564. Zie ook www.mech.kuleuven.be/en/tme/research/energy_environment/Pdf/wp-en2019-11.

²² www.mech.kuleuven.be/en/tme/research/energy_environment/Pdf/wp-en2019-07.

*Een derde mogelijk gevolg van het hybride systeem is dat er meer emissierechten worden vernietigd wanneer de kosten van emissieverminderingen hoog zijn, een eigenschap die niet bijdraagt tot een kosteneffectief energie- en klimaatbeleid.*²³ Dit EU-ETS-correctiemechanisme wordt regelmatig opnieuw geëvalueerd. Het is mogelijk, en misschien zelfs beter, dat er sneller naar het eenvoudige plafondmechanisme wordt teruggekeerd. België kan hier als lidstaat van de EU een rol spelen, om deze ongewenste neveneffecten van het hybride systeem te corrigeren en zo bij te dragen tot een ambitieus en kosteneffectief klimaatbeleid.

IMPLICATIES VAN HET HYBRIDE EU-ETS VOOR VIER BELGISCHE ENERGIE- EN KLIMAATMAATREGELEN

Een beleid gevoerd op federaal of gewestelijk niveau moet de effecten van het EU-ETS goed inschatten om te voorkomen dat bepaalde goedbedoelde maatregelen hun doel volledig missen. Het is dus belangrijk om een onderscheid te maken tussen de langetermijneffecten van het EU-ETS en de effecten op de korte termijn (bv. 10 jaar), waar het hybride correctiemechanisme gaat spelen. Voor beide systemen zullen de resultaten voor netto-emissiereductie anders zijn.

Zoals hierboven besproken ligt de zaak heel eenvoudig op de lange termijn: België heeft via unilaterale beleidsmaatregelen geen enkel vat meer op de emissies in de EU-ETS-sectoren. Het hybride correctiemechanisme voor het EU-ETS heeft wel tot gevolg dat bepaalde voluntaristische Belgische ingrepen in de drie EU-ETS-sectoren op de korte termijn (bv. de eerste 10 jaar) een beperkte nettovermindering kunnen hebben op de totale emissies in de EU. Hoe sterk deze netto-emissiereductie is, blijft echter onzeker, onder andere omdat het onduidelijk is hoelang het correctiemechanisme zal doorwerken.

We analyseren hieronder in Kader 1 kort vier mogelijke beleidsmaatregelen inzake energie en klimaat, waarbij we telkens bekijken wat het effect is op de korte termijn (bv. in de eerste 10 jaar) en op de lange termijn (bv. na 10 jaar). We beperken ons nog steeds tot de drie EU-ETS-sectoren. De niet-EU-ETS-sectoren (transport en gebouwen) komen in de volgende paragraaf aan bod. We gaan er in deze tekst van uit dat het surplus aan rechten is weggewerkt in 2030, waardoor in 2030 wordt teruggekeerd naar een gewoon plafondmechanisme. De gerapporteerde netto-emissiereducties zijn een bovengrens, aangezien we *carbon leakage* of het weglekken binnen EU-ETS niet mee beschouwen. Alle gehanteerde cijfers zijn gebaseerd op sterke vereenvoudigingen.

Kader 1: Effecten van unilaterale maatregelen in de EU-ETS-sectoren

Voorbeeld 1). Stel, het beleid beslist tot de levensduurverlenging van enkele kerncentrales in België na 2025, het jaar dat nu voor sluiting wordt vooropgesteld. De levensduurverlenging van deze centrales vervangt voor een deel de inzet van hernieuwbare energie en voor een deel gascentrales. Dit zorgt voor een beperkte netto-emissievermindering tot 2030. Voor elke ton CO₂-uitstoot die op deze manier verminderd wordt in België in de periode 2025-2030, wordt een effectieve emissiereductie van ongeveer 0,26 ton CO₂ op Europees niveau bekomen.²⁴ Vanaf 2030 zal het Europese emissieplafond terug volop spelen en heeft de levensduurverlenging van kerncentrales geen enkel effect op de CO₂-uitstoot in de EU. Vanaf 2030 zorgt de levensduurverlenging van kerncentrales wel voor een vermindering van de vraag naar emissierechten, met een kleine verlaging van de

²³ Bruninx K., Ovaere M., Gillingham K., Delarue E. (2019). The unintended consequences of the EU ETS cancellation policy, KU Leuven Energy Institute Working Paper EN2019-11, www.mech.kuleuven.be/en/tme/research/energy_environment/Pdf/wp-en2019-11.

²⁴ Deze berekening is gebaseerd op Perino et al. (2019) en is gebaseerd op de veronderstelling dat het correctiemechanisme is uitgewerkt in 2030. Het cijfer 0,26 is een gemiddelde voor de periode 2025-2030. Zie Bijlage A: EU-ETS, voor meer details.

prijs voor emissierechten in de EU tot gevolg. Deze prijsvermindering heeft echter geen effect op de totale CO₂-uitstoot, maar de CO₂-uitstoot verminderen wordt wel een beetje gemakkelijker in de EU.

Voorbeeld 2). Stel, een gascentrale in België wordt vervangen door een groep extra windturbines. In dit geval is er wel meer hernieuwbare elektriciteit, worden er minder emissierechten gebruikt en zal er een nettovermindering van de EU-emissies volgen in de periode 2025 (wanneer de nieuwe windmolens worden opgestart) tot 2030. De netto-emissiereductie is identiek aan die van de levensduurverlenging van de kerncentrales. Vanaf 2030 verdwijnt dit effect en zullen de extra windmolens geen emissievermindering meer met zich meebrengen op Europees niveau. De effecten op de prijs van emissierechten zullen dezelfde zijn als voor de levensduurverlenging van de kerncentrales.

Voorbeeld 3). Stel, het beleid zet massaal in op de vervanging van de auto op fossiele brandstof door de elektrische auto. Wat gebeurt er met de CO₂-uitstoot in Europa? Ten eerste valt de CO₂-uitstoot van de benzine- of dieselauto volledig weg. De elektrische auto zorgt voor een extra gebruik van elektriciteit. Aangezien echter de productie van elektriciteit onder het EU-ETS-emissieplafond valt, heeft het geen enkel belang of de elektriciteit wordt opgewekt met hernieuwbare energie, kernenergie of door middel van een steenkool- of gascentrale, daar de totale emissies van deze sectoren begrensd is door het EU-ETS. Dit is dus een goede klimaatmaatregel. Het EU-ETS-correctiemechanisme zorgt hier weliswaar voor een iets minder gunstig effect op de korte termijn. De extra vraag naar elektriciteit vergt meer emissierechten en dus wordt het surplus aan rechten kleiner. Bijgevolg resulteert dit in minder emissierechten die opgenomen en vernietigd worden door het correctiemechanisme, waardoor er tot 2030 een iets hogere emissie in de EU-ETS-sectoren is dan het geval zou zijn onder een gewoon plafondmechanisme. Er blijft wel een grote nettovermindering van de gecombineerde CO₂-uitstoot van de transportsector en de EU-ETS-sectoren over, maar die is iets kleiner dan 100%.

Voorbeeld 4). Stel, we vervangen een vlucht binnen de EER²⁵ door een treinrit met de hogesnelheidstrein (HST). Omdat beide vormen van uitstoot onder het Europese emissieplafond vallen, zal er op lange termijn geen enkele vermindering van de EU-CO₂-uitstoot zijn.²⁶ Dit resultaat is paradoxaal, maar volledig correct. Bekeken op het niveau van het individu zorgt een treinreis wel voor minder CO₂-uitstoot dan een reis met het vliegtuig, maar bekeken op het niveau van de EU heeft elke substitutie tussen beide modi op lange termijn geen effect op de totale broeikasgasuitstoot. Het is wel zo dat wanneer het totale EU-ETS-emissieplafond daalt, de prijs van emissierechten normaal gezien verhoogt en dus de vliegtuigreis duurder wordt ten opzichte van de treinreis. Het wordt door sommigen betreurd dat Europees vliegverkeer verminderen geen netto-effect heeft op Europese emissies. Anderzijds was het vliegverkeer tot 2012 aan geen enkele beperking onderworpen en dus betekende het vliegverkeer in het EU-ETS onderbrengen een grote doorbraak in de emissieaanpak in de luchtvaart.

Het is belangrijk om het relatieve belang van het hoofdmechanisme van het EU-ETS (het Europese emissieplafond) en het correctiemechanisme niet te vergeten. Het hoofdmechanisme is veruit het belangrijkste en het is best mogelijk dat de perverse effecten van het correctiemechanisme worden weggevoerd bij de herziening van het correctiemechanisme. In Tabel 3 vatten we het effect van unilaterale maatregelen op de Europese emissies samen.

²⁵ Dit mechanisme is uitgebreid tot de EER, m.a.w., de EU-lidstaten plus Liechtenstein, Noorwegen en IJsland.

²⁶ Er zijn voor de Europese luchtvaart nog extra mechanismen aan het werk, zie Bijlage A. België zou er, als lidstaat van de EU, naar moeten streven om dit hiaat in de wetgeving te corrigeren bij de voorziene revisie van de MSR in 2021.

Maatregel	Na het hybride correctiemechanisme, bijvoorbeeld na 2030	Tijdens het hybride correctiemechanisme, bijvoorbeeld tot 2030
Levensduurverlenging kerncentrale	GEEN	Beperkte daling van de cumulatieve EU-emissies met 0,26 ton CO ₂ per ton CO ₂ vermeden in de gascentrales
Vervanging gascentrale door windturbine	GEEN	Beperkte daling van de cumulatieve EU-emissies met 0,26 ton CO ₂ per ton CO ₂ vermeden in de gascentrales
Benzineauto vervangen door elektrische auto	Vermindering van de CO ₂ -uitstoot van de benzineauto	Bijna 1 ton minder CO ₂ -uitstoot in de EU voor elke ton die door de benzineauto wordt uitgestoten
Europese vlucht vervangen door HST	GEEN	Beperkte verhoging van de CO ₂ -uitstoot per ton CO ₂ -uitstoot afkomstig van de HST

Tabel 3: Inschatting van het netto-effect op de Europese uitstoot van unilaterale Belgische maatregelen.

Ongeveer de helft van de totale Europese broeikasgasuitstoot valt nu al onder het Europese emissieplafond. Wanneer ook het transport geëlektrificeerd wordt, en dan dus wel onder de EU-ETS-regeling valt, zal drie vierde van de CO₂-uitstoot door de Europese markt van emissierechten geregeld worden. Dit zorgt de facto voor een uniforme (stijgende) prijs voor de emissierechten. De stijging zal wel kleiner zijn wanneer er een sterke technologische vooruitgang is. Het klimaatbeleid in deze sectoren wordt in alle gevallen in nog grotere mate Europees beslist. Men mag echter niet vergeten dat Belgische beleidsmakers een belangrijke stem hebben in dit Europese debat.

TWEEDE EU-BELEIDSINSTRUMENT: EFFICIËNTIESTANDAARDEN

Voor de niet-EU-ETS-sectoren, vooral transport en gebouwen, heeft Europa een tweede beleidsinstrument uitgewerkt in de vorm van efficiëntiestandaarden: maximumenergieverbruik van een woning, maximum-CO₂-uitstoot van een autokilometer en de minimale efficiëntiestandaarden voor huishoudtoestellen. Die zijn nodig om een Europese markt voor deze toestellen te garanderen. Economisch gezien is dit meestal minder efficiënt dan een heffing of prijs op emissies, omdat er grote verschillen ontstaan tussen de kosten voor emissiereductie tussen toepassingen en omdat het beter doen dan de emissienorm ook niet wordt beloond. Elke lidstaat heeft in deze niet-EU-ETS-sectoren ook nog eens specifieke doelstellingen rond de totale reductie van CO₂-emissies.

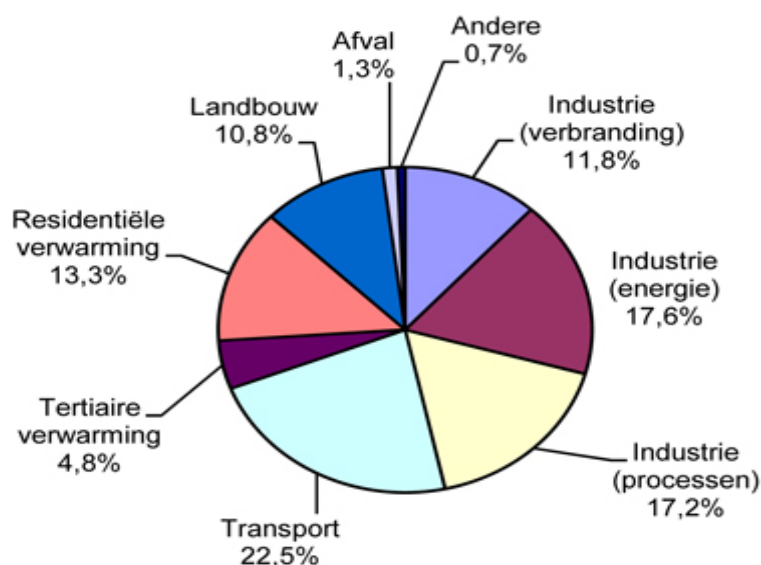
B. BELGISCH EN VLAAMS BELEID IN EEN EUROPEES KADER

Voordat we beleidsmaatregelen bespreken, geven we het finale energieverbruik per sector, de samenstelling en de totale broeikasgasuitstoot voor 2017 weer. Tabel 4 geeft aan welke energiesoort per sector wordt gebruikt om de energiebehoeften te dekken. De energiesoort weegt zwaar door in de berekening van de broeikasgasuitstoot. Zo stoot aardgas minder broeikasgassen uit per eenheid energie dan aardolie. Merk ook op dat er een belangrijk niet-energetisch gebruik is van fossiele brandstoffen: aardolie en gas worden omgezet in producten en niet verbrand, zodat er geen CO₂ vrijkomt. In de laatste kolom geven we aan of deze sector een EU-ETS-sector is of niet. Belangrijk is ook dat het aandeel elektriciteit in elk van de sectoren ook onder het EU-ETS valt. Zoals hierboven uitgebreid besproken werd, wordt de CO₂-uitstoot van deze sectoren in het EU-ETS gereguleerd.

	Totale energie in MTOE	% aardgas	% aardolie	% elektriciteit	Aandeel in totale uitstoot van broeikasgassen	EU-ETS
Industrie (zonder energie-sector)	10,5	38,0%	13,5%	32,0%	29,0%	✓
Transport	8,9		92,6%		14,3%	×
Huishoudelijk	8,1	40,8%	31,0%	19,2%	14,2%	×
Diensten	5,4				4,8%	×
Niet-energetisch	7,5	14,4%	82,2%			×
Landbouw					10,8%	×
Industrie (energieproductie en elektriciteitsproductie)					17,6%	✓

Tabel 4: Eindgebruik van energie per sector in 2017 in België (bron: MEZ) en aandeel in de totale uitstoot van broeikasgassen (bron: klimaat.be). Benadering waarin enkel de belangrijkste posten zijn meegenomen. 1 TOE = 41,87 GJ = 11,63 MWh.

De uitstoot aan broeikasgassen wordt weergegeven in Figuur 3. Het belangrijkste broeikasgas is CO₂, dat 85% vertegenwoordigt van de totale uitstoot. Vooral de procesindustrie en de landbouw stoten nog andere broeikasgassen uit dan CO₂. In deze tekst concentreren we ons op de uitstoot van CO₂ die verbonden is aan fossiel energiegebruik.



Figuur 3: Aandeel van verschillende sectoren in de totale uitstoot van broeikasgassen in 2017 in België (bron: klimaat.be).

Wanneer we het Belgische en Vlaamse beleid onder de loep nemen, stellen we vast dat de belangrijkste reguleringen of normen Europees zijn. Er wordt hoofdzakelijk een aanvullend beleid gevoerd om een aantal door Europa opgelegde doelstellingen te bereiken. Tabel 5 vat de belangrijkste beleidsmaatregelen in alle sectoren en op alle niveaus samen, zowel voor EU-ETS als niet-EU-ETS.²⁷

²⁷ Delbeke J., Vis, P. (eds.) (2019). *Towards a climate-neutral Europe*, Routledge. 136 p.

Sector	EU-beleid	Invulling België (B) of Vlaanderen (VL)
Elektriciteitsproductie	Gedereguleerde markt met verhandelbare emissierechten voor CO ₂ (EU-ETS)	
Industrie		
Luchtvaart (intra-EER)		
Auto's (en kleine bestelwagens)	Emissiestandaard auto's: 95 g in 2021 en 59,4 g CO ₂ /voertuigkm in 2030, gereguleerd via efficiëntie-rechten die verhandelbaar zijn tussen auto-producenten. Minimum bijmenging bio-brandstoffen.	Promotie elektrische voertuigen door aankooppremies en vrijstelling van BIV, stimulering uitbouw e-laadstations (VL), verminderde belasting voor e-bedrijfs-wagens, impliciete subsidie door vrijstelling van accijnzen (B)
Vrachtovervoer op het land	Efficiëntiestandaarden	Promotie binnenvaart (VL) Spoorinvesteringen (B + VL)
Gebouwen ²⁸	Elke lidstaat legt plan voor met klimaatneutrale nieuwe gebouwen en bijna klimaatneutrale renovatie van alle bestaande gebouwen	Federale gebouwen (B) Energiemaatregelen voor gebouwen in Vlaanderen (VL)
Elektrische toestellen	EU-efficiëntienormen	
Hernieuwbare energie	EU-doel voor België 2020 (13% van het finale Belgische energiegebruik), EU-doel voor 2030 (32% van het finale Europese energiegebruik)	Subsidies offshore-wind (B) Subsidies onshore-wind en andere hernieuwbare bronnen (VL) + historisch vastgelegde subsidies voor zonnepanelen en terugdraaiende meter (VL) Groene warmte
Luchtvaart (extra-EER)	Geen	
Zeevaart	Geen	

Tabel 5: Belangrijkste maatregelen per beleidsniveau.

We bekijken nu waar de klimaatinspanning wordt verrekend in de prijzen. We zullen zien dat hier heel wat verschil op zit. Er is het EU-ETS, dat de facto een prijs per eenheid CO₂ vastlegt voor EU-ETS-sectoren, maar energieprijzen voor niet-EU-ETS-sectoren kunnen ook al een impliciete CO₂-prijs bevatten. Aan sommige energieproducten wordt al een hoge CO₂-kostprijs aangerekend, terwijl aan andere energieproducten die evenveel CO₂-uitstoten helemaal geen CO₂-kostprijs wordt aangerekend. Het aanrekenen van een CO₂-kostprijs of -bijdrage is belangrijk, omdat dit de energiegebruikers aanzet tot het verminderen van hun energiegebruik en tot het overschakelen naar meer ecologisch verantwoorde alternatieven. Ook voor de producenten van gebruikstoestellen is de prijs van energie een belangrijke stimulus voor de ontwikkeling van energiezuinigere alternatieven.

²⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=IT>.

WORDT DE KOSTPRIJS VOOR CO₂ CORRECT VERREKEND IN DE ENERGIEPRIJZEN?

De prijzen die energieleveranciers ontvangen (bv. de MWh-prijs ontvangen door een elektriciteitscentrale of de stookolieprijs ontvangen door de raffinaderij) zijn marktconform. Deze zogenaamde producentenprijzen worden bepaald in een geliberaliseerde markt waartoe iedereen kan toetreden als producent. Deze prijs benadert (automatisch in een goed werkende markt) de marginale kost of de kosten gemaakt door de producent om de laatste eenheid te leveren die ook de kosten van de producent dekt. Deze producentenprijs bevat in het geval van elektriciteit ook de kostprijs van de EU-ETS-emissierechten die nodig zijn voor de aan de productie gerelateerde broeikasgasuitstoot.

De gebruikersprijzen voor energie bevatten echter bovenop de producentenprijzen nog belangrijke heffingen en belastingen. Dit heeft als resultaat dat de gebruikersprijzen, naar gelang het soort gebruiker, sterk kunnen afwijken van de echte productiekosten voor de maatschappij en dat er zeer verschillende heffingen worden aangerekend voor de CO₂-uitstoot. De gebruiker krijgt hierdoor foutieve signalen, wat leidt tot verkeerde beslissingen. Idealiter zijn de CO₂-prijzen in de volledige economie dezelfde, omdat dit zorgt voor het verminderen van de CO₂-uitstoot tegen de laagste kostprijs voor het land.

In Tabel 6 brengen we de CO₂-component in de gebruikersprijzen in kaart. Die component kan de vorm aannemen van een accijnz, maar kan ook een verhandelbaar emissierecht zijn dat er bij de industriële producenten voor zorgt dat de prijs van het product verhoogd wordt met de kostprijs van de emissierechten. De centrale vraag in Tabel 6 is dus hoe de prijs van het product evolueert met de CO₂-inhoud.

Sector	Extra heffing bovenop productie- en distributiekostprijs	Impliciete CO ₂ -prijs (EUR/ton)
Industrie: steenkool*	EU-ETS-prijs	Nu 20 à 30
Industrie: elektriciteitsverbruik*	EU-ETS-prijs	Nu 20 à 30
Industrie: aardgas*	EU-ETS-prijs	Nu 20 à 30
Industrie: oliegebruik*	EU-ETS-prijs	Nu 20 à 30
Trein: elektriciteit	EU-ETS-prijs	Nu 20 à 30
Luchtvaart: intra-EU	EU-ETS-prijs	Nu 20 à 30
Luchtvaart: andere	0	0
Wegtransport: benzine en diesel	Accijnzen en BTW (21% voor gebruik door auto's)	150 à 250
Wegtransport: elektriciteit	EU-ETS-prijs + heffingen en BTW (21%)	20 à 30 (EU-ETS) + 138 EUR/MWh in heffingen + BTW (maar niet proportioneel aan CO ₂)
Elektrische toestellen	EU-ETS-prijs + heffingen en BTW (21%)	20 à 30 (EU-ETS) + 138 EUR/MWh in heffingen + BTW (maar niet proportioneel aan CO ₂)
Gebouwen: aardgas	BTW (21%)	0
Gebouwen: elektriciteit	EU-ETS-prijs + heffingen en BTW (21%)	20 à 30 (EU-ETS) + 138 EUR/MWh in heffingen ²⁹ + BTW (maar niet proportioneel aan CO ₂)
Gebouwen: stookolie	BTW (21%)	0

Tabel 6: Samenstelling energieprijzen in België (2018) en impliciete CO₂-heffingen.

* voor grote industriële gebruikers

²⁹ Berekend voor 2018, voor de huishoudelijke klanten van een bepaalde leverancier: CREG (2019). Studie over de componenten van de elektriciteits- en aardgasprijzen, F1914.

Voor industrieel energiegebruik zijn de prijzen gelijk aan de productieprijs vermeerderd met de EU-ETS-kostprijs. Dit betekent dat alle energiedragers op het vlak van CO₂-uitstoot gelijk worden behandeld. Wanneer de elektriciteitsproductie minder CO₂-intensief is, daalt de EU-ETS-bijdrage. Voor aardgas, olie en steenkool ligt het aantal rechten dat nodig is voor industrieel verbruik vast per gebruikte eenheid brandstof, behalve indien de koolstofuitstoot gecapteerd en gestockeerd wordt. In dat geval is er geen emissierecht verschuldigd, omdat er dan ook geen uitstoot is.

Voor de uitstoot van CO₂ in de transportsector worden de vluchten binnen de EER en de hogesnelheidstrein (HST) op dezelfde manier behandeld wegens het EU-ETS. De vluchten naar bestemmingen buiten de EU en de zeevaart hebben geen CO₂-beperking en betalen geen expliciete of impliciete CO₂-heffing. Het wegtransport betaalt hoge accijnzen die de facto werken zoals een hoge CO₂-heffing, omdat de accijnzen proportioneel zijn met de hoeveelheid brandstof. Hoge accijnzen zetten consumenten aan om hun brandstofverbruik en dus de CO₂-uitstoot te verminderen. Voor elektrische auto's spelen wegens elektrificatie de EU-ETS-heffing en de hoge heffingen op elektriciteit voor particulier gebruik.

Merk op dat door de manier waarop de heffingen in de elektriciteitssector op de consumenten verhaald worden, er geen relatie is tussen de hoogte van deze heffingen en de CO₂-uitstoot gerelateerd aan de productie van deze elektriciteit. Voor de uitstoot van CO₂ in de verwarming van gebouwen is er geen gelijke behandeling tussen elektriciteit, aardgas en stookolie. Op aardgas en stookolie is geen CO₂-heffing van toepassing, terwijl op de productie van elektriciteit EU-ETS-emissierechten moeten worden betaald en ook nog eens hoge distributieveffingen van toepassing zijn.

Wanneer er in een sector geen CO₂-component (de kostprijs van het EU-ETS-emissierecht of een extra heffing) in de energieprijzen vervat zit, wordt de overgang naar een meer klimaatneutrale oplossing moeilijk. De energiegebruiker weet niet welke energiedrager de beste oplossing biedt. De overheid dient het klimaatbeleid dan te voeren door bepaalde verwarmingsinstallaties te verbieden en efficiëntienormen op te leggen (bv. de isolatie van gebouwen). Omdat dit echter extra kosten met zich meebrengt die ten laste zijn van de energiegebruiker, zal die gebruiker proberen aan de normen te ontsnappen door bijvoorbeeld de renovatie van zijn huis uit te stellen. Ook producenten van apparatuur missen de aansporing om te zoeken naar minder broeikasgasintensieve oplossingen en zullen zich beperken tot het aanbieden van oplossingen die voldoen aan de regelgeving. Er is immers geen voordeel voor de gebruikers en dus ook geen markt voor oplossingen die het beter doen. Kortom, het systeem mist een stimulans om te innoveren en het beter te doen dan de norm.

NATIONALE DOELSTELLINGEN VOOR DE NIET-EU-ETS-SECTOREN

Naast efficiëntiestandaarden legt Europa ook absolute emissiedoelstellingen op voor de CO₂-uitstoot per land van niet-EU-ETS-sectoren (Tabel 6). Voor EU-ETS-sectoren heeft de EU de zaken onder controle door het plafond vast te leggen voor emissierechten en dit progressief te laten dalen, maar dit moet wel vervuld worden door doelstellingen voor niet-EU-ETS-sectoren.³⁰

Voor de gebouwen- en transportsectoren bestaan wel efficiëntienormen, maar die garanderen geen beperking op de totale CO₂-uitstoot. De resultaten hangen ten dele af van de ontwikkeling in het activiteitsvolume (bv. het aantal gereden autokilometers of het aantal woningen) en van de manier waarop dit beleid een nationale invulling krijgt. Door de totale CO₂-uitstoot per land in niet-

³⁰ Er is een beperkte mogelijkheid voor elk land om zijn doelstellingen in niet-EU-ETS-sectoren te realiseren door de aankoop van EU-ETS-emissierechten.

EU-ETS-sectoren te beperken krijgt men op Europees niveau de garantie dat de globale Europese doelstellingen (-40% in 2030 en bijna klimaatneutraal in 2050) worden bereikt.

Aan alle lidstaten wordt ook een *energie-efficiëntie*doelstelling opgelegd voor 2020, hoewel die voor 2030 niet langer per lidstaat wordt opgelegd. Energie-efficiëntie houdt immers niet direct verband met de klimaatdoelstelling en is als maatregel ook te weinig selectief. We gaven reeds enkele voorbeelden. Andere zijn dat het besparen van hernieuwbare energie even zwaar doorweegt als minder olie gebruiken en ook geen direct verband houdt met het stimuleren van nieuwe technologieën. Daarom wordt energie-efficiëntie steeds minder als een aparte doelstelling gezien.

HOE DOEN BELGIË EN VLAANDEREN HET?

Het klimaatbeleid en het hernieuwbare energiebeleid zijn in grote mate de verantwoordelijkheid van de gewesten. Enkel offshore-windenergie en indirecte belastingen op energie (zoals BTW) zijn expliciet de bevoegdheid van de federale overheid. België heeft aanvaard om tegen 2030 de CO₂-uitstoot in niet-EU-ETS-sectoren met 35% te reduceren t.o.v. 2005.³¹ België heeft ook aanvaard om tegen 2020 hernieuwbare energie in te zetten ten belope van 13% van het finale energiegebruik. De Belgische doelstelling voor hernieuwbare energie in 2030 is nog niet vastgelegd. Omdat het EU-ETS op zich voldoende is om de CO₂-uitstoot in de elektriciteitssector progressief te beperken, is de belangrijkste reden waarom de EU hernieuwbare energiequota oplegt het stimuleren van hernieuwbare energietechnologieën.

Bij de laatste Europese evaluatie van het Belgische beleid bleek dat de huidige Belgische klimaatplannen niet volstaan om de ambitie van een CO₂-uitstootreductie van 35% in niet-EU-ETS-sectoren waar te maken in 2030. Ook de hernieuwbare energiedoelstelling zal niet gehaald worden.³² Dit werpt vragen op over het ambitieniveau, maar ook over de beleidsvoorbereiding. In vergelijking met landen zoals Nederland slagen we er niet in om een gecoördineerde reken- en planoefening te maken.

We gaan er in Hoofdstuk 4 dieper op in, maar merken hier al kort op dat de hernieuwbare-energie-doelstelling niet noodzakelijk in het land zelf moet worden gerealiseerd. De Belgische hernieuwbare-energie-doelstelling kan tegen een lagere kostprijs gerealiseerd worden in het buitenland door statistische transfers. Dit betekent dat België extra installaties voor hernieuwbare energie zou plaatsen in een andere lidstaat en dat die dan meetellen voor zijn hernieuwbare-energiequotum, zonder dat de opgewekte elektriciteit naar België moet worden vervoerd. Alleen is het zo dat politici in België deze mogelijkheid nog niet echt hebben verkend.³³ Dit is een voorbeeld van *virtue signalling*: politici willen tonen dat ze klimaatbewust zijn door klimaatmaatregelen vooral in eigen land te willen nemen of door hogere subsidies te verlenen aan klimaatvriendelijke installaties bij de burger, zelfs indien dit meer kost. Zo werd in België de particulier voor de installatie van fotovoltaïsche panelen met hogere subsidies gesteund dan bedrijven, terwijl bij deze laatsten eenzelfde resultaat zou zijn gerealiseerd tegen een lagere subsidiekost.

De analyse van Ovaere en Gillingham (zie Kader 2) toont de noodzaak aan van internationale samenwerking om de quota te behalen voor hernieuwbare energie en van overschakelen naar een

³¹ www.health.belgium.be/nl/news/de-europese-commissie-evalueert-het-belgisch-nationaal-energie-en-klimaatplan en www.klimaat.be/nl-be/klimaatbeleid/europees-beleid/klimaat-energiepakket-2030/.

³² Meus, J., Van den Bergh, K., Delarue, E., Proost, S. (2019). *Belgium's Renewable Energy Target: Facts, Figures and Outlook*. Available online: www.mech.kuleuven.be/en/tme/research/energy_environment/Pdf/wp-en2019-06.

³³ Meus J., Van den Bergh K., Delarue E., Proost S., (2019). On international renewable cooperation mechanisms: The impact of national RES-E support schemes, *Energy Economics*, 81 (2019) 859-873.

eerlijker tarief (dicht bij de echte waarde) voor de levering van elektriciteit. We kunnen besluiten dat er wel perspectieven zijn voor zonne- en windenergie op lange termijn indien sterk wordt ingezet op technologische vernieuwing. De veel lagere kostprijzen voor 2050 kunnen niet bereikt worden door nog honderdduizend keer dezelfde fotovoltaïsche panelen te installeren, maar wel door ondersteuning van verbeterde technologieën voor energie uit hernieuwbare bronnen.

Vele wegen leiden naar Rome. Ook voor het Belgische energiebeleid zijn veel alternatieven mogelijk, zowel technologisch als beleidsmatig. Wij verkennen er hier een aantal. Sommige inzichten worden nog verdiept in de Bijlage. Tegelijkertijd benadrukken we nog eens dat het voor een land als België van groot belang is om niet enkel automatisch het Europese beleid te volgen, maar met kennis van zaken er ook de grootste kosteneffectiviteitsvoordelen uit te halen, die beleidskeuzes op het Europese toneel ook goed te bewaken en waar nodig te verdedigen. Omdat België meestal intern verdeeld is, heeft het land tot op vandaag weinig of geen invloed gehad op het Europese toneel, terwijl het wel degelijk mee kan beslissen over het Europese beleid.

Kader 2: Analyse van de waarde van hernieuwbare energie

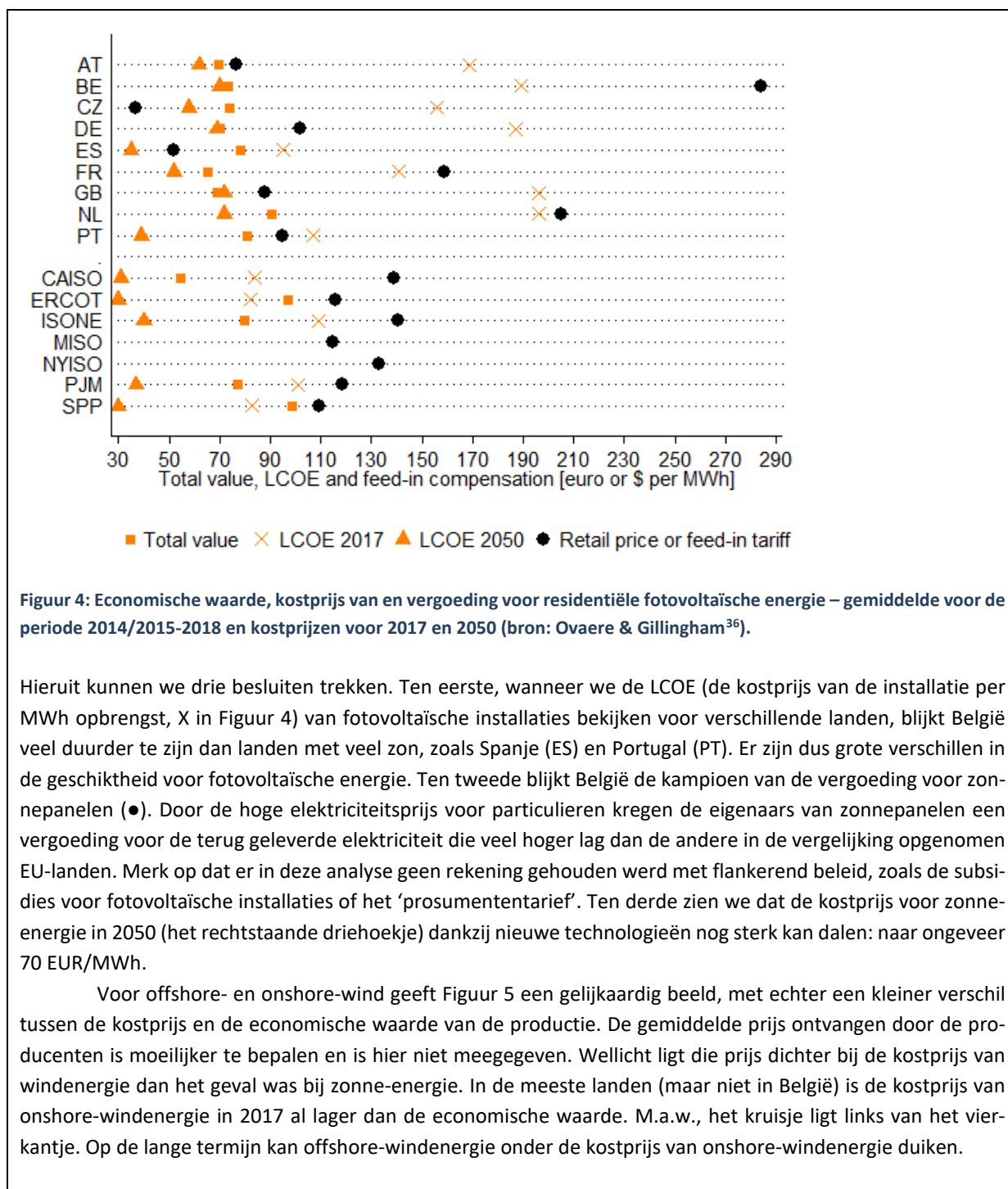
Ovaere en Gillingham onderzochten voor verschillende Europese landen en regio's in de VS de waarde van hernieuwbare energie. Zij deden dit op basis van een econometrische analyse op uurbasis die het effect van een extra MWh berekent voor de vorige vier jaar, rekening houdend met de marktprijzen, ingezette technologieën, reservevermogens en vermeden emissies.³⁴ Figuur 4 vergelijkt het nut en de steunmaatregelen voor fotovoltaïsche energie in verschillende EU-landen en regio's in de VS.

Elk land is voorgesteld door een lijn met vier gemiddelde kosten en prijsniveaus voor de periode 2014/2015 tot 2018. Voor België (BE, tweede lijn) geeft het vierkantje de gemiddelde totale waarde weer van een MWh elektriciteit geproduceerd door een fotovoltaïsche installatie in België over alle uren van deze vier jaar. Deze totale waarde vertrekt van de marktprijs op dat uur, trekt er de uitgespaarde milieukosten af (CO₂, luchtverontreiniging met daarin NO_x, SO₂ en PM_{2,5}) die berekend worden met de verplaatste productie door andere centrales, de uitgespaarde reserve en de uitgespaarde balanceringskosten van het elektriciteitsnet (die negatief kunnen zijn, omdat zonne-energie meestal extra reservevermogen vergt) en ten slotte de lokale netkosten. De totale waarde is dus de echte opbrengst voor de gemeenschap van een MWh zonne-energie, opgewekt in België gedurende deze periode. Hierbij is rekening gehouden met de marktprijs over de verschillende uren van het jaar en de verschillen in reservekosten, die samenhangen met het netto gevraagde vermogen. Het kruisje (X) (LCOE 2017) geeft de gemiddelde kostprijs per MWh weer, die bekomen wordt door de kostprijs van de installatie te delen door de opbrengst in MWh.³⁵ Het driehoekje geeft de verwachte installatiekost (LCOE) weer in 2050. Het vierde punt op de lijn (●) geeft de vergoeding weer die de particulier krijgt per geleverde MWh.

³⁴ Een alternatieve benadering bestaat erin een gedetailleerd simulatiemodel in te zetten voor de elektriciteitsproductie.

Voor België zijn er resultaten beschikbaar die in dezelfde lijn liggen, zie: https://limo.libis.be/primoexplore/fulldisplay?docid=LIRIAS1731427&context=L&vid=Lirias&search_scope=Lirias&tab=default_tab&lang=en_US&fromSitemap=1.

³⁵ De assumpties voor de kostenberekening (de 'levelised cost of ownership', LCOE) zijn dezelfde voor alle landen en regio's en komen van de *annual technology baseline* van NREL (<https://atb.nrel.gov/>). Alle assumpties (investeringskost, O&M-kost, levensduur, interestvoet) zijn exact hetzelfde voor alle landen, behalve de *capacity factor* (die samenhangt met de lokale hoeveelheid zon en wind die wel sterk verschillen naargelang de locatie). LCOE 2050 komt ook rechtstreeks van NREL (impliciete assumptie dat de *capacity factor* constant blijft, enkel investeringskost e.d. gaan dalen).

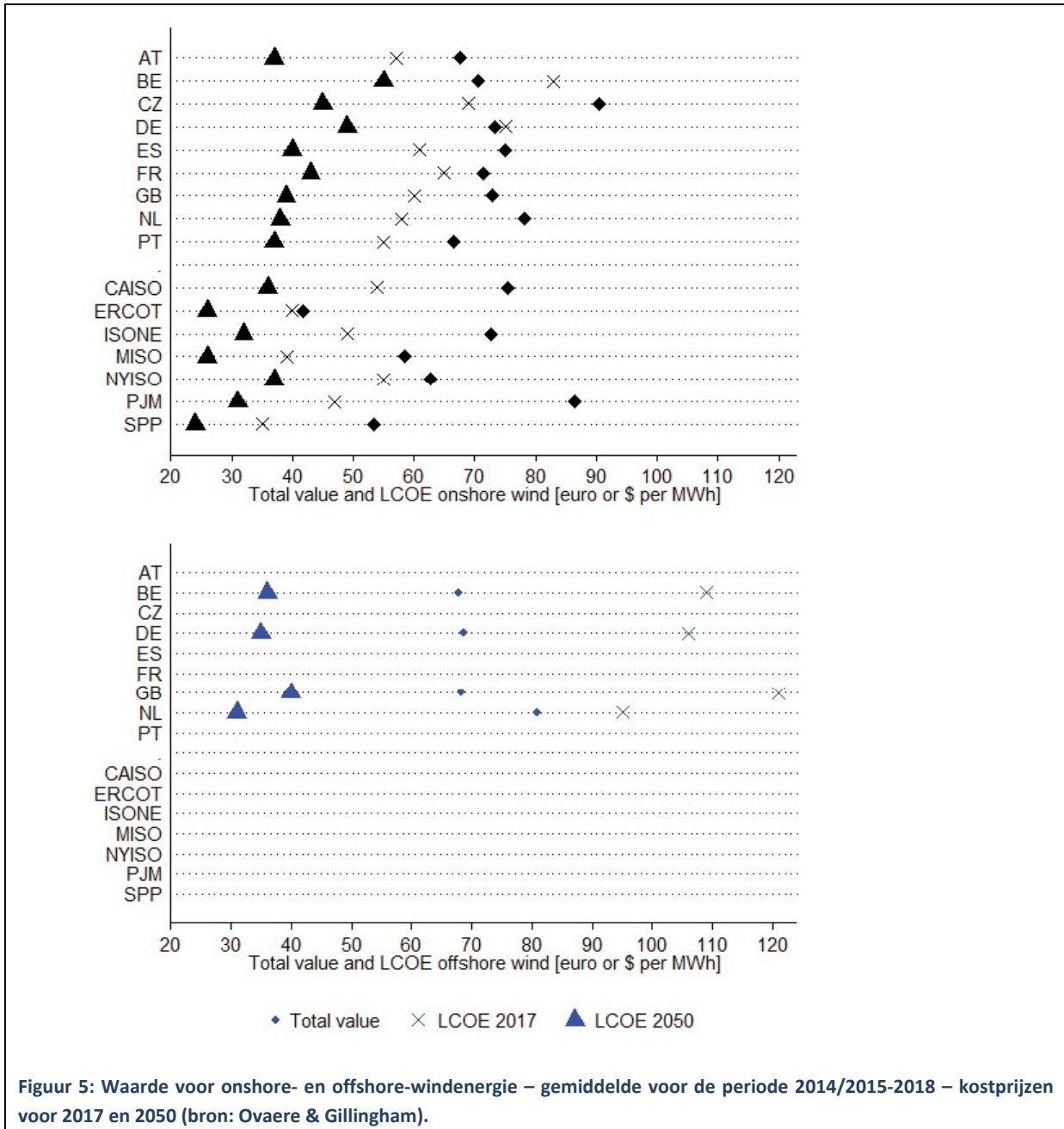


Figuur 4: Economische waarde, kostprijs van en vergoeding voor residentiële fotovoltaïsche energie – gemiddelde voor de periode 2014/2015-2018 en kostprijzen voor 2017 en 2050 (bron: Ovaere & Gillingham³⁶).

Hieruit kunnen we drie besluiten trekken. Ten eerste, wanneer we de LCOE (de kostprijs van de installatie per MWh opbrengst, X in Figuur 4) van fotovoltaïsche installaties bekijken voor verschillende landen, blijkt België veel duurder te zijn dan landen met veel zon, zoals Spanje (ES) en Portugal (PT). Er zijn dus grote verschillen in de geschiktheid voor fotovoltaïsche energie. Ten tweede blijkt België de kampioen van de vergoeding voor zonnepanelen (●). Door de hoge elektriciteitsprijs voor particulieren kregen de eigenaars van zonnepanelen een vergoeding voor de terug geleverde elektriciteit die veel hoger lag dan de andere in de vergelijking opgenomen EU-landen. Merk op dat er in deze analyse geen rekening gehouden werd met flankerend beleid, zoals de subsidies voor fotovoltaïsche installaties of het 'prosumentarief'. Ten derde zien we dat de kostprijs voor zonne-energie in 2050 (het rechtstaande driehoekje) dankzij nieuwe technologieën nog sterk kan dalen: naar ongeveer 70 EUR/MWh.

Voor offshore- en onshore-wind geeft Figuur 5 een gelijkaardig beeld, met echter een kleiner verschil tussen de kostprijs en de economische waarde van de productie. De gemiddelde prijs ontvangen door de producenten is moeilijker te bepalen en is hier niet meegegeven. Wellicht ligt die prijs dichterbij de kostprijs van windenergie dan het geval was bij zonne-energie. In de meeste landen (maar niet in België) is de kostprijs van onshore-windenergie in 2017 al lager dan de economische waarde. M.a.w., het kruisje ligt links van het vierkantje. Op de lange termijn kan offshore-windenergie onder de kostprijs van onshore-windenergie duiken.

³⁶ Ovaere M., Gillingham, K. (2019). The Value of Renewables: observational and experimental evidence from the United States and Europe, discussion paper Yale, <https://drive.google.com/file/d/11-sp4fUwUIW4WR3WdzEPxAz5e6AQvS7E/view>.



Figuur 5: Waarde voor onshore- en offshore-windenergie – gemiddelde voor de periode 2014/2015-2018 – kostprijzen voor 2017 en 2050 (bron: Ovaere & Gillingham).

4. ALTERNATIEVE ENERGIEROUTES VOOR DE TOEKOMST

Na de verkenning van het huidige beleid is de volgende vraag welke andere, alternatieve energieroutes mogelijk zijn voor de toekomst. Om interessante pistes te verkennen wordt hier eerst ingegaan op de mogelijke ontwikkeling van de vraag naar energie en vervolgens op alternatieve productiemogelijkheden. Duidelijk is alvast dat er geen zogenaamde *silver bullet* of perfecte oplossing is en dat verschillende opties samen aangewend moeten worden.

In Paragrafen A tot C bekijken we eerst drie belangrijke gebruikssectoren voor energie. De industrie (EU-ETS-sector) en de sectoren transport en gebouwen (niet-EU-ETS-sectoren) zijn alle drie potentiële elektriciteitsgebruikers en belangrijke bronnen van uitstoot van broeikasgassen. Daarom bespreken we deze sectoren eerst. Aangezien ze alle drie evolueren naar meer toepassingen van elektriciteit (elektrificatie), onderzoeken we vervolgens alternatieven voor de elektriciteitsproductie. In Paragraaf D behandelen we de elektriciteitsvraag voor België en in welke mate de bevoorrading betrouwbaar is. In Paragrafen E, F en G kijken we naar hernieuwbare energie, alternatieve energiedragers en de rol die kernenergie nog speelt. Voor drie deeldomeinen, het EU-ETS, kernenergie en transport, volgen in de Bijlage ook nog achtergrondnota's voor meer duiding.

A. INDUSTRIE (EU-ETS-SECTOR)

De industrie is een van de grote energiegebruikers en in Vlaanderen goed voor 43% van het primair energieverbruik³⁷ en 27% van de broeikasgasemissies. Door de grootte van de Vlaamse chemiecluster en de metaalindustrie is dit aandeel groter dan gemiddeld in Europa. Het energetisch energieverbruik³⁸ was in 2016 ongeveer op hetzelfde niveau als in 1990. Een kwart hiervan staat op rekening van het gebruik van kolen en cokes, voornamelijk in de staalindustrie. De verdeling over de energiedragers is vrij stabiel sinds 2010, wat de indruk geeft dat de gemakkelijkste efficiëntieverbeteringen reeds zijn doorgevoerd.

De grootste broeikasgasuitstoot komt van de staal- en cementproductie, respectievelijk ongeveer 22% en 13% van de industriële CO₂-uitstoot.³⁹ Bovendien kennen de productie van cement en in mindere mate ook van staal een belangrijke CO₂-uitstoot die inherent is aan het productieproces (3 tot 5% van de wereldwijde CO₂-uitstoot is afkomstig van cementproductie), naast de CO₂-uitstoot van de benodigde energie voor die processen. Aangezien de waardeketen voor de meeste materialen en producten zich wereldwijd afspeelt en een wereldwijde voetafdruk heeft, moet bij de consumptie van producten uiteraard ook rekening worden gehouden met de CO₂-uitstoot van die delen van de keten in het buitenland. De invoering van het EU-ETS had een gunstige invloed op de relatieve broeikasgasuitstoot in Europa. Die is sterk is teruggelopen en zelfs in absolute cijfers gedaald: met 19% in 2016 ten opzichte van 1990.

Een deel van de industriële broeikasgasemissies kan nog verder verminderd worden door elektrificatie, ter vervanging van aardgas en olie als brandstof. De CO₂-uitstoot van het productieproces is naast het gebruik van restbrandstoffen in de chemie (in energietermen: meer dan 40% van het totale

³⁷ MIRA. (2019). Milieurapport Vlaanderen. Geraadpleegd 23/06/2019, op www.milieurapport.be.

³⁸ Energieproducten (aardgas, olie) worden ook gebruikt voor niet-energetische doeleinden, zoals plastics. Dit energiegebruik geeft geen aanleiding tot CO₂-uitstoot en wordt daarom niet besproken.

³⁹ Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., et. al. (2014). Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, UK.

energieverbruik) echter moeilijk weg te werken door transitie in de mix van primaire energiebronnen. Hiervoor zijn innovaties nodig in het productieproces zelf.

NOOD AAN RADICALE INNOVATIES IN DE STAAL-, CEMENT- EN CHEMIESECTOR

Een van de mogelijkheden om broeikasgasemissies weg te werken is dus het (nog) efficiënter maken van de productieprocessen. In geïndustrialiseerde landen zoals het VK en België zouden zowel een efficiëntere productie als recyclage tot een reductie van 21 à 40% kunnen leiden.⁴⁰ Meer radicale innovaties zijn nodig in de sectoren van staal, cement en chemie. Welke procesinnovaties bestaan er en wat leveren ze vandaag en mogelijk in de toekomst op?

Meer radicale innovaties in de staalindustrie zijn bijvoorbeeld het Hisarna-proces van Tata Steel of het direct reduceren van ijzererts,⁴¹ waarbij er minstens 20% minder CO₂-uitstoot is, of de waterstofreductie van ijzererts (Hybrit-project van SSAB), waarbij de CO₂-uitstoot van het productieproces zo goed als volledig vermeden wordt.⁴² Uiteraard is daarbij een koolstofarme waterstofproductie noodzakelijk. Volgens onderzoek⁴³ kan deze nieuwe technologie op basis van waterstofreductie reeds rendabel zijn bij een koolstofprijs van 34 à 68 EUR/ton CO₂ en een elektriciteitsprijs van 40 EUR/MWh.⁴⁴

In de cementindustrie zijn er ontwikkelingen in het gebruik van anorganische polymeren, gebaseerd op industriële afvalstromen zoals slakken en verbrandingsassen, en natuurlijke puzzolanen.⁴⁵ Dit zou de CO₂-uitstoot van de cementindustrie met meer dan 90% kunnen verminderen.⁴⁶ In de chemie is er ook een hele (r)evolutie gaande naar andere, biogebaseerde grondstoffen,⁴⁷ waardoor de CO₂-uitstoot in principe ook vermindert door de opname van CO₂ tijdens de vorming van de biomassa. De CO₂-winst hangt hoofdzakelijk af van de complexiteit van de processen en de intensiviteit van de landbouw hoger in de keten. Daar wordt er vooral gekeken naar afvalstromen, om niet in competitie te gaan met de voedselproductie.

Waar er nog resterende industriële CO₂-uitstoot is die niet kan worden gereduceerd door deze alternatieve processen, kunnen *Carbon Capture and Utilisation* (CCU) en *Carbon Capture and Storage* (CCS) oplossingen zijn. CCU-technologie wordt bijvoorbeeld getest op de site van ArcelorMittal in Gent. Deze technologieën, Steelanol in het bijzonder en CCU in het algemeen, kunnen een belangrijke rol spelen in de Vlaamse industriële lage koolstoftransitie om emissies in de petrochemische productie, bv. afkomstig van de ammoniak-, de ethyleen- en de propyleenproductie, te verminderen.⁴⁸

⁴⁰ Allwood, J., & Cullen, J. (2012). *Sustainable Materials: With Both Eyes Open*, UIT Cambridge Ltd.

⁴¹ Meijer, K., Zeilstra, C., Teerhuis, C., Ouweland, M., & van der Stel, J. (2013). Developments in alternative ironmaking. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 66(5-6), 475-481.

⁴² Vogl, V., Åhman, M., & Nilsson, L. J. (2018). Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking. *Journal of Cleaner Production*, 203, 736-745. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.279>.

⁴³ *Ibidem*.

⁴⁴ De huidige koolstofprijs ligt rond de 20 à 30 EUR en de prijs van elektriciteit ligt rond de 50 à 60 EUR.

⁴⁵ Puzzolanen zijn alternatieve bindmiddelen.

⁴⁶ Di Maria, A., Salman, M., Dubois, M., & Van Acker, K. (2018). Life cycle assessment to evaluate the environmental performance of new construction material from stainless steel slag. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1-19.

⁴⁷ Weiss, M., Haufe, J., Carus, M., Brandão, M., Bringezu, S., Hermann, B., & Patel, M. K. (2012). A review of the environmental impacts of biobased materials. *Journal of Industrial Ecology*, 16, S169-S181.

⁴⁸ Wyns, T., Khandekar, G., Axelson, M., & Robson, I. (2019). Towards a Flemish industrial transition framework: IES, VUB.

DE ROL VAN EEN CIRCULAIRE ECONOMIE

Naast een efficiëntere en innovatieve productie zijn er onvermijdelijk andere strategieën noodzakelijk die onder een circulaire economie vallen. In Vlaanderen worden reeds heel wat materiaalstromen gerecycleerd. Zo krijgt 95% van de bouwmaterialen een andere bestemming na afbraak. Toch is er zeker nog heel wat evolutie mogelijk naar meer hoogwaardige recyclage en naar andere circulaire-economiestrategieën, zoals hergebruik en herstel, de levensduurverlenging van producten, deelsystemen en materiaalefficiëntere ontwerpen. Volgens onderzoek zijn deze strategieën het meest effectief in het verminderen van de impact van (industriële) producten op klimaatopwarming.⁴⁹ Zo kunnen bedrijven ook nog hun onderlinge energie- en materiaalbalans maximaliseren (warmte, water, materialen, reststromen) met andere productieprocessen in de buurt en met andere economische sectoren (bv. warmte in gebouwen, landbouw, voeding, energie, etc.). Er is infrastructuur nodig om een dergelijke symbiose mogelijk te maken.

Zoals reeds gezegd wordt de energieconversie in de industrie vooral gestuurd door het EU-ETS. De verwachte prijzen voor emissierechten zullen bepalen hoe snel de industriële processen zullen schakelen. De overheid kan hier wel faciliteren, maar reguleren en subsidiëren is moeilijk, omdat dit leidt tot concurrentievervalsing. Bij een te groot kostenverschil tussen de Europese productie en de productie in de rest van de wereld zullen bovendien correcties, bv. in de vorm van invoertarieven, noodzakelijk worden.

B. TRANSPORT (NIET-EU-ETS-SECTOR)

Het wegvervoer staat in voor meer dan 80% van het personenvervoer (persoonkilometer) en ook 80% van het vrachtvervoer (tonkilometer) en gebruikt bijna uitsluitend fossiele brandstoffen (benzine en diesel) als energiebron. De transportsector is hiermee verantwoordelijk voor ongeveer een kwart van de Belgische broeikasgasuitstoot. Het spoor en in mindere mate de binnenscheepvaart nemen het overige personenvervoer en vrachtvervoer voor hun rekening. Het personenvervoer per spoor gebeurt in België bijna volledig elektrisch en valt daardoor onder de EU-ETS-regeling. De CO₂-uitstoot van de luchtvaart en de zeevaart worden niet per land, maar op Europees niveau verrekend. In deze sectoren groeit de CO₂-uitstoot het sterkst. Aan de hand van de volgende vragen worden een paar alternatieve energieroutes voor transport overwogen.

LEIDEN EEN ANDERE RUIMTELIJKE ORDENING EN EEN VERSCHUIVING VAN WEGVERVOER NAAR ANDERE VERKEERSMODI (TREIN, BINNENVAART) TOT MINDER BROEIKASGASEMISSIES?

Het wegverkeer brengt vier verschillende maatschappelijke problemen met zich mee: files, lokale luchtverontreiniging, ongevallen en broeikasgasuitstoot. Elk van deze vier problemen vereist andere beleidsinstrumenten.⁵⁰ Files zijn plaats- en tijdsgebonden en vergen dus een coördinatie van vertrektijden, bv. door een vorm van rekeningrijden. Lokale luchtverontreiniging heeft vooral te maken met dieselwagens waarvan de uitstootnormen niet nageleefd worden (*dieselgate*). Ongevallen vereisen een strikte naleving van de verkeersregels met voldoende sanctionering (bv. een rijbewijs met punten)

⁴⁹ Allwood, J. and J. Cullen (2012). *Sustainable Materials: With Both Eyes Open*, UIT Cambridge Ltd.

⁵⁰ Zie Proost S., Evers R. (2018). *Slimmer onderweg*, ACCO uitgeverij, 204 p.

en voldoende monitoring (bv. camera's). Broeikasgasuitstoot vergt het terugdringen van het energiegebruik uit fossiele brandstoffen.

We staan kort stil bij enkele manieren om het energiegebruik uit fossiele brandstoffen te verminderen: minder autoverplaatsingen maken, alternatieve verkeersmodi kiezen, zoals openbaar vervoer, (elektrische) fiets en trein, de keuze voor zuinigere voertuigen en ten slotte voor voertuigen op een andere brandstof: aardgas, biobrandstoffen, elektriciteit of waterstof. We bekijken deze oplossingen vooral door de lens van de broeikasgasuitstoot. Een welbepaalde keuze lost nog niet meteen alle klimaatproblemen op.

Ten eerste kan men het energiegebruik uit fossiele brandstof trachten te verminderen door minder autoverplaatsingen te maken. Het volume aan personenverkeer reduceren is echter nog iets anders. Maatregelen zoals fietsen, telewerken, verplaatsingen combineren, carpooling, een betere ruimtelijke ordening, etc., zijn belangrijk en worden al intensief toegepast, maar kunnen het volume aan personenverkeer maar beperkt reduceren. Zo blijkt uit internationale vergelijkingen dat ook bij een betere ruimtelijke ordening het volume aan autoverkeer wel daalt, maar toch aanzienlijk blijft: België heeft bv. 13% meer autokilometers per hoofd dan Nederland, onder meer door de minder gunstige ruimtelijke ordening in België. Het aandeel autoverkeer in het totale aantal personenkilometer is evenwel groter in Nederland. In de Nederlandse steden is het aandeel fietsverkeer groter dan het aandeel openbaar vervoer, terwijl het bij ons net andersom is. Het Nederlandse voorbeeld toont dat een betere ruimtelijke ordening dus een rol speelt en niet noodzakelijk leidt tot een groter aandeel openbaar vervoer, maar wel tot meer fietsverkeer.

Ten tweede kan men door een vervanging van autogebruik door treinvervoer de broeikasgasuitstoot terugdringen. Het elektriciteitsgebruik door de trein is namelijk opgenomen in het EU-ETS. Er zijn twee gevallen. Een treinrit die een autorit op fossiele brandstof vervangt, betekent dus een bijna volledige vermindering van de CO₂-uitstoot van de autorit. Een treinrit die een autorit met een elektrische auto vervangt, zorgt niet voor een vermindering van de CO₂-uitstoot, omdat beide vervoermiddelen dan onder hetzelfde EU-ETS-emissieplafond vallen. Een treinrit wordt echter in België nu al zwaar gesubsidieerd. Dit heeft geleid tot een sterke verhoging van het gebruik van het openbaar vervoer, maar slechts een gedeelte daarvan zijn ex-autogebruikers.⁵¹ De verdere substitutie van de auto door treingebruik moet goed onderzocht worden. Zonder een betere prijszetting van weg- en treingebruik komen er weliswaar wel meer verplaatsingen, maar dit laat het aantal autoverplaatsingen niet sterk dalen. Daarenboven worden de gebieden met de grootste densiteit reeds bediend, wat het er niet gemakkelijker op maakt om een extra aanbod aan openbaar vervoer te voorzien. Bijgevolg wordt de substitutie van de auto door treinvervoer een dure manier om CO₂ te besparen. Een autorit vervangen door een treinrit moet hoofdzakelijk om andere redenen gebeuren, zoals het verminderen van de files en van de klassieke luchtverontreiniging.

WAT TE VERWACHTEN VAN ZUINIGERE VOERTUIGEN EN ELEKTRISCHE VOERTUIGEN?

De derde weg naar een reductie van energiegebruik uit fossiele brandstoffen en dus van de broeikasgasuitstoot is de productie van zuinigere voertuigen, evenals de productie van elektrische voertuigen. We zien dat beide oplossingen niet geïsoleerd, maar wel voorlopig vooral gecombineerd een oplossing

⁵¹ Belangrijk is in welke mate een verbetering van het openbaar vervoer (door lagere prijzen en hogere frequentie) zorgt voor meer reizigers die hun auto laten staan. Empirisch onderzoek toont aan dat van de 10 extra reizigers voor het openbaar vervoer er slechts 2 à 4 ex-automobilisten zijn. Zie Dunkerley F., M. Wardman, C. Rohr, N. Fearnley (2018). Bus fare and journey time elasticities and diversion factors for all modes, www.rand.org/t/RR2367.

zijn. Voertuigen zijn de laatste vijftien jaar al 30% zuiniger geworden. Een zuinigere auto is echter goedkoper in gebruik en wordt daarom ook intensiever gebruikt. Precies om die laatste reden zal de nettobrandstofbesparing van een zuinigere auto kleiner zijn dan de efficiëntieverbetering. Dit wordt het *rebound effect* genoemd, dat ook relevant is voor de verwarming van gebouwen. Wanneer de terugslag of het *rebound effect* bv. 20% bedraagt, zal een efficiëntieverbetering met 30% zorgen voor een netto-uitstootvermindering van slechts 24% i. p. v. 30%.⁵²

Nu voorziet de EU dat nieuwe auto's hun uitstoot van broeikasgassen moeten terugdringen van 95 g CO₂ in 2021 naar 59 g CO₂ in 2030 (of een daling van gemiddeld 4,9 l benzine/100 km in 2021 naar 2,9 l/100 km in 2030). De huidige belasting op motorbrandstoffen is in feite een koolstoftaks van meer dan 200 EUR/ton CO₂ (cfr. Tabel 6). Het moet dan ook niet verwonderen dat de kostprijs van de CO₂-uitstootvermindering bij nieuwe auto's, zelfs met technologische vooruitgang, nog steeds hoog is: 100 tot 200 EUR/ ton CO₂. Een zuinigere auto spaart vooral accijnsbelastingen uit. Dit is voor de individuele burger interessant, maar voor de volledige economie is dit geen echte besparing, omdat die belastingen ergens anders moeten worden geheven.

Autoconstructeurs kunnen volgens de EU aan deze strenge normen voldoen door brandstof-efficiëntierechten te kopen van de producenten van elektrische voertuigen of door zelf elektrische voertuigen te maken. Elektrische voertuigen tellen in het gemiddelde mee voor een auto die 0 liter verbruikt per 100 km. Concreet moet elke autoconstructeur van benzine- of dieselwagens in 2030 aantonen dat zijn nieuwe auto's gemiddeld 2,9 l/100 km verbruiken. Dit maakt dat de benzineauto veel zuiniger, duurder en wellicht lichter en kleiner moet worden.

De autoconstructeur kan echter die doelstelling ook bereiken door meer elektrische voertuigen te produceren, bv. 50% benzinevoertuigen die 5,8 l/100 km verbruiken, en 50% elektrische voertuigen, die 0 l/100 km verbruiken. Een benzineautoproducent kan ook aan de verplichting voldoen door brandstofefficiëntierechten te kopen bij producenten van elektrische voertuigen. Deze brandstofrechten worden dus betaald door de producenten van auto's op fossiele brandstof, die auto's op fossiele brandstof duurder en elektrische voertuigen goedkoper maken.

Nochtans zal de verkoopmix van wagens op fossiele brandstof en elektrische voertuigen in 2030 wellicht veel minder dan 50% elektrische voertuigen bevatten. Producenten van auto's op fossiele brandstof zullen inzetten op R&D om gemakkelijker een laag brandstofverbruik te bereiken. Ook producenten van elektrische voertuigen zullen inzetten op R&D om de kosten van batterijen te verminderen en zullen zo hun elektrische voertuigen goedkoper maken. Uiteindelijk krijgen we in 2030 dus zuinigere fossiel aangedreven auto's, die duurder zullen zijn dan vandaag, omdat ze de elektrische voertuigen gedeeltelijk zullen kruissubsidiëren om aan het gewenste gemiddelde verbruik van 2,9 l/100 km te geraken. De elektrische voertuigen zullen goedkoper worden, omdat hun batterijkosten gedaald zullen zijn, en omdat ze een kruissubsidie zullen hebben ontvangen van de auto's op fossiele brandstof. De verkoopmix zou 10 à 30% elektrische voertuigen kunnen bevatten.⁵³ Elke autoconstructeur wordt hier voor zijn verantwoordelijkheid geplaatst. Het zijn de autoconstructeurs die het gemiddelde gebruik van auto's moeten terugdringen, en het is niet aan de overheden van de lidstaten om het juiste aandeel elektrische voertuigen te bepalen.

⁵² Een efficiëntieverbetering van 30% en een *rebound effect* van 20% zorgt voor een nettodaling van $0,3 - (0,2)(0,3) = 0,24$ of 24% van het energiegebruik.

⁵³ Zie Littlejohn & Proost (2019). What Role for Electric Vehicles in the Decarbonization of the Car Transport Sector in Europe?, CES-IFO DP 7789, www.cesifo.org/DocDL/cesifo1_wp7789.pdf.

Elektrische voertuigen zijn nog steeds erg duur (10.000 EUR hogere kostprijs t.o.v. een benzinewagen) en de eigenaars betalen geen accijnzen (500 à 800 EUR voordeel voor consumenten per jaar⁵⁴) en geen belasting op inverkeerstelling (BIV). Het maakt ze momenteel nog tot een dure optie om CO₂ te besparen, omdat ze per jaar uiteindelijk maar 1 tot 2 ton CO₂ vermijden. Dit kan je vergelijken met de huidige veel lagere kostprijs van 20 à 30 EUR per ton CO₂ in de EU-ETS-sectoren, maar de EU-ETS-prijs zal in 2030-2050 wellicht nog sterk stijgen. Technologische vooruitgang zal de prijs van elektrische voertuigen nog drukken, maar ze blijven in de nabije toekomst een dure manier om CO₂ te besparen. Door technische vooruitgang en schaafeffecten kunnen elektrische voertuigen tussen 2030 en 2040 wel een groot marktaandeel bereiken en kan de kostprijs van CO₂-emissievermindering in de autosector dalen tot 100 EUR/ton CO₂.⁵⁵

IS HET ZINVOL OM DE PENETRATIE VAN ELEKTRISCHE VOERTUIGEN TE VERSNELLEN?

Sommige lidstaten of steden willen de penetratie van elektrische voertuigen versnellen door unilateraal nu al auto's op fossiele brandstof te verbannen, en wel vanaf 2030 of 2035. Dit heeft verschillende effecten. Ten eerste is de verplichting voor autoconstructeurs een verplichting op EU-niveau. Wanneer een lidstaat verplicht wordt om meer elektrische voertuigen te kopen, kunnen autoconstructeurs meer auto's op fossiele brandstof verkopen in andere lidstaten en zo toch hun gemiddelde verbruikscijfers halen. Dit betekent dat het land met meer elektrische voertuigen wel minder CO₂-uitstoot in de nationale CO₂-uitstootgegevens zal optekenen, maar dat er op EU-niveau geen extra vermindering is van de CO₂-uitstoot. De inwoners van de lidstaten die elektrische auto's promoten, zullen wel meer betalen voor hun auto. Ten tweede zal de stad of de lidstaat met meer elektrische voertuigen weliswaar kunnen genieten van minder lokale luchtverontreiniging (vooral NO_x), maar deze verbetering kan vooral bereikt worden door dieselwagens te bannen. De snellere invoering moet dus vooral gerechtvaardigd worden door een lokale pollutieverbetering en moet samengaan met een beleid dat de files aanpakt, want dankzij hun lage gebruikskost zullen elektrische voertuigen meer kilometers rijden.

Een specifiek Belgische problematiek is het stimuleren van elektrische voertuigen binnen de bedrijfswagens. Dit wordt voorgesteld als een maatregel die gunstig is om het wagenpark klimaatneutraal te maken. Daar zijn echter twee nadelen aan verbonden. Ten eerste geldt ook hier het argument van de gemiddelde efficiëntiedoelstelling voor autoconstructeurs: het risico bestaat dat de gemiddelde uitstoot van nieuwe auto's niet verbetert. Het tweede nadeel is dat bedrijfswagens in feite een gesubsidieerde vorm van automobilité zijn, die zorgen voor extra files en een zware aderlating voor de staatskas. Een bedrijfswagen betekent voor de staatskas een minderontvangst van ongeveer 4000 EUR per jaar en een welvaartsverlies van 1000 EUR per jaar.⁵⁶ Wanneer deze bedrijfswagens elektrische voertuigen moeten zijn, wordt dit een nog grotere minderontvangst voor de overheid en een nog groter welvaartsverlies, omdat elektrische voertuigen duurder zijn in aankoop en ze dus tot een hogere kostenaftrek leiden.

⁵⁴ Dit zal op termijn een grondige herziening van de belasting op autogebruik vereisen. De belastingen op motorbrandstoffen brengen 8 à 9 miljard EUR op per jaar.

⁵⁵ Zie Littlejohn C. & Proost S. (2019). *Op. cit.*

⁵⁶ Federaal Planbureau (2019). Beschrijving en gebruik van het PLANET-model, WP 6 DC2019; en Federaal Planbureau (2016). The fiscal treatment of company cars in Belgium: Effects on car demand, travel behaviour and external costs, WP3-16. Het Planbureau rekende in 2016 met 383.400 bedrijfswagens, wellicht een onderschatting. Dit gaf bij de berekening in 2019 (het COCA-scenario) een fiscaal verlies voor de overheid van 1927,6 miljoen EUR (of 5027 EUR/bedrijfswagen) en een welvaartsverlies van 410,1 miljoen EUR (of 1070 EUR per bedrijfswagen). Het welvaartsverlies bestaat vooral uit het tijdsverlies door de extra files.

KUNNEN WE EEN GROTE ELEKTRIFICATIE VAN HET AUTOPARK AAN?

Indien we uitgaan van een volledige elektrificatie van het autopark in 2050 en het huidige volume aan autoverkeer constant houden, zou dit een extra elektrisch verbruik van ongeveer 21 TWh met zich meebrengen. Het belangrijkste probleem bij de massale invoering van elektrische auto's is niet hun totaalverbruik, maar wel het totale ogenblikkelijke vermogen nodig voor het opladen. Wanneer 2 van de 5 miljoen elektrische wagens in België tegelijkertijd wordt opgeladen, betekent dit een totale capaciteitsvraag van 7 kW (normale huisinstallatie) maal 2 miljoen of 14 GW, wat ongeveer overeenstemt met het huidige elektrische piekverbruik van alle andere sectoren in België.⁵⁷ Dit betekent dat het opladen van de batterijen van elektrische voertuigen goed gestuurd moet worden. Wanneer hier bijkomt dat het vermogen vooral van wind en zon moet komen, is een slimme sturing van de oplaadcyclus onontbeerlijk. Een voordeel is dat de batterijen van elektrische auto's ook ingezet kunnen worden voor kortetermijnopslag en kunnen helpen om de fluctuaties in hernieuwbare elektriciteitsproductie op te vangen.

WAT IS DE TAAK VAN DE OVERHEID IN DE TRANSITIE NAAR ELEKTRISCHE VOERTUIGEN?

De overheid heeft in deze transitie naar elektrische voertuigen drie belangrijke taken. De eerste taak is het faciliteren van de inplanting van laadpalen. De tweede opdracht is er door middel van variabele prijssignalen voor te zorgen dat de laadinfrastructuur slim is. Dit is bv. mogelijk door het opladen te bevorderen wanneer er veel elektriciteit is (op een zonnige en winderige dag) en door het opladen te ontraden, en zelfs de batterij van de elektrische auto beschikbaar te stellen voor het elektriciteitsnet, wanneer er weinig elektriciteit is (op dagen met weinig zon en wind). De derde taak is het vervangen van de accijnzen op motorbrandstoffen door een andere variabele belasting op autogebruik. Toekomstige wagens betalen ofwel geen accijns (elektrische auto's) ofwel veel minder accijns (zuinigere auto's op fossiele brandstof), wat zorgt voor een gat in de begroting en grotere filedruk op de wegen.

WAT ZIJN GOEDE OPLOSSINGEN VOOR DE CO₂-UITSTOOT VAN HET VLIEGVERKEER?

Voor het vliegverkeer is het belangrijk om een onderscheid te maken tussen middellangeafstandsverplaatsingen binnen de EU en langeafstandsverplaatsingen naar bestemmingen buiten de EU. Voor personenvervoer over middellange afstand binnen de EU (500 tot 1000 km) zijn de hogesnelheidstrein (HST) en het vliegtuig de belangrijkste alternatieven. Beide vervoermiddelen worden via het EU-ETS op dezelfde voet behandeld en betalen zo dezelfde prijs per ton CO₂. Dit is een belangrijke verbetering t.o.v. de situatie voor 2013, toen aan het Europese vliegverkeer geen enkele beperking werd opgelegd inzake CO₂-uitstoot. Op lange termijn zal wegens het ingebouwde plafond in het EU-ETS elke substitutie tussen beide vervoermiddelen en elke groei in het Europese vliegverkeer geen enkel effect hebben op de totale CO₂-uitstoot in de EU. De door de EU-luchtvaart niet-gebruikte rechten worden door een andere EU-ETS-uitstoter gebruikt. Veel goedbedoelde maatregelen van bedrijven en overheden om CO₂-emissies te reduceren door het ontmoedigen van Europese vluchten en het aanmoedigen van HST-gebruik zijn bijgevolg water naar de zee dragen.

⁵⁷ Er kunnen zich ook lokale problemen voordoen in het distributienet wanneer de concentratie van elektrische voertuigen in de tijd en ruimte te groot is. Zie: Baringa. (2019). Future impact of EV's on the Belgian Electricity network, studie uitgevoerd voor Synergrid.

De zaken liggen anders voor verplaatsingen op lange afstand (bestemmingen buiten de EU), waarvoor geen EU-ETS-emissieplafond speelt. Niet alleen staan deze verplaatsingen voor ongeveer twee derde van het Europese kerosinegebruik, ze kennen ook een grote groei. Elke vliegtuigreis minder van dit type is in dit geval wel een nettovermindering van de CO₂-uitstoot. Voor deze vluchten kan men wel nadenken over een vliegbelasting onder de vorm van een CO₂-belasting. Dit doet men best samen met een aantal buurlanden om *carbon leakage* te vermijden, al zijn hier de mogelijkheden ook beperkt door het inlassen van bv. tussenstops die deze kerosinebelasting kunnen ontwijken. Een optie is om een belasting te heffen op alle vluchten (Europese en andere) in functie van de afstand. Het netto-effect op de broeikasgasemissies in Europa is dan beperkt tot het niet-Europees gedeelte.

Aangezien er momenteel geen volwaardig alternatief is voor kerosine (behalve biobrandstoffen, die andere, specifieke duurzaamheidsproblemen kennen) is alle hoop voor de intercontinentale luchtvaart gevestigd op een internationaal akkoord voor emissies in de burgerluchtvaart. Dit is het CORSIA-akkoord, dat door het gebruik van *offsets* (het betalen van extra emissiereductie in andere sectoren van de economie) een plafond kan leggen op de totale CO₂-uitstoot van de burgerluchtvaart. CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) is een mogelijk akkoord in de schoot van de VN. Niettemin zal een dergelijk internationaal akkoord dezelfde problemen kennen als het klimaatakkoord van Parijs.

KUNNEN WE DE CO₂-UITSTOOT VAN HET VRACHTVERVOER BEPERKEN?

Nieuwe vrachtwagens moeten volgens de Europese richtlijnen respectievelijk 15% en 30% minder CO₂ uitstoten in 2025 en in 2030 dan in 2019. Wat op de lange termijn de meest evidente klimaatneutrale brandstof is voor zwaar vrachtverkeer, is nog niet duidelijk. Elektrische vrachtwagens voor langeafstandsvervoer zijn een optie wanneer ze gevoed kunnen worden door geëlektrificeerde autosnelwegen of door snel ladende batterijen. Brandstofcellen op hernieuwbare waterstof kunnen een andere optie zijn. Ook *synfuels* zoals methanol kunnen een optie zijn. Substitutiemogelijkheden naar spoor en binnenvaart zijn in België beperkt, omwille van de aard van de goederen en de korte afstanden.

C. GEBOUWEN (NIET-EU-ETS-SECTOR)

De gebouwensector is verantwoordelijk voor ongeveer een kwart van het energiegebruik en van de broeikasgasuitstoot in België. 75% tot 80% van het totale energiegebruik in gebouwen gaat naar woningen, hoofdzakelijk voor verwarming. De rest van het energiegebruik gaat naar kantoorgebouwen en diensten. Van het woningbestand wordt elk jaar 1% volledig vernieuwd. Diepgaande renovatie gebeurt meestal bij een eigenaarswissel, wat overeenkomt met 0,5 tot 2% van het woningbestand per jaar. Kantoorgebouwen daarentegen worden ongeveer elke twintig jaar diepgaand gerenoveerd.

WAT ZIJN KOSTENEFFECTIEVE OPLOSSINGEN VOOR WONINGEN, APPARTEMENTEN EN ANDERE GEBOUWEN IN STEDELIJK GEBIED?

Om gebouwen op een koolstofarme manier van energie te voorzien (verwarming, koeling, verluchting, verlichting en toestellen) beginnen we er best mee de energievraag te verkleinen. Dit is bv. mogelijk door kleiner te wonen, goed te isoleren, luchtdicht te bouwen, een energiezuinig ventilatiesysteem te voorzien en waar nodig een performant (lieftst extern) zonweringsysteem. Hoever we best gaan in

deze doorgedreven isolatie van gebouwen of wat de beste manier is om aan de resterende energievraag te voldoen, zal afhangen van nog meer factoren, zoals de dichtheid van de bewoning, de kostprijs van de beschikbare energiebronnen en hun CO₂-intensiteit. Zo zal een gebouw dat wordt verwarmd met bv. geothermische bronnen (die je niet kan aanwenden voor iets anders) minder doorgedreven moeten worden geïsoleerd dan een gebouw waar een hoogwaardige energiebron (elektriciteit) wordt ingezet.

In een stedelijke omgeving is een aantal oplossingen mogelijk. Zo kan het bestaande aardgasnet worden ingezet door ofwel aardgas (niet klimaatneutraal) ofwel biogas⁵⁸ te verdelen, dat dan gebruikt kan worden in combinatie met warmtepompen (verwarming en koeling). Aardgas vangt daarbij de piekvraag op. Op termijn moet aardgas wel volledig vervangen worden om te komen tot een klimaatneutraal gebouw.

Als de gebouwendichtheid voldoende hoog is, kan ook het gebruik van restwarmte worden overwogen. De restwarmte kan komen uit de industrie, uit diepe geothermie, uit ondiepe geothermie (ondiepe centrale boorvelden) of uit warmtekrachtkoppeling op basis van biomassa. Dit is ook een interessante optie in stedelijke gebieden, waar het bv. omwille van historische redenen niet mogelijk is om de energievraag te verlagen. Dit vergt weliswaar een (nieuwe) distributie-infrastructuur voor warmte, omdat er momenteel bijna geen warmtenetten liggen in België. Traditioneel heeft de Belg een individuele verwarmingsinstallatie.

De opslagmogelijkheden voor elektriciteit en warmte worden van steeds groter belang, omdat hernieuwbare elektriciteit zeer variabel beschikbaar is. Het elektriciteitsgebruik in de woning kan in de tijd verschoven worden door warmte op te slaan (bv. in de gebouwenscil) en zo het elektriciteitsverbruik van een warmtepomp aanpassen. Dit geldt natuurlijk ook voor andere toepassingen, zoals wasmachines, etc. De batterij van elektrische auto's kan ook ingezet worden voor het opvangen van pieken in het elektriciteitsverbruik. Ten slotte is het ook mogelijk om extern aangeleverde warmte variabel beschikbaar te maken. Dit alles vereist 'slimme' woningen, die hun energiegebruik aanpassen aan de verwachte beschikbaarheid (en prijzen) van energie in de komende dag of dagen. Indien alle elektriciteitsgebruik gebaseerd is op hernieuwbare energie en dus ook op lokale opwekking, is het cruciaal dat er flexibiliteit wordt voorzien in de verwarmingstoepassingen en dat er een intelligente coördinatie plaatsvindt van het gebruik en van de opslag.⁵⁹

WAT ZIJN KOSTENEFFECTIEVE OPLOSSINGEN VOOR MEER AFGELEGEN WONINGEN?

In het geval van meer verspreide bewoning wordt gerekend op warmtepompen (verwarming en koeling). Warmtepompen laten toe om het elektriciteitsverbruik in goed geïsoleerde woningen wat te verschuiven in de tijd en om pieken in het elektriciteitsverbruik op te vangen (zie hoger). Omwille van thermische verliezen, die toenemen met de afstand, zijn warmtenetten in een dergelijke context minder interessant.

⁵⁸ Biogas kan afkomstig zijn uit bv. de veeteelt, maar dit potentieel is beperkt tot meer rurale gebieden. Zie: gas.be (2019). Welke plaats voor injecteerbaar biomethaan in België?, www.gas.be.

⁵⁹ www.energyville.be/pers/expert-talk-een-nieuwe-rol-voor-gebouwen-het-energiesysteem-van-de-toekomst.

WAT TE VERWACHTEN VAN HET HUIDIGE BELEID?

De door de EU voorgeschreven energieprestatie-eisen, die werd ingevoerd voor nieuwe gebouwen en voor grondige renovatieprojecten, heeft zeker een belangrijk effect. In Vlaanderen is de gemiddelde energieprestatie van nieuwbouwwoningen sinds de invoering van de regelgeving (2006/2008) met een factor 3 verbeterd.⁶⁰ De huidige energieprijzen echter maken dat de terugverdientijd voor klimaatneutrale woningen of voor diepgaande renovatie (budgetten van 50.000 EUR of meer)⁶¹ nog steeds heel moeilijk ligt. Het is niet duidelijk of woningen die nu gerenoveerd worden en ook nieuwe woningen inderdaad bijna klimaatneutraal zijn. Hoe het volledige woningenbestand tegen 2050 bijna klimaatneutraal kan zijn, wanneer renovaties en nieuwbouw dat nu nog niet zijn, blijft onduidelijk.

Ten opzichte van landen zoals Nederland heeft België (Vlaanderen) het nadeel dat het woningpark vooral bestaat uit niet-gestandaardiseerde individuele woningen en ook dat woningen groter zijn. Dit maakt woningrenovatie veel duurder. In sociale woningbouw zit wel meer standaardisatie, maar daar is het moeilijk om de renovatie te financieren. Het blijft ook moeilijk om de huur te verhogen wanneer de energie-uitgaven verminderd zijn ten gevolge van de renovatie.

Er is in de regelgeving ook nog te weinig aandacht voor de rol van opslag van verwarming van gebouwen en elektriciteit. Zo wordt in de huidige reglementering voorzien dat de energiewinst van fotovoltaïsche panelen in de zomer virtueel het energiegebruik van de warmtepompen in de winter kan compenseren,⁶² terwijl de waarde van een MWh in de winter wellicht veel hoger ligt dan in de zomer.

Een andere grote vraag is de toekomst van de aardgasvoorziening in de steden. Aardgas is nu nog de belangrijkste energiedrager voor verwarming. Het kan zeker aangelengd worden met klimaatneutrale waterstof, maar op termijn moet aardgas vervangen worden om een klimaatneutrale gebouwverwarming te bekomen. Wat zal nog de rol zijn van het aardgasnet en op welke termijn moet het aangepast of vervangen worden, wanneer men naar klimaatneutrale oplossingen wil gaan?

WAAROM IS DE TERUGVERDIENTIID VOOR RENOVATIES EN KLIMAATNEUTRALE NIEUWBOUW NOG ZO HOOG?

Bij een diepgaande energierenovatie wordt normaal ook aan comfort gewonnen. Dit wil zeggen dat renovaties dus niet enkel puur op hun financiële return beoordeeld mogen worden, al blijft financiële haalbaarheid wel een belangrijke voorwaarde om tot meer renovaties te komen. Extreme isolatie is zeer duur. De nettobaten van elke bijkomende centimeter isolatie worden kleiner, wat betekent dat er dus vragen moeten worden gesteld bij de thans vooropgestelde extreme efficiëntie-standaarden. In nieuwbouw en renovatie wordt sterk gerekend op elektrische warmtepompoplossingen. Deze oplossingen zijn voor de gebruiker dikwijls nog niet interessant, onder meer omdat de elektriciteitsprijs nog te hoog ligt ten opzichte van de aardgas- en stookolieprijzen. Het gebruik van aardgas en stookolie zorgt voor broeikasgasuitstoot, maar in de prijs van deze brandstoffen is geen CO₂-heffing voorzien. Elektriciteitsgebruik in gebouwen heeft een dubbele handicap ten opzichte van fossiel energiegebruik. Ten eerste is het gebruik van extra elektriciteit in principe klimaatneutraal via EU-ETS. Verder zit in de

⁶⁰ Vlaams Energieagentschap (2018). Cijfers en Statistiek voor EPB-aangiften ingediend tot 31/12/2017; 'Energieprestatie-regelgeving en performance gap', presentatie door M. Duerinck, 16 oktober 2018.

⁶¹ www.energyville.be/pers/expert-talk-een-nieuwe-rol-voor-gebouwen-het-energiesysteem-van-de-toekomst.

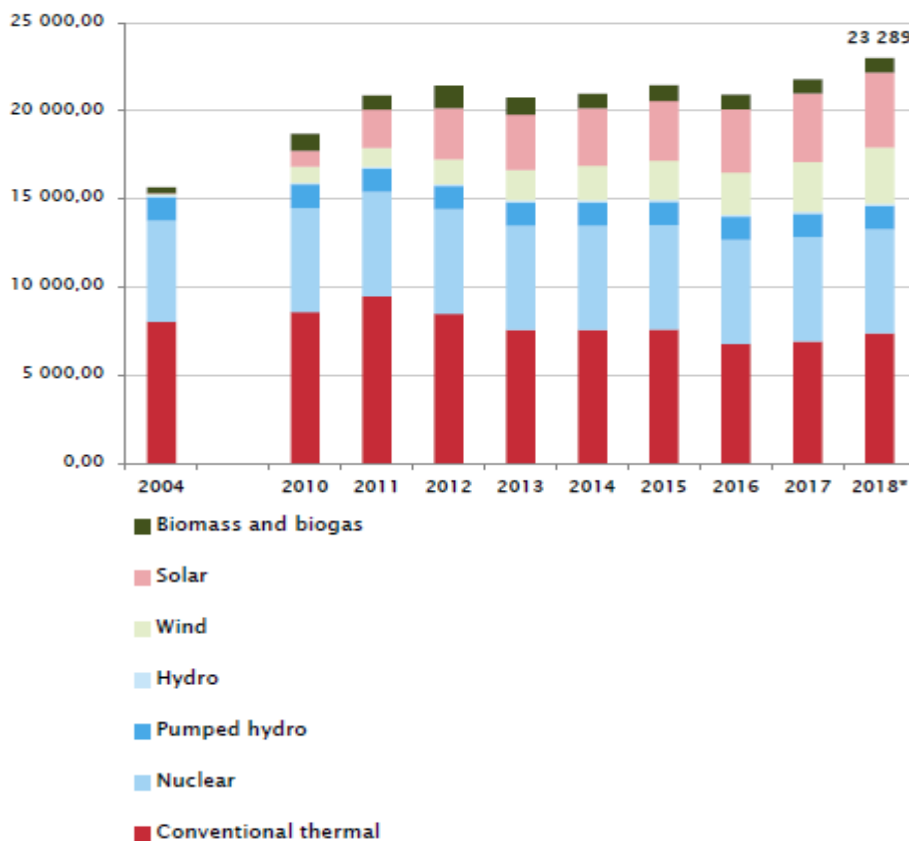
⁶² *Ibidem*.

productieprijs van elektriciteit de kostprijs van de nodige emissierechten. Bij elektriciteit wordt dus wel betaald voor de CO₂-uitstoot. Ten tweede bevat de consumentenprijs van elektriciteit, bovenop de productieprijs, marges en heffingen van ongeveer 300%. De marges in de consumentenprijs dienen om de groenestroomsubsidies en de elektriciteitsfactuur voor zeer lage inkomens te betalen, maar de paradox is dat de groenestroomsubsidies die in de elektriciteitsprijs zitten, het klimaatneutraal maken van woningen verhinderen. Gezien de huidige situatie is een diepgaande en doordachte hervorming van het elektriciteitstarief en ook van de gas-, stookolie- en biomassatarieven hoogst noodzakelijk.

D. HOEVEEL ELEKTRICITEIT IS ER NODIG IN EIGEN LAND EN HOE BETROUWBAAR MOET DIE ZIJN?

We verwijzen terug naar de ruime definitie voor mogelijke doelstellingen voor een energie- en klimaatbeleid die we in de inleiding formuleerden. We willen voldoen aan energienoden tegen de laagste kost, waarin duurzaamheid is verrekend, maar die betaalbaar blijven, met voldoende flexibiliteit, betrouwbaarheid inzake bevoorrading en geloofwaardigheid voor investeringen. Welke vragen volgen hieruit voor bevoorrading, beleid en investering?

Onze elektriciteitsproductie is sterk aan het veranderen. Figuur 6 stelt de groei van het productiepark voor elektriciteit in België voor. Het aandeel van zonne- en windenergie is de laatste tien jaar sterk gestegen. Merk op dat een MW zonne-energie in België gemiddeld 10% van de maximale productie opbrengt; voor wind is dit 19% (onshore) tot 40% (offshore) van de maximale capaciteit.



Figuur 6: Geïnstalleerde productiecapaciteit in MW in België (bron: FEBEG, 2019).

De elektriciteitscentrales op fossiele brandstof worden progressief vervangen door centrales op hernieuwbare energie en binnen enkele jaren worden de kerncentrales (5,9 GW) stilgelegd. Die progressieve vervanging zorgt voor een dubbele onzekerheid. Enerzijds rijst de vraag welke de beschikbaarheid is van een productie gebaseerd op zon en wind bij ongunstig weer. Een andere onzekerheid bestaat rond vragen over de daarbij benodigde basiscapaciteit, de bevoorradingszekerheid op Europees niveau en de opslagcapaciteit. Er is verder de vraag of er wel voldoende productiecapaciteit beschikbaar zal zijn bij de afbouw van de kerncentrales in de periode 2023-2025 en de daaropvolgende jaren. Wat zal er gebeuren met de hernieuwbare energiebronnen en wat met kernenergie? De onzekerheid over het wel of niet afbouwen van de nucleaire capaciteit is **een politiek geïnduceerde onzekerheid, waar de marktpartijen niet veel aan kunnen veranderen.**

IS ER VOLDOENDE INVESTERING IN PRODUCTIECAPACITEIT?

De grotere rol voor hernieuwbare energie, de zeer lage variabele kostprijs en het inherent sterk fluctuerende en beperkt voorspelbare karakter (*intermittency*) van wind- en zonne-energie hebben verschillende gevolgen. Ten eerste zal de zeer lage variabele kostprijs vooral de fossiele centrales⁶³ uit de markt dringen, zodat hun gebruiksduur kleiner wordt dan voorzien en zelfs zo klein dat het beter is de fossiele centrale uit bedrijf te nemen, omdat de vaste kosten niet gedekt worden.

Ten tweede zal het variabele karakter ervoor zorgen dat gedurende bepaalde periodes veel meer vermogen nodig is. Wanneer deze periodes enkele uren zijn (bv. geen zon 's nachts), dan kan dit opgevangen worden door opslag of door vraagverschuiving (van het opladen van elektrische voertuigen, de verwarming of koeling van gebouwen en industriële toepassingen). Wanneer deze uitval van wind en zon langer zou duren (bv. een *Dunkelflaute*⁶⁴), is er effectief extra capaciteit nodig.

Ten derde gaan al deze effecten op Belgisch niveau zich op Europees niveau vertalen: de onbalans (te veel of te weinig elektriciteit) zal zich door de Europese elektriciteitsmarkt uitsmeren over alle buurlanden en dus weggewerkt worden, voor zover de internationale transmissiecapaciteit voldoende is uitgebouwd. Ten slotte kan de decentrale productie van zonne-energie en warmtekrachtkoppeling ook het lokale distributienet onder druk zetten wanneer er te veel vermogen wordt teruggestuurd naar het net. Voor dit alles bestaan wel oplossingen. Ze vergen voldoende prijsflexibiliteit en intelligente meters die toelaten om het elektriciteitsverbruik aan te passen aan de marktprijs voor elektriciteit en om het verbruik te verschuiven in de tijd, door onder meer opslag van elektriciteit (open en ontladen van batterijen van elektrische voertuigen en van thuisbatterijen), het verschuiven van het gebruik van bepaalde toestellen (bv. slimme toestellen) en door opslag van warmte of koeling (bv. in de woning of in de industrie).

MOET BELGIË ZIJN ELEKTRICITEITSBEHOEFTE ZELF DEKKEN?

In de bespreking van het Europese beleid (Hoofdstuk 3) hebben we al gewezen op de mogelijkheden die de Europese elektriciteitsmarkt biedt en waar we best gebruik van maken. Wanneer de hernieuwbare elektriciteitsproductie veel goedkoper is in het buitenland, o.a. dankzij betere klimatologische omstandigheden (bv. meer zon in het zuiden of wind in de Noordzee), rijst de vraag hoeveel elektriciteit nog in België moet worden geproduceerd. Dit is geen retorische vraag: de laatste jaren hebben

⁶³ Kerncentrales hebben ook een zeer lage variabele kostprijs en worden dan ook minder bedreigd in hun werking.

⁶⁴ Een *Dunkelflaute* is een periode met weinig zon en wind en een hoge vraag (bv. een windstille winterperiode).

we grote netto-invoerstromen gezien (tot 20% van het totale elektriciteitsverbruik in 2018). Indien België voldoende transmissiecapaciteit heeft met het buitenland, kan het inderdaad systematisch gebruikmaken van buitenlandse elektriciteit. België hangt dan weliswaar af van de beslissing van buitenlandse spelers, maar zoals reeds aangehaald (Hoofdstuk 2) is dit ook altijd zo geweest voor olie en aardgas. Belangrijk is dat het prijsmechanisme volledig kan spelen bij schaarste, want anders zullen landen rantsoeneren en wellicht hun eigen regio eerst bedienen. In dit verband is de Europese integratie belangrijk. Merk echter op dat de Europese elektrische *grid codes* een land zelfs expliciet toelaten om de schakelaars van internationale verbindinglijnen open te zetten in geval van uiterste nood. In hoeverre we op onze buurlanden willen vertrouwen, ook in geval van nood, is een beleidskeuze.

IS DE ELEKTRICITEITSVORZIENING VOLDOENDE BETROUWBAAR IN BELGIË?

In België is er een zeer hoge betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening. De verwachte onderbrekingsduur (LOLE) in het Belgische netwerk mag niet meer dan 3 uur per jaar bedragen, of 20 uur eens in de twintig jaar. Dit is wettelijk bepaald. Dit is een veeleisend criterium, dat veel capaciteit vergt inzake productie en transmissie, en dus duur is. Het correcte betrouwbaarheidsniveau kan bepaald worden door de kostprijs van onderbrekingen af te wegen tegen de kostprijs van extra betrouwbaarheid. Dit soort gegevens wordt steeds meer beschikbaar. Het zou kunnen dat op basis daarvan de betrouwbaarheid beter naar beneden wordt aangepast.⁶⁵ Die lijn kan dan doorgetrokken worden naar de afschakelplannen, waarbij kennis over de kostprijs van onbetrouwbaarheid per type klant (hoofdzakelijk de industrie) gebruikt kan worden om efficiëntere afschakelplannen te maken. Het operationaliseren van dergelijke maatregelen vereist slimme meet- en communicatie-infrastructuur, alsook geïnformeerde beslissingen van de eindverbruiker.

E. HERNIEUWBARE ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

De verhoging van het aandeel hernieuwbare energie is een kwantitatieve doelstelling van de EU (zie Hoofdstuk 3). Voor 2020 voorzag de EU een aandeel van 20% hernieuwbare energie⁶⁶ voor het eindverbruik in de EU en voor België een aandeel van 13%. Deze doelstelling voor 2020 wordt wellicht niet gehaald.⁶⁷ In 2018 was een kwart van de Belgische elektriciteitsproductie hernieuwbaar, daarvan bestond 15% uit zonne- en windenergie.⁶⁸ Naast zon en wind is er ook biomassa, maar meestal wordt vooral gerekend op de groei van het aandeel van zon en wind binnen de elektriciteitsproductie om te evolueren naar een bijna klimaatneutraal energiesysteem.⁶⁹

Voor 2030 ambiëert de EU een aandeel van 32% van het finale energiegebruik, maar de hernieuwbare doelstelling voor België is nog in de onderhandelingsfase. De EU vraagt een aandeel hernieuwbare energie van 25%. Een specifieke doelstelling voor de elektriciteitssector is er niet, maar het

⁶⁵ Zie Ovaere, M., Heylen, E., Proost, S., Deconinck, G., Van Hertem, D. (2019). How Detailed Value of Lost Load Data Impact Power System Reliability Decisions. *Energy Policy*, 132, 1064-1075.

⁶⁶ De hernieuwbare doelstellingen die de EU stelt, betreffen het aandeel van hernieuwbare energie in het eindenergiegebruik. Hernieuwbare elektriciteitsproductie is daar een belangrijk deel van.

⁶⁷ Zie SERV (2019). Klimaat en Energiebeleid 2019-2024, van alfa tot omega, achtergrondrapport 24 juni; Meus, J. et al., (2019). *Op. cit.*

⁶⁸ Zie FEBEG, 2018.

⁶⁹ Zie Climact, VITO (2013). Low carbon scenarios for Belgium, final report, nov. 2013; De Oliveira L, Meinke-Hubeny F. (2018). Sensitivity scenario's underpinning choices for the Belgian Energy Pact, EnergyVille, 06/03/2018.

aandeel hernieuwbare energie in de elektriciteitssector zal waarschijnlijk boven 25% (BE) en 32% (EU) liggen.

Voor 2050 zal de ambitie voor de elektriciteitsproductie in de EU liggen bij een samenstelling, waarvan een zeer groot gedeelte uit hernieuwbare energie komt. Indien de netto-invoer van elektriciteit naar België niet sterk stijgt, vergt aan deze vraag voldoen een zeer sterke groei van de hernieuwbare elektriciteitsproductie op basis van zon en wind: van de huidige waarden, 3,5 TWh voor zon en 7,2 TWh voor wind (2018), naar waarden van 10,3 TWh en 29,9 TWh in 2040,⁷⁰ en gaande tot 25 TWh en respectievelijk 58 TWh in een geïntegreerd Europees scenario in 2050.⁷¹ We kunnen dit gerust een omwenteling in de elektriciteitsproductie noemen, die verschillende vragen oproept. De eerste vraag is of de technologische vooruitgang voor zonne- en windenergie in de toekomst even sterk zal blijven evolueren als de laatste twintig jaar. Een tweede vraag is waar deze hernieuwbare productie het beste wordt geplaatst. En ten slotte is er nog de vraag welke mix van zon en wind het meest aangewezen is.

WELKE TECHNOLOGISCHE VOORUITGANG IS ER NODIG VOOR ZONNE- EN WINDENERGIE?

Voor zowel zonne- als windenergie blijken er nog grote technologische vernieuwingen op stapel te staan. Voor zon en wind was al duidelijk (Figuur 4 en Figuur 5) dat er nog een grote vooruitgang moet worden gemaakt. Immers, zowel de huidige zonnepanelen als onshore-wind zijn weliswaar competitief tegen de huidige consumentenprijzen, respectievelijk gesubsidieerde producentenprijzen voor wind, maar niet wanneer je ze waardeert tegen producentenprijzen en wanneer je rekening houdt met de kosten van balancering en de impact op het distributienetwerk. Dit betekent dat de subsidies moeten gaan naar de ondersteuning van sterk verbeterde technologieën.

Wat de technologie betreft zijn zonnecellen nog steeds in evolutie. Dit heeft een positieve weerslag, zowel op de prijzen als op de soorten installaties. Er worden betere types verwacht, die hogere licht-naar-stroom-omzettingsrendementen halen en een beperktere temperatuurgevoeligheid vertonen. Zo zijn er recent nog doorbraken gerealiseerd in Perovskiet-materialen. Het wordt ook haalbaar om betrouwbare transparante zonnecellen (bv. op ramen) te realiseren. Zonnecellen op glas-modules die bifaciaal licht capteren (tweezijdig: dus ook reflecties en meer indirect licht), worden de nieuwe norm. Door de steeds verder gaande massaproductie is de prijs van de panelen zelf spectaculair gedaald en worden de projectkosten tegenwoordig eerder gedomineerd door montage- en converteerkosten. Dit heeft ook een weerslag op de soorten installaties. Zo is een oost-westplaatsing op platte daken de nieuwe norm, wat al beter aansluit bij de vraag naar elektriciteit, die bij gezinnen hoger is in de ochtend en in de late namiddag.

In de toekomst komt de grootste trendbreuk misschien van de integratie van energieopslag in fotovoltaïsche systemen. Dit vergt een aangepaste of uitgebreide convertor. Die laadt typisch de batterijen op met het elektriciteitsoverschot, ingeval er lokaal geen passend verbruik is of wanneer het elektriciteitsnet de elektriciteit niet kan opnemen, waardoor de lokale distributieflessenhals omzeild wordt. Met een batterijcapaciteit van 1-2 kWh/kWp van de fotovoltaïsche installatie als vuistregel realiseert men zo een lokale balancering en kan er zelfs 's nachts elektriciteit voorzien worden. De terugverdientijd en het succes van zulke flexibele fotovoltaïsche huisinstallaties met batterij zal evenwel sterk afhangen van aangepaste tarieven, die geïntroduceerd zullen worden via slimme meters.

⁷⁰ De Oliveira & Meinke-Hubeny (2018). *Op. cit.*

⁷¹ Zie Climact, VITO (2013). *Op. cit.*

Slimme meters zullen dan op de beschikbaarheid van goedkopere hernieuwbare elektriciteit anticiperen op basis van prijsvooruitzichten, rekening houdend met beperkingen in het lokale distributienet.

De huidige windturbines kunnen zich aanpassen aan diverse windregimes met behulp van aanpasbare draaisnelheden, bladhoeken en gierhoeken, waardoor ze bruikbaar zijn voor de meest voorkomende windcondities in hun installatiegebied. Windturbines worden steeds groter, wat leidt tot een meer kosteneffectieve energieproductie. Op het land worden turbines groter voor eenzelfde vermogen, in de jacht naar de ontsluiting van gebieden met lagere windsnelheden. Offshore-turbines worden groter bij een groeiend vermogen, wat leidt tot een relatief lagere kostprijs van de funderingen en de installatie. In beide gevallen wordt gemikt op hogere capaciteitsfactoren, aangezien dit sterk doorweegt in de netto-opbrengst. De volgende generatie offshore-turbines, die in de komende jaren op de markt komt, heeft een capaciteit van 12 MW en een capaciteitsfactor van 60%.⁷² Voor de toekomst mikt de industrie intussen reeds op turbines van 20 MW.

WAAR WORDT HERNIEUWBARE ENERGIE HET BESTE GEPLAATST?

De meeste fotovoltaïsche installaties staan in België nog op de daken. De installatie van grote zonneparken is goedkoper, maar de ruimte is in België beperkt. Er bestaan verschillende potentiële schattingen voor zonne-energie. Bódisa en collega's⁷³ gebruiken geospatiale technieken en vinden voor Belgische daken dat 15,2% van het huidige elektriciteitsverbruik op rendabele wijze gedekt kan worden door fotovoltaïsche installaties op daken, wanneer men zou blijven rekenen op een terugdraaiende teller, dus wanneer door de producent de huidige residentiële elektriciteitsprijs zou worden betaald.⁷⁴ Niettegenstaande een groot theoretisch dakpotentieel bestaat daarenboven ook de mogelijkheid om fotovoltaïsche elementen in het gebouw te integreren, de zogenaamde BIPV (*building-integrated photovoltaics*), bv. gevelelementen in gordijngelvels, actieve ramen, etc.

Er valt niet alleen grote groei te realiseren op en aan gebouwen, maar er wordt ook volop geëxperimenteerd met nieuwe systemen voor grote oppervlaktes. Wat de plaatsing op land betreft is er bovendien concurrentie tussen de vraag naar ruimte voor natuur en landbouw enerzijds en grote fotovoltaïsche parken anderzijds. Nieuwe experimenten bewijzen echter dat een positieve synergie mogelijk is: door de gepaste hogere en meer gespreide plaatsing van zonnepanelen is er nog steeds landbouw mogelijk. Er blijken ook gunstige gevolgen te zijn voor de plantengroei dankzij de partiële schaduw: minder uitdroging van de grond en minder verbranding van de bladeren. Er wordt ook uitgekeken naar drijvende installaties, o.a. op de Noordzee, in de nabijheid van offshore-windparken, die een beperkte meeropbrengst kennen door het verkoelend effect van de watermassa.

De grootste groei aan hernieuwbare energie is in België nog realiseerbaar op zee. Recent is een bijkomende zone van ongeveer 2 GW aan potentiële maximumcapaciteit voor offshore-windparken gecreëerd. Dit brengt de totale Belgische windzone op zee tot een totale capaciteit van 4 GW. België hoeft zich echter bij de realisatie van windenergie op zee niet enkel te richten op eigen gebieden. Het potentieel voor offshore-wind in de Noordzee is zeer groot. Heel ruwe schattingen spreken

⁷² De capaciteitsfactor is de verhouding tussen de effectieve productie en de theoretische productie als de centrale altijd op volle capaciteit zou werken. Bij een capaciteitsfactor van 60% zou een windcentrale van 1 MW gemiddeld 60% van de tijd draaien op vol vermogen en dus zou ze 5,256 GWh (1 MW x 0,60 x 8760h /jaar) produceren. Bron voor de 12 MW-turbine met capaciteitsfactor van 63%: www.ge.com/renewableenergy/wind-energy/offshore-wind/haliade-x-offshore-turbine.

⁷³ Bódisa K., Kougiasa I., Jäger-Waldau A., Taylora N., Szabó S. (2019). A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

⁷⁴ De residentiële gebruikersprijs bedraagt wel 3 tot 4 maal de producentenprijs.

van 50 tot 100 GW, realiseerbaar tegen 2030, wat een belangrijk deel van de Europese elektriciteitsproductie kan vertegenwoordigen.

Grootschalig uitgerolde windenergie in de Noordzee brengt ook een reeks steeds complexere uitdagingen voor het elektriciteitsnet met zich mee. Zo werden in de Noordzee al verschillende hoogspanningsstations op platformen gerealiseerd die door middel van wisselstroomkabels met het land verbonden zijn. Als men nog verder van de kust gaat, zal meer gebruik moeten worden gemaakt van gelijkstroomverbindingen. Die worden nu reeds gebruikt om grote afstanden te overbruggen of asynchrone systemen met elkaar te verbinden. Op die manier wordt stelselmatig een *supergrid* in de Noordzee uitgebouwd. Verschillende consortia dromen daarbij van het opspuiten van een kunstmatig eiland op de Doggerbank voor het maken van netwerkverbindingen, met eventuele mogelijkheden voor energieopslag, maar vooral ook voor de logistiek en het onderhoud van grote offshore-parken. Belgische baggeraars kunnen daarbij potentieel een belangrijke rol spelen.

Op zee werden windparken tot dusver gerealiseerd in ondiepe wateren, met fundering in de bodem. De Noordzee is daarvoor zeer gunstig, aangezien er heel veel zandbanken liggen – een overblijfsel van het vroegere Doggerland, dat nu onder water ligt. Momenteel wordt echter heel veel geïnvesteerd in de ontwikkeling van drijvende windturbines: een eerste commercieel project is sinds 2017 operationeel in Schotland (het Hywind-park met vijf Siemens-turbines van 6 MW). Verwacht wordt dat de gemiddelde kostprijs van drijvende offshore-turbines tegen 2030 zou kunnen worden gereduceerd tot 40 EUR per MWh, wat ervoor zou kunnen zorgen dat grote delen van Frans, Spaans en Portugees zeegebied beschikbaar worden voor offshore-projecten. Ook in andere delen van de wereld is deze evolutie van groot belang voor de offshore-ontwikkeling van wind.

WELKE MIX VAN ZONNE- EN WINDENERGIE IS HET BESTE?

Indien wordt uitgegaan van een groot potentieel aan zonne- en windenergie, welke mix van hernieuwbare bronnen (zon/wind) is dan het meest aangewezen? Zappa en Van den Broek⁷⁵ veronderstellen dat er geen transmissiebeperkingen zijn binnen de EU en zoeken naar de mix die bij gebrek aan gemakkelijk aanspreekbare flexibiliteitsmogelijkheden (stockage, actieve vraagsturing, etc.) het beste aan de elektriciteitsvraag voldoet. Hun bevinding hierover is dat de beste mix 74% wind en 26% zon zou bedragen. Vooral de uitbouw van de windcapaciteit op de Noordzee zou een goede optie zijn (*no regret*-optie), omwille van de goede correlatie met de vraag naar elektriciteit. Wanneer de uitbouw van hernieuwbare energie Europees gecoördineerd zou worden, zou nog ongeveer 20% van de elektriciteitsbehoeften moeten worden opgevangen door opslag en vraagverschuiving⁷⁶ of door flexibele gascentrales met koolstofafvang.

Tot besluit herhalen we enkele van de belangrijkste inzichten over hernieuwbare energie. In het verleden moest de uitbouw van hernieuwbare energie sterk ondersteund worden met subsidies. Dit zal in de toekomst niet langer het geval zijn, althans wanneer de prijs van emissierechten voldoende hoog blijft. Dit veronderstelt wel dat gekozen wordt voor de meest rendabele sites voor de inplanting van nieuwe wind- en zonne-energie-installaties. Dit zijn niet noodzakelijk fotonvoltaïsche installaties op Belgische daken of windturbines in België. Dit wordt des te belangrijk, wanneer men een sterke uitbreiding van de totale hernieuwbare energiec capaciteit wenst in Europa.

⁷⁵ Zappa W. & van den Broek, M. (2018). Analysing the potential of integrating wind and solar power in Europe using spatial optimisation under various scenarios, *Sustainable and renewable energy reviews*, 94, 1192-1216.

⁷⁶ Steinke F, Wolfrum P, Hoffmann C. (2013). Grid vs. storage in a 100% renewable Europe. *Renew Energy*; 50:826–32; Zappa & van den Broek. (2018). *Op. cit.*

F. DE ROL VAN ALTERNATIEVE BRANDSTOFFEN: WATERSTOF EN BIOBRANDSTOFFEN

Ons huidige energiesysteem is voornamelijk gebaseerd op fossiele brandstoffen. Deze fossiele brandstoffen zijn koolwaterstoffen die bij verbranding energie vrijzetten, die gebruikt kan worden voor verwarming, transporttoepassingen of voor de productie van elektriciteit. Het toekomstige energiesysteem zal heel waarschijnlijk gedomineerd worden door elektriciteit (uit wind, zon of kernenergie). Chemische energiedragers, zoals fossiele brandstoffen, hebben een belangrijk voordeel ten opzichte van elektriciteit doordat ze eenvoudig op grote schaal opgeslagen kunnen worden, wat hun massief gebruik in transporttoepassingen verklaart. Elektriciteit kan weliswaar opgeslagen worden in batterijen, maar de energiedensiteit van batterijen (ongeveer 1 MJ/kg) is veel lager dan die van fossiele brandstoffen (20 tot 142 MJ/kg).

Het is mogelijk elektriciteit om te zetten in een chemische energiedrager in de vorm van waterstof door middel van elektrolyse. De efficiëntie van dit proces is echter beperkt tot ongeveer 70%. Waterstof is weliswaar een gas met een zeer lage energiedichtheid (13 MJ/m³), maar het kan omgezet worden naar een vloeistof met een extreem hoge energiedichtheid (142 MJ/kg). Dit kost echter veel energie en bovendien is het transport van deze vloeibare waterstof relatief complex. Waterstof kan ook omgezet worden in andere moleculen die veel eenvoudiger getransporteerd kunnen worden, zoals methaan (CH₄), methanol (CH₃OH), synthetische koolwaterstoffen (via het Fischer-Tropsch-proces) of ammoniak (NH₃), elk met hun voor- en nadelen. De omzetting van waterstof naar andere moleculen verlaagt verder de efficiëntie van de omzetting van elektrische naar chemische energie.

Voor het klimaatbeleid is het belangrijk te weten hoe de waterstof geproduceerd wordt. We maken een onderscheid tussen twee grote methodes om waterstof aan te maken: 'grijze' waterstof, die CO₂-uitstoot met zich meebrengt, en 'groene' waterstof, die geen CO₂-uitstoot met zich meebrengt en dus klimaatneutraal is. Grijze waterstof wordt vandaag reeds op grote schaal aangemaakt uit methaan via stoomreformatie. Omdat bij dit proces veel CO₂ vrijkomt, is dit niet duurzaam. Dit proces zou duurzaam gemaakt kunnen worden door het CO₂ dat vrijkomt vast te leggen via CCS of nuttig te gebruiken via CCU (blauwe waterstof genoemd). Het vastleggen van CO₂ zal echter leiden tot een meerkost. Bovendien is de werking van CCS voorlopig nog niet op grote schaal aangetoond.

Groene waterstof kan op verschillende manieren aangemaakt worden. Meestal wordt een beroep gedaan op elektrolyse die gebruik maakt van hernieuwbare energie. De investeringskost voor elektrolyse is echter hoog, waardoor dit proces pas rendabel wordt indien de infrastructuur meer dan 50% van de tijd wordt ingezet. Dit maakt het niet vanzelfsprekend om elektrolyse te koppelen aan hernieuwbare energie, aangezien hernieuwbare energie niet continu beschikbaar is. Elektrolyse op grote schaal dient nog te worden aangetoond. Een optie is de productie van waterstof gekoppeld aan grootschalige geconcentreerde zonnekracht in woestijngebieden en het transport van vloeibaar waterstof naar Europa. Het is echter efficiënter om elektriciteit rechtstreeks naar Europa te transporteren via hoogspanningsgelijkstroom (HVDC, *high-voltage direct current*). Een andere optie is het gebruik van overschotten van hernieuwbare energie (bv. offshore) in Europa. De vraag is echter of deze overschotten er zullen zijn, wanneer we evolueren naar een intelligentere energiemarkt waarbij elektriciteit ook vanuit de Noordzee rechtstreeks aangeleverd wordt.

Groene waterstof kan ook aangemaakt worden uit direct zonlicht of met alternatieve productie uit methaan (scheiding van C- en H-atomen zonder vorming van CO₂), etc., maar zulke technieken

zitten nog in de experimentele onderzoeksfase.⁷⁷ Hiervan zien we geen toepassing op grote schaal op de korte termijn. Groene waterstof of de afgeleide moleculen kunnen fossiele brandstoffen vervangen voor productie van warmtegebruik in transporttoepassingen en voor productie van elektriciteit. In de meeste toepassingen is het echter efficiënter om rechtstreeks elektriciteit te gebruiken in plaats van groene waterstof als tussenstap.

Waterstof kan aardgas vervangen voor de verwarming van woningen,⁷⁸ maar het gebruik van een elektrische warmtepomp is efficiënter. Waterstof kan worden ingezet om stoom te produceren voor industriële processen, maar een elektrische boiler is efficiënter. Waterstof kan worden gebruikt voor transport in een verbrandingsmotor of in brandstofcellen, maar een elektrische motor in combinatie met batterijen is efficiënter. Daarom wordt aanbevolen om groene waterstof prioritair in te zetten in industriële processen waar rechtstreeks gebruik van elektriciteit niet mogelijk is, zoals de productie van ammoniak voor kunstmest, de petrochemie en de productie van methanol, als grondstof voor de chemische industrie.

Ook voor het langeafstandstransport, over de weg, via water of door de lucht, zullen we wellicht waterstof of een afgeleide molecule (bv. methanol) nodig hebben, omdat de energiedensiteit van batterijen (nog) niet volstaat om lange afstanden te overbruggen. Of waterstof ooit een rol zal spelen als strategische energiereserve om periodes zonder zon en wind te overbruggen, is op dit moment onduidelijk. Waterstof die geproduceerd werd via elektrolyse kan weliswaar terug omgezet worden in elektriciteit, maar de efficiëntie van de cyclus elektriciteit – waterstof – elektriciteit is zeer laag (40%).

WAT ZAL DE ROL ZIJN VAN BIOBRANDSTOFFEN?

Biobrandstoffen bestaan net zoals fossiele brandstoffen uit koolwaterstoffen, met dit verschil dat ze afgeleid zijn van biomassa en niet van fossiele oorsprong zijn. Biobrandstoffen vormen een heterogene categorie brandstoffen: brandhout voor verwarming, houtpellets voor elektriciteitsproductie, biodiesel en bio-ethanol, die geproduceerd worden uit olie of suikers, en biomethaan uit bv. voedselafval, mest of slib afkomstig uit waterzuivering. Biobrandstoffen worden beschouwd als een CO₂-neutrale energiebron, omdat de CO₂ die vrijkomt bij de verbranding terug wordt opgenomen bij de productie van nieuwe biomassa (fotosynthese). Wanneer CO₂ uit biomassa wordt afgevangen en opgeslagen, krijgen we negatieve emissies (BECCS).

Het voornaamste probleem met biobrandstoffen is dat het oppervlak nodig voor de productie van biomassa, groot is. In een wereld waar reeds 70% van het bruikbare landoppervlak ingezet wordt voor voedselproductie, en waar de vraag naar voeding in de toekomst verder zal stijgen, is er weinig speelruimte om dit areaal nog uit te breiden voor energieproductie. De productie van biomassa en de omzetting van biomassa naar biobrandstoffen is bovendien energie-intensief, waardoor biobrandstoffen slechts in beperkte mate als CO₂-neutraal kunnen worden beschouwd (netto slechts 50% tot 20%

⁷⁷ Rongé, J., Bosserez, T., Martel, D., Nervi, C., Boarino, L., Taulelle, F., Decher, G., Bordiga, S. & Martens, J. A. (2014). Monolithic cells for solar fuels. *Chemical Society Reviews*, 43(23), 7963-7981; Rongé, J., Deng, S., Sree, S. P., Bosserez, T., Verbruggen, S. W., Singh, N. K., Dendooven, J., Roeffaers, M.B.J., Taulelle, F., De Volder, M. & Detavernier, C. (2014). Air-based photoelectrochemical cell capturing water molecules from ambient air for hydrogen production. *RSC Advances*, 4(55), 29286-29290.

⁷⁸ Waterstof kan in principe bijgemengd worden in het aardgasnet mits aanpassing van toestellen en het aanpassen van infrastructuur en gebouwen met het oog op veiligheid.

minder CO₂-uitstoot dan olie). Grote voorzichtigheid is geboden wanneer men bos omzet naar de productie van biobrandstoffen, aangezien bij ontbossing veel CO₂ vrijkomt en het lang duurt voordat deze CO₂-vrijstelling gecompenseerd is door biobrandstoffen die fossiele energie vervangen.⁷⁹

Biomassa was tot in de negentiende eeuw de voornaamste energiebron. Biomassa werd uit duurzaamheidsoverwegingen (ontbossing, concurrentie met voedselproductie) vervangen door fossiele brandstoffen. Ook vandaag nog vormt de zogenaamde ‘traditionele biomassa’ een belangrijke vorm van energie in ontwikkelingslanden. Deze traditionele biomassa is verre van duurzaam, omdat ze leidt tot ontbossing en een hoge uitstoot van fijn stof met zich meebrengt. Biobrandstoffen maken ook vandaag nog 75% uit van de totale hoeveelheid hernieuwbare energie op wereldschaal en vormen zelfs in ons land de belangrijkste vorm van hernieuwbare energie.

Biobrandstoffen zijn het meest duurzaam indien ze van afval gemaakt worden. Voorbeelden zijn biomethaan uit voedselafval of houtpellets gemaakt van houtafval. In België kan het potentieel van biomethaan ingeschat worden op zo’n 10% van de huidige gasvraag.⁸⁰ De reeds bestaande projecten zijn vaak gelinkt aan toepassingen van warmtekrachtkoppeling (WKK): momenteel hebben we zo ongeveer een tweehonderdtal installaties, goed voor jaarlijks ongeveer 1 TWh elektriciteit en ongeveer 3 TWh warmte.

G. KERNENERGIE VERLENGEN EN NIEUWE KERNCENTRALES

Na waterkracht is momenteel kernenergie de tweede grootste bron van koolstofarme elektriciteitsproductie ter wereld. Het staat in voor ongeveer 10% van de mondiale elektriciteitsproductie (2700 TWh).⁸¹ Wereldwijd – en vooral in Europa en de VS – komt echter een groot deel van de kerncentrales aan het einde van hun oorspronkelijk voorziene operationele levensduur. In de geïndustrialiseerde wereld wordt verwacht dat ongeveer 25% van de nucleaire capaciteit verdwijnt tegen 2025. Er rijst dan ook een drievoudige vraag: kernuitstap, operationele levensduurverlenging en/of nieuwbouw? In de keuze tussen levensduurverlenging en nieuwbouw moet worden opgemerkt dat een levensduurverlenging heel wat goedkoper uitvalt dan nieuwbouw, al zijn bij een levensduurverlenging ook investeringskosten gemoeid om de veiligheid te blijven garanderen. Het Internationaal Energieagentschap⁸² schat in dat het verlengen van 1 GW aan nucleaire capaciteit voor minimum 10 jaar een investering vergt van 500 miljoen à 1 miljard USD, terwijl in Europa en de VS recente nieuwbouwprojecten gekenmerkt worden door een hoge kostprijs en een lange constructieduur.

België staat voor eenzelfde uitdaging. Met een totaal vermogen van het nucleaire park in België van ongeveer 5,9 GW (2,9 GW in Doel en 3 GW in Tihange) staan de Belgische kerncentrales in voor het overgrote deel (85% in 2017) van de koolstofarme elektriciteitsproductie.⁸³ Samen met de andere bronnen van koolstofarme elektriciteit zorgt kernenergie ervoor dat 65 à 75% van de elektriciteitsmix in België koolstofarm is.

⁷⁹ Recent onderzoek van Tim Searchinger (www.nature.com/articles/s41586-018-0757-z) wijst uit dat wanneer de koolstofopslag-opportunitetskost in rekening wordt gebracht, biobrandstoffen nog veel slechter scoren. Ook het recente (2019) World Resources Institute rapport rond Food (<https://wri-food.wri.org/>) wijdt hier een hoofdstuk aan (# 7) en komt tot de conclusie dat vloeibare biobrandstoffen best zo snel mogelijk uitgefaseerd worden. Teelt ervan treedt immers ook in concurrentie met voedselproductie, en we gaan in 2050 daarvoor wellicht al minstens 600 Mha extra landbouwgrond nodig hebben.

⁸⁰ Gas.be (2019). Welke plaats voor injecteerbaar biomethaan in België?, www.gas.be.

⁸¹ IEA (2019). Nuclear Power in a Clean Energy System. www.iea.org/publications/nuclear.

⁸² *Ibidem*.

⁸³ Nucleair Forum (2018). Het behoud en de ontwikkeling van de volledige nucleaire technologie, industrie en wetenschap. 98 p.

Teruggaand op de oorspronkelijke wet op de kernuitstap van 2003 (regering Verhofstadt I), die vervolgens de facto werd versoepeld in 2009 (regering Van Rompuy), 2013 (regering Di Rupo) en 2015 (regering Michel I), wordt een volledige kernuitstap voorzien tegen 2025. Doel 3 (1 GW) sluit als eerste in 2022; Tihange 2 (1 GW) volgt in 2023; de 5 overige kernreactoren sluiten in 2025.

Ook in België wordt de nucleaire sector bijgevolg geconfronteerd met de drie hogervermelde vragen. Ten eerste, is een kernuitstap in 2025, zoals voorzien in de wet, op een probleemloze manier mogelijk en brengt dit onze klimaatdoelstellingen in gevaar? Ten tweede, indien men kerncentrales langer wil openhouden, hoeveel en hoelang dan, en wat zijn daarvan de gevolgen voor de uitbouw van hernieuwbare energie? Ten derde, is de bouw van nieuwe kerncentrales een interessante optie in de toekomst?

IS EEN KERNUITSTAP IN 2025 ZOALS VOORZIEN IN DE WET MOGELIJK? BRENGT DIT ONZE KLIMAATDOELSTELLINGEN IN GEVAAR?

De uitstap uit kernenergie in 2023-2025 is mogelijk, indien men op tijd voldoende regelbare vervangcapaciteit (minimum 3,9 GW volgens ELIA⁸⁴) voorziet om de bevoorrading te verzekeren. De Belgische overheid gaat ervan uit dat deze vervangcapaciteit voornamelijk geleverd wordt door flexibele gascentrales. Dat deze gascentrales er nog niet zijn gekomen heeft vooral te maken met de nog steeds grote onzekerheid over het mogelijk herroepen van de wet op de kernuitstap, en omdat het economisch rendement van gascentrales in de huidige Europese elektriciteitsmarkt (te) laag is. Om het financieel rendement van gascentrales op te krikken voorziet de federale overheid een subsidiemechanisme (het capaciteitsremuneratiemechanisme of CRM), waarover tot op heden ook nog onzekerheid bestaat. Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met het mogelijk verdwijnen van de huidige operationele gascapaciteit in België (3,8 GW) tegen 2040, de afbouw van nucleaire capaciteit in de buurlanden (11 GW in Duitsland tegen 2023 en mogelijk 30 GW in Frankrijk tegen 2040), en de versnelde uitstap uit steenkool en bruinkool in Duitsland (tegen 2038).

Een uitstap uit kernenergie brengt het bereiken van de klimaatdoelstellingen in België niet in gevaar, omdat de CO₂-uitstoot van alle thermische elektriciteitscentrales binnen het EU-ETS gecompenseerd wordt door andere CO₂-uitstootverminderingen in Europa. Enkel op de korte termijn zou de uitstap voor een beperkte stijging in de Europese CO₂-uitstoot kunnen zorgen, wegens het hybride EU-ETS met vernietiging van emissierechten (zie Paragraaf 3.A). Op de langere termijn heeft de uitstap geen invloed op de Europese CO₂-uitstoot (als de EU terugkeert naar het hoofdmechanisme voor EU-ETS), maar het verhoogt wel de prijs van emissierechten in Europa door een gestegen vraag naar emissierechten. De hogere CO₂-uitstoot in België wordt dus opgevangen op Europees niveau.

IS EEN LEVENSDUURVERLENGING VAN KERNCENTRALES INTERESSANT?

Er wordt meestal uitgegaan van de hypothese van een levensduurverlenging van 2 GW nucleaire capaciteit voor minimum 10 jaar, dit om de nodige veiligheidsgerelateerde investeringen te kunnen verantwoorden. Concreet zou dit betekenen dat de twee jongste kerncentrales (Doel 4 en Tihange 3) tot

⁸⁴ ELIA (2017). Electricity scenarios for Belgium towards 2050. ELIA's quantified study on the energy transition in 2030 and 2040. 152 p.; en vervolgstudie (2019). Adequacy and flexibility study for Belgium 2020 – 2030, www.elia.be/en/publications/studies-and-reports.

2035 operationeel zouden blijven. Volgens ELIA⁸⁵ zou een levensduurverlenging met 10 jaar van 2 GW nucleaire capaciteit enkele honderden miljoenen goedkoper zijn dan een volledige kernuitstap in 2025, indien de centrales voldoende beschikbaar zijn, zo niet zou dit leiden tot een verlies. Er zou nog 2,9 GW vervangcapaciteit nodig zijn.⁸⁶ Deze besparing⁸⁷ bestaat uit twee componenten: (1) een kleine verlaging van de gebruikersprijzen door een daling van de groothandelsprijzen voor elektriciteit en (2) een gestegen producentensurplus of het verschil tussen de marktprijs en de kostprijs van het langer openhouden van de kerncentrale. Dit producentensurplus moet dan op een gepaste manier verdeeld worden tussen de eigenaars van de kerncentrales en de overheid. De verlaging van de gebruikersprijzen is beperkt, omdat vooral de Europese markt de prijs bepaalt en niet de Belgische centrales. De kleine verlaging van de groothandelsprijs voor elektriciteit betekent ook dat de financiële opbrengst van alle andere vormen van elektriciteitsproductie, inclusief die uit hernieuwbare bronnen, licht achteruit gaat. Omdat een levensduurverlenging een zware investering vergt, zijn er economische argumenten om de 2 GW te verlengen met 20 jaar in plaats van met 10 jaar, dus tot 2045. Een verlenging van de operationele levensduur van de kerncentrales betekent vooral dat er minder geïnvesteerd moet worden in gascentrales in België.⁸⁸ Dit hoeft de verdere uitbouw van hernieuwbare energie niet in de weg te staan, omdat hernieuwbare energie vooral een Europees verhaal is, de technologische vooruitgang zich op dat vlak afspeelt en de impact op het financiële opbrengst voor producenten van hernieuwbare elektriciteit beperkt is. Ook zorgt de levensduurverlenging van de kerncentrales op korte termijn (2025-2030) waarschijnlijk voor een beperkte en aflopende vermindering van de CO₂-uitstoot in de EU, ten gevolge van het hybride EU-ETS-mechanisme: een lagere CO₂-uitstoot verhoogt het Europese surplus aan emissierechten, waardoor meer emissierechten vernietigd worden.

IS ER EEN ROL VOOR NIEUWE KERNCENTRALES EN WELKE DAN?

Nieuwe kerncentrales van de huidige generatie bouwen is momenteel economisch niet rendabel, omdat de investeringskost veel te hoog ligt. Verder worden huidige nieuwbouwprojecten in Europa gekenmerkt door constructietijden van meer dan 10 jaar. Dit zijn dé fundamentele uitdagingen voor de nucleaire sector. AREVA/EdF (Finland en Frankrijk) en Westinghouse (VS) hebben recent zeer zwak gepresteerd (o.a. overschrijding van het voorziene budget en/of van de constructietijd voor de nieuwe installaties). Rosatom (Rusland) en Kepco (Zuid-Korea) doen het veel beter. De kostprijs in China (volgens de beschikbare gegevens) ligt ook behoorlijk lager.⁸⁹ De EU-landen die momenteel wel nieuwe kerncentrales bouwen, moeten hoge financiële ondersteuning beloven om privé-investeerders aan te trekken. Het verlengen van bestaande centrales is de komende 10 tot 20 jaar veel goedkoper. Dit brengt ons naar de horizon 2040-2060. Op deze horizon zijn er nieuwe nucleaire technologieën die perspectieven zouden kunnen bieden: onder meer vierdegeneratiekerncentrales (vanaf 2040) en

⁸⁵ ELIA (2019). *Op. cit.* Het Federaal Planbureau komt tot gelijklopende inzichten in de studie 'Drivers of wholesale electricity prices in a small, open economy: Some evidence from the nuclear restart in Belgium', WP 9-16.

⁸⁶ *Ibidem*; ELIA (2019). Elia rapporteert dat de benodigde additionele capaciteit daalt van 3,9 GW naar 2,9 GW bij een levensduurverlenging van 2 GW aan nucleaire capaciteit. Men veronderstelt in deze berekeningen dat de additionele capaciteit 100% van de tijd beschikbaar is, m.a.w., de effectieve geïnstalleerde capaciteit zal waarschijnlijk hoger liggen, afhankelijk van haar beschikbaarheid gedurende kritische momenten. Zie Elia (2019), p. 168.

⁸⁷ Deze besparing is gelijk aan het verschil tussen de marktprijs van elektriciteit en de kostprijs van het langer openhouden van de kerncentrale.

⁸⁸ De Oliveira L, Meinke-Hubeny F. (2018). Sensitivity scenario's underpinning choices for the Belgian Energy Pact, Energyville.

⁸⁹ MIT (2018). 'The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World', an interdisciplinary MIT Study, Cambridge, MA, USA.

kernfusie (vanaf 2050), maar ook voor die technologieën zal de kostprijs (inclusief systeemkosten en andere externe kosten) doorslaggevend zijn.

De nucleaire sector zet in op de ontwikkeling van vierdegeneratiekerncentrales. Het gaat hierbij om de ontwikkeling van zowel grootschalige als kleinschalige kerncentrales, de eerste voornamelijk bedoeld voor de geïndustrialiseerde wereld met goed uitgebouwde transmissienetwerken, de laatste voor lokale en regionale markten met een minder ontwikkelde elektriciteitsinfrastructuur. Vierdegeneratiekerncentrales passen bovendien in een circulaire economie, waarbij optimaal gebruik gemaakt wordt van de beschikbare grondstoffen, waar bovendien naast elektriciteit ook proceswarmte wordt geleverd en waar het kernafval sterk gereduceerd wordt.

Veel wordt verwacht van zogenaamde kleine modulaire reactoren (*small modular reactors of SMR's*). Door de modulaire constructie kunnen centrales met vermogens van 150 tot 1500 MW gerealiseerd worden en zou de kostprijs gedrukt kunnen worden. Vanuit een duurzaamheidsperspectief lijken de SMR's, met gesmolten zout als koelmiddel, met de thorium-uraniumcyclus (thoriumcentrales) of de gebruikte brandstof van de huidige reactoren als brandstof en met een snel neutronenspectrum, interessante opties te kunnen zijn. Volgens de huidige inzichten zouden deze reactoren inherent veilig zijn, met een minimaal proliferatiegevaar. Ze kunnen ingepast worden in een elektriciteitssector met veel hernieuwbare productie, omdat ze beloven vrij flexibel te zijn. SMR's kunnen ook worden aangesloten op warmtenetten. Ten slotte produceren ze minder kernafval en kunnen ze ingezet worden om het huidige langlevende kernafval ten dele te verwerken. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat vierdegeneratiekerncentrales de bestaande voorraad aan gebruikte brandstof (*spent fuel*) niet volledig kunnen verwerken, zodat er sowieso nood blijft aan een geologische berging voor het resterende hoogradioactieve kernafval. De sleutelwoorden voor dit soort SMR's zijn veiligheid, kostprijs en flexibiliteit.

Het meest eenvoudige ontwerp van dergelijke SMR's zou mogelijk vanaf 2045/2050 commercieel beschikbaar zijn. De SMR's zouden dus een mogelijke optie kunnen zijn in de koolstofvrije Europese, mogelijk ook Belgische, energiemix na 2045 (na de definitieve sluiting van de twee jongste kerncentrales in 2045, in het scenario van een levensduurverlenging met 20 jaar). Het beleid dient er dan ook voor te waken dat deze optie niet door bepaalde beleidskeuzes op voorhand uitgesloten wordt. Uiteraard zal deze toekomstige kernenergiepiste maar realistisch blijken te zijn indien er hiervoor een maatschappelijk draagvlak gevonden kan worden en de kostprijs (inclusief systeemkosten en andere externe kosten) concurrentie met andere energiebronnen toelaat.

De tijdshorizon voor kernfusie ligt eerder na 2050. China toont hierbij veruit de grootste ambitie, met een realisatie van een gevalideerde 1 GW kernfusiecentrale tegen 2050. Het is nog voorbarig om betrouwbare kostenschattingen te maken voor toekomstige commerciële kernfusiecentrales. In ieder geval zal kernfusie moeten concurreren met de toekomstige beschikbare energieconversietechnologieën.

BIJLAGE: ACHTERGRONDNOTA'S

Bij de besproken alternatieve energieroutes voor de toekomst sluiten drie achtergrondnota's aan die sommige aspecten daarvan verdiepen: EU-ETS, kernenergie, en energie en klimaat in de transportsector.

A. HET EUROPESE *EMISSION TRADING SYSTEM* (EU-ETS)

BASISPRINCIPES

Om de emissies van broeikasgassen te verminderen heeft de EU het *European Union Emission Trading Scheme* (EU-ETS) of het Europese systeem voor verhandelbare emissierechten als beleidsinstrument ingezet. Op 1 januari 2005 werd dit systeem van kracht. De Europese sectoren die onder het EU-ETS vallen, zijn de grote CO₂-uitstoters, zoals de elektriciteits- en warmteproductie, de energie-intensieve industrie (o.a., staal, aluminium, cement, etc.) en sinds 2012 de luchtvaart binnen de Europese Economische Ruimte (EER). Bedrijven in deze sectoren moeten voor elke uitgestoten ton CO₂ een emissierecht inleveren. Deze emissierechten kunnen vrij verhandeld (gekocht en verkocht) worden op een markt voor CO₂. Door het aantal beschikbare emissierechten te beperken en ieder jaar te laten afnemen kan Europa de CO₂-uitstoot reguleren. Zo heeft Europa de CO₂-uitstoot van de EU-ETS-sectoren doen dalen met 29% (2018 t.o.v. 2005).⁹⁰ Dankzij dit marktmechanisme zal verder de CO₂-uitstoot gereduceerd worden waar dit het goedkoopst is.

Veronderstel bijvoorbeeld twee bedrijven, A en B. Bedrijf A kan relatief goedkoop de eigen CO₂-uitstoot reduceren door bijvoorbeeld over te schakelen op een andere brandstof. Voor bedrijf B is het een stuk moeilijker om de eigen CO₂-uitstoot te reduceren. Dit kan enkel tegen een heel hoge kost. Als we van deze twee bedrijven een gelijke CO₂-uitstootreductie zouden vragen, zou dit duur zijn. Bedrijf A kan dit tegen een lage kostprijs verwezenlijken, maar voor B zou de kostprijs heel hoog uitvallen. Als beide bedrijven nu in een systeem van verhandelbare emissierechten zitten, zal bedrijf A de eigen emissies meer kunnen reduceren en beschikbare emissierechten kunnen verkopen op de markt (zolang de marginale kost van de eigen emissiereductie lager is dan de prijs van een emissierecht). Bedrijf B zal ondertussen emissierechten aankopen en de eigen CO₂-uitstoot minder reduceren (zolang de marginale kost van eigen emissiereductie hoger is dan de prijs van een emissierecht). Netto is de totale emissiereductie gelijk gebleven, maar de totale kostprijs is lager. Bedrijf A reduceert meer, maar wordt hiervoor vergoed door bedrijf B. Aangezien de bedrijven deze kosten zullen doorrekenen aan hun consumenten, is het nastreven van een lage totale kostprijs belangrijk.

Op dit moment is het EU-ETS het grootste zogenaamde *cap and trade*-systeem ter wereld. De grootte (productiecapaciteit) en/of de output van een bepaalde installatie bepalen of een installatie al dan niet wordt opgenomen. De installaties die onder het EU-ETS vallen, zijn verantwoordelijk voor ongeveer 45% van de totale CO₂-emissies in de EU.⁹¹ Ook de CO₂-uitstoot van vluchten tussen steden in de EER zit mee in dit systeem sinds 2012.

Het EU-ETS is verdeeld in verschillende handelsperiodes. De eerste liep van 2005 tot 2007 en gold als test- of proefperiode. De tweede handelsperiode liep parallel met de Kyoto-periode (2008-

⁹⁰ Berekend op basis van data van het European Environment Agency, beschikbaar via www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1. Merk op dat de emissies sneller gedaald zijn dan het emissieplafond.

⁹¹ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en.

2012). De derde (huidige) periode loopt van 2013 tot 2020. De eerste handelsperiode was hoofdzakelijk bedoeld om alle spelers vertrouwd te maken met emissiehandel. Het was dan ook niet toegestaan om emissierechten van deze periode over te dragen naar de volgende periode (*banking*). Vanaf de tweede handelsperiode wordt *banking* wel toegestaan.

In het verleden werd het gros van de emissierechten op voorhand gratis toegewezen aan installaties. Geleidelijk is men overgegaan tot het veilen van emissierechten. Momenteel wordt dus een groot deel van de emissierechten via veiling in de markt gebracht, waardoor er effectief meer betaald moet worden voor de emissierechten die men nodig heeft. Sectoren die onderhevig zijn aan competitie buiten de EU (een ruimte die vrijgesteld is van een CO₂-kostprijs), worden beschermd en krijgen hun emissierechten nog steeds gratis.

EEN KORTE GESCHIEDENIS

Tijdens de jaren 2005 en 2006 werd een significante prijs voor CO₂ aangerekend (tot 30 EUR/tCO₂). In 2007 echter was de prijs (bijna) nul tijdens het grootste deel van het jaar. Dit verloop kan als volgt worden verklaard. In het eerste deel van deze handelsperiode (januari 2005 tot april 2006) werd algemeen verondersteld dat deze handelsperiode *short* was, d.w.z. dat er onvoldoende emissierechten waren voor een zogenaamd *business as usual*-scenario (BAU-scenario) zonder emissiehandelssysteem. Hiermee rekening houdend werd verondersteld dat maatregelen noodzakelijk waren om CO₂-emissies terug te dringen. Hierdoor bestond een significante prijs voor emissierechten. Eind april 2006 echter publiceerden verscheidene lidstaten hun geverifieerde emissierapporten voor 2005. Deze emissies bleken veel lager te liggen dan over het algemeen verondersteld werd (de geverifieerde emissies voor deze lidstaten samen lagen ongeveer 50 Mton onder de verwachte niveaus). Hierdoor daalde de prijs voor CO₂ van 30 EUR/ton naar 10 EUR/tCO₂ in een paar dagen tijd. Er was een kleine heropleving van de prijs van CO₂, maar tegen eind 2006 werd duidelijk dat de eerste handelsperiode *long* was, d.w.z. dat er te veel emissierechten waren. Omdat deze emissierechten niet overdraagbaar waren naar de tweede handelsperiode, ging de prijs naar 0 EUR/tCO₂.

De totale jaarlijkse toegelaten CO₂-uitstoot van de EU-ETS-sectoren tijdens de periode 2008-2012 was 13% lager dan de toegelaten emissies in de eerste handelsperiode of 6% lager dan de daadwerkelijke emissies in 2005. De emissierechten van de tweede handelsperiode waren overdraagbaar (*bankable*) naar de derde, zodat een nulprijsscenario (zoals waargenomen in de eerste handelsperiode) in principe niet zou plaatsvinden. De prijs voor emissierechten van de tweede handelsperiode varieerde tussen 5 en 30 EUR/tCO₂. Vooral in het begin van deze periode (eerste helft 2008) was de prijs voor emissierechten significant (tot ca. 30 EUR/tCO₂), mede gedreven door hoge prijzen op energiemarkten (bv. aardgas en olie). Wegens de financiële crisis en economische recessie (vanaf midden 2008) zijn de prijzen sterk gedaald. Door een verminderde output van de industrie waren immers relatief veel emissierechten beschikbaar, omdat de emissieplafonds vooraf waren vastgelegd. Er werd in deze periode een aanzienlijk surplus opgebouwd in de markt. Doordat deze emissierechten wel overdraagbaar waren naar de volgende periode, bleven ze wel een waarde behouden en ging de prijs dus niet naar 0 EUR/tCO₂.

DE HUIDIGE SITUATIE

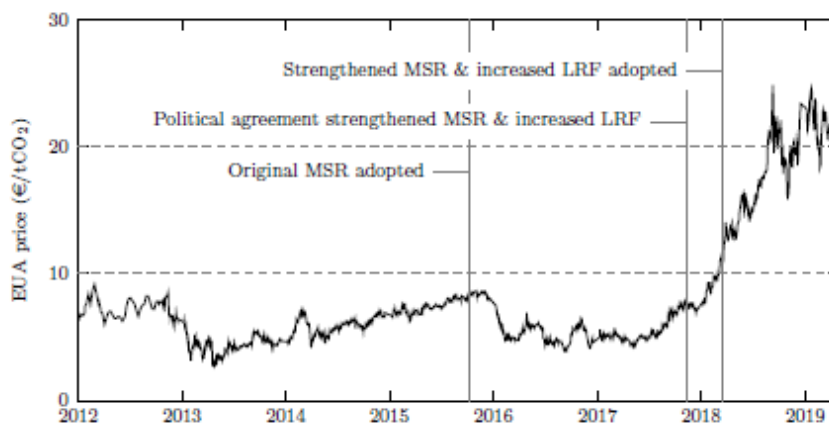
Tijdens de derde periode (2013-2020) van het EU-ETS daalt het emissieplafond nog steeds, tegen 1,74% van het emissieplafond in 2010. Door het opgebouwd surplus uit de tweede handelsperiode,

hoofdzakelijk gedreven door de economische crisis (maar ook door bv. complementair beleid, zoals genereuze subsidies aan hernieuwbare energiebronnen), bleef het emissietraject onder het plafond. Bijgevolg accumuleerde het surplus aan emissierechten in omloop verder en bleven de prijzen laag (<10 EUR/tCO₂).

De Europese Commissie heeft recent getracht om deze prijzen op te krikken door het niet-veilen of -alloceren van een bepaald volume aan emissierechten in de periode 2014-2016 (o.a. *back-loading*), echter zonder veel succes. De verwachting was immers dat deze emissierechten terug beschikbaar zouden worden op het einde van de derde handelsperiode. Na een meer grondige hervorming van het systeem door de Europese Commissie in 2018 verviervoudigde echter de prijs, met pieken tot 30 EUR/tCO₂. Deze abrupte stijging wordt toegeschreven aan (1) een verhoging van de lineaire factor waarmee het emissieplafond afneemt, van 1,74% naar 2,2% vanaf de vierde fase (2021-2030), en (2) de introductie van een marktstabiliteitsreserve (MSR of *Market Stability Reserve*) vanaf 2019 (zie verder).

Afhankelijk van het aantal emissierechten in omloop (TNAC of *Total Number of Allowances in Circulation*) wordt een deel hiervan jaarlijks in deze reserve geplaatst. Ook de emissierechten die in 2014-2016 uit de markt werden gehouden komen rechtstreeks in deze reserve. Wanneer er in de toekomst dan meer schaarste zou zijn, zouden emissierechten uit de reserve terug in de markt gebracht worden. Op die manier zouden de initiële vastgelegde cumulatieve emissieplafonds op lange termijn in principe ongewijzigd blijven. In een recente hervorming is nu echter beslist om het overschot dat kan worden opgebouwd in deze reserve te beperken. Indien het overschot in de reserve een bepaalde bovengrens zou doorbreken, wordt een aantal van deze rechten vernietigd (*cancellation*).

Door deze aanpassingen (verhoging van de lineaire reductiefactor en MSR met *cancellation*) zullen de emissies in 2031 ten minste 43% lager zijn dan in 2005. Beide factoren dragen, in de verwachting van een schaarste, bij tot emissierechten in de toekomst, waardoor de prijzen vandaag stijgen. In wat volgt gaan we in meer detail in op deze nieuwe beleidsmaatregelen, waarna we de implicaties hiervan bespreken, zowel op Europees als op Belgisch niveau.



Figuur 7: De prijs van een emissierecht gedurende de derde fase van het EU-ETS. Voor begin 2018 steeg de prijs van emissierechten niet boven 10 EUR/tCO₂, ondanks de introductie van de eerste versie van de marktstabiliteitsreserve in 2015. Na de beslissing om deze reserve te versterken en de reductiefactor waarmee de emissieplafonds dalen aan te scherpen, steeg de prijs van emissierechten sterk, met frequente pieken boven 25 EUR/tCO₂. Bronnen: EEX (2019). *Emission Spot Primary Market Auction Report 2018*. Tech. Report; Bruninx, K., Ovaere, M. en Delarue, E. (2019). *The Long Term Impact of the Market Stability Reserve on the European Emissions Trading System*. KU Leuven Energy Institute Working Paper EN2019-07.

HET CORRECTIEMECHANISME IN HET EU-ETS: DE MARKTSTABILITEITSRESERVE

Vanaf 2019 en zolang het aantal emissierechten in omloop (TNAC of *Total Number of Allowances in Circulation*) boven 833 MtCO₂ blijft, zal de reserve jaarlijks emissierechten opnemen. De TNAC is een maat voor het aantal emissierechten in omloop in het systeem en is gedefinieerd als volgt:

$$TNAC_j = \sum_{j^*=2008}^j \text{Emissieplafond}_{j^*} - (\text{Geverifieerde emissies}_{j^*} + \text{Vrijwillige cancellation}_{j^*}) - \text{Emissierechten in de reserve}_j$$

Op het eind van jaar j is de TNAC bepaald als het cumulatieve verschil tussen (1) het emissieplafond en (2) de vraag naar emissierechten, dus CO₂-emissies, en de vrijwillige nietigverklaring⁹² van emissierechten, gecorrigeerd voor de emissierechten in de reserve. Volgens de Europese Commissie was de TNAC 1,655 MtCO₂ aan het einde van 2018, wat equivalent is aan ongeveer 1 jaar CO₂-emissies onder het EU-ETS.

Het exacte aantal emissierechten opgenomen door de reserve hangt af van de TNAC in de voorgaande jaren: zolang de TNAC boven 833 MtCO₂ blijft, wordt 8% ervan overgebracht naar de MSR (de marktstabiliteitsreserve) in het volgende jaar en 16% ervan binnen twee jaar. Vanaf 2024 halveren deze percentages naar respectievelijk 4% en 8%. Bijgevolg wordt in 2019 het equivalent van 397 MtCO₂ (0,16 x 1,655 MtCO₂ + 0,08 x 1,655 MtCO₂) naar de reserve overgebracht.⁹³ Naast deze graduele absorptie van emissierechten worden ook de 900 MtCO₂ *backloaded* en ongeveer 700 MtCO₂ niet-galloceerde emissierechten in 2019 en 2021 in de reserve geplaatst. Door dit mechanisme daalt het aantal emissierechten in omloop. Wanneer de TNAC onder 400 MtCO₂ zakt, maakt de reserve opnieuw het equivalent van 200 MtCO₂ (voor 2024) of 100 MtCO₂ (vanaf 2024) aan emissierechten beschikbaar voor de markt, om schaarste (en bijgevolg hoge prijzen voor emissierechten) te voorkomen.

Vanaf 2023 echter wordt het aantal emissierechten dat de reserve kan bevatten beperkt tot het aantal emissierechten dat wordt geveild in het voorgaande jaar (57% van het emissieplafond). Indien de reserve meer emissierechten bevat dan deze bovengrens, worden deze vernietigd. Het is vooral dit laatste element van de reserve, de *cancellation*-provisie, die het hele systeem een extra complexiteit geeft. Dit nieuwe element in het EU-ETS zorgt er namelijk voor dat het emissieplafond niet langer vastligt, maar onder meer afhangt van de emissies en het emissieplafond tot op vandaag en in de toekomst.

In wat volgt gaan we dieper in op ***twee belangrijke gevolgen van dit complexe correctiemechanisme***. We gaan er in deze discussie vanuit dat het systeem tot het einde van het EU-ETS ongewijzigd blijft. Er zijn vanaf 2021 echter vijfjaarlijkse evaluaties voorzien, waarbij dit systeem herzien kan worden. Deze herzieningen kunnen leiden tot een terugkeer naar een systeem met een eenvoudig plafond, een wijziging van de parameters van de reserve, het afschaffen van de *cancellation*-provisie, het versnellen van de jaarlijkse daling van het emissieplafond, etc. Deze tekst biedt beleidsmakers een startpunt om de impact van dit soort beleidskeuzes te doorgronden.

⁹² Een deel van de emissierechten wordt toegewezen aan de lidstaten, die op hun beurt deze emissierechten kunnen veilen. Lidstaten kunnen er echter unilateraal voor kiezen om een deel van deze emissierechten niet te gelde te maken en te vernietigen.

⁹³ De TNAC bedroeg zowel aan het einde van 2017 als het einde van 2018 1,655 MtCO₂. Voor meer informatie, zie Bruninx, K., Ovaere, M. en Delarue, E. (2019). The Long Term Impact of the Market Stability Reserve on the European Emissions Trading System. KU Leuven Energy Institute Working Paper EN2019-07.

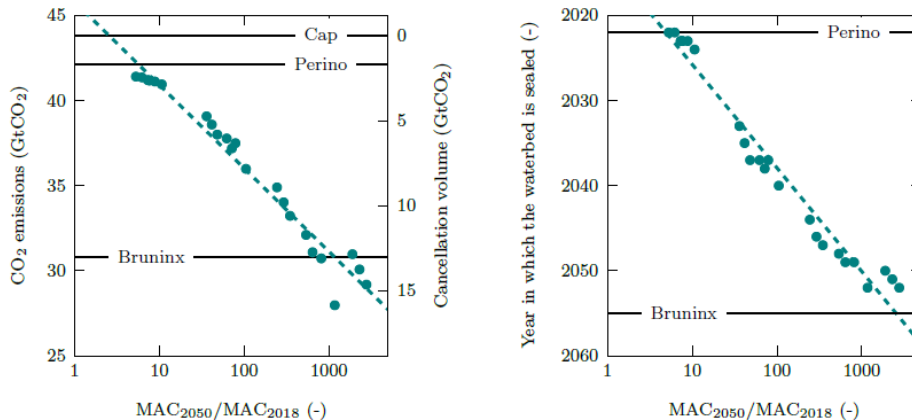
 DE IMPACT OP DE CUMULATIEVE EMISSIES TOEGELATEN ONDER HET EU-ETS

Het jaarlijks afnemende emissieplafond zorgt ervoor dat de EU-ETS-sectoren gedwongen worden om hun CO₂-uitstoot te reduceren. Het overdraagbare karakter van emissierechten zorgt er echter voor dat bedrijven die CO₂ uitstoten, een afweging maken tussen enerzijds vandaag CO₂ uitstoten en later maatregelen nemen om hun CO₂-uitstoot te beperken, en anderzijds vandaag maatregelen nemen om het bijhorende emissierecht later te kunnen benutten. Welke beslissing ze nemen, hangt sterk af van de relatieve verhouding tussen de kosten geassocieerd met het verminderen van de CO₂-uitstoot (*abatement cost*), vandaag en in de toekomst. Op deze manier vormt zich, althans in theorie, een evenwicht tussen de CO₂-uitstoot vandaag, de inspanningen die geleverd worden om deze CO₂-uitstoot te beperken, de prijs van emissierechten en het cumulatieve emissieplafond.

In het oorspronkelijke EU-ETS had het mechanisme zonder vernietiging (*cancellation*) geen enkel effect op de cumulatieve emissies toegelaten onder het EU-ETS – enkel de timing van de CO₂-emissies verschoof. In het nieuwe systeem echter bepaalt de verwachting van de kosten om de emissies te reduceren in de toekomst sterk hoe streng het effectieve emissieplafond zal zijn. Wanneer we verwachten dat de kosten om emissies te reduceren in de toekomst hoog zullen zijn (bv. door het uitblijven van goedkope technologieën of een sterkere daling van de jaarlijkse emissieplafonds), zullen bedrijven in het EU-ETS meer emissierechten bewaren voor later gebruik (*banking*). Hierdoor neemt het verschil tussen de emissieplafonds en emissies toe – m.a.w., de TNAC – waardoor er ook meer emissierechten in de reserve zullen worden opgenomen en bijgevolg ook de hoeveelheid die vernietigd wordt, toeneemt, waardoor het cumulatieve emissieplafond op zijn beurt lager wordt.

Omdat de kosten om emissies te reduceren fundamenteel onzeker zijn, in het bijzonder op de middellange termijn, wordt hierdoor het effectieve emissieplafond onzeker. Daarenboven krijgt het systeem een ongewenst zelfversterkend karakter: naarmate het duurder is om emissies te reduceren, wordt het emissieplafond strenger en bijgevolg wordt het nog duurder om dit emissieplafond te reduceren. Dit effect wordt geïllustreerd in Figuur 8, waar de verhouding van de marginale kost om één ton CO₂ minder uit te stoten in 2050 t.o.v. de kost vandaag wordt gebruikt als indicator voor de perceptie van toekomstige kosten voor emissiereducties (horizontale as).

Merk verder op dat we hier geen uitspraak doen over de *werkelijke* verhouding van de marginale kost om één ton CO₂ minder uit te stoten in 2050 t.o.v. de kost vandaag, daar die fundamenteel onzeker is. We focussen enkel op de relatie tussen deze indicator en de cumulatieve emissies. Hoe hoger de breuk, hoe duurder het naar verwachting zal zijn om het emissieplafond te halen. Figuur 8 toont dat cumulatieve emissies onder het EU-ETS tussen 41,1 GtCO₂ en 28,0 GtCO₂ kunnen liggen – waarden die vergeleken moeten worden met het cumulatieve emissieplafond zonder vernietiging (*cancellation*) van 43,8 GtCO₂. Voor elke vertienvoudiging van de indicator dalen de cumulatieve emissies met 4,9 GtCO₂ en duurt het 12 jaar langer vooraleer men terugkeert naar een gewoon emissieplafondmechanisme (rechts). De schattingen van deze waarden lopen sterk uit elkaar in de literatuur, maar het mechanisme en de onzekerheid op de cumulatieve emissies vindt men steeds terug.



Figuur 8: Cumulatieve CO₂-emissies, aantal vernietigde emissierechten (*cancellation volume*) (links) en het jaar waarin wordt teruggekeerd naar een gewoon plafondmechanisme (rechts) als functie van de verhouding tussen de marginale kost om één ton CO₂ minder uit te stoten in 2050 t.o.v. dezelfde marginale kost vandaag. Elk punt komt overeen met een simulatie op basis van een specifieke emissiereductiekostencurve. Bron: Bruninx, K., Ovaere, M., Gillingham, K. en Delarue, E. (2019). *The unintended consequences of the EU ETS cancellation policy*. KU Leuven Energy Institute WP2019-11.

DE EFFECTIVITEIT VAN OVERLAPPENDE MAATREGELN

In het originele EU-ETS hadden complementaire maatregelen, zoals specifieke doelstellingen voor hernieuwbare elektriciteitsproductie, geen impact op de cumulatieve emissies onder het EU-ETS, gezien het vastgelegde emissieplafond – het zogenaamde waterbedeffect. Ten gevolge van de *cancellation*-provisie echter hebben extra unilaterale beleidsmaatregelen die de emissies of de beschikbare hoeveelheid emissierechten in het EU-ETS beïnvloeden, nu wel een invloed op de cumulatieve emissies.

Lidstaten beschikken over twee soorten beleidsmaatregelen waarmee ze de cumulatieve emissies kunnen beïnvloeden: het verminderen van de beschikbare emissierechten, minder emissierechten veilen en vernietigen (*voluntary cancellation*), of beleidsmaatregelen die emissies verminderen, bv. door energie-efficiëntiemaatregelen of subsidies voor hernieuwbare energie.⁹⁴ Het netto-effect van deze beleidsmaatregelen hangt af van een combinatie van twee effecten: het correctiemechanisme van de reserve (*cancellation*-provisie) en de mate waarin de emissiereductie ten gevolge van de maatregel weglekt naar andere sectoren of lidstaten.⁹⁵

1. Het eerste effect verwijst naar de manier waarop een beleidsmaatregel het functioneren van de reserve beïnvloedt. Een beleidsmaker kan twee hefboomen gebruiken om de cumulatieve emissies onder het EU-ETS te laten dalen: de discrete niveaus waarop de reserve stopt met emissierechten op te nemen en de verhouding van de relatieve kosten om emissies te reduceren vandaag en in de toekomst. Om de eerste hefboom te benutten kan een goed getimede beleidsmaatregel het aantal emissierechten in omloop (TNAC) een jaar langer boven de grens van 833 MtCO₂ houden, waardoor de reserve een jaar langer emissies opneemt en, bijgevolg, vernietigt. Een voorbeeld hiervan is een maatregel die leidt tot een emissiereductie op korte termijn.

⁹⁴ Merk op dat onder de huidige regelgeving *voluntary cancellation* enkel kan indien dit gekoppeld is aan een andere beleidsmaatregel in de EU-ETS-sectoren die de emissies significant beïnvloed, zoals bijvoorbeeld het gedwongen sluiten van steenkoolcentrales.

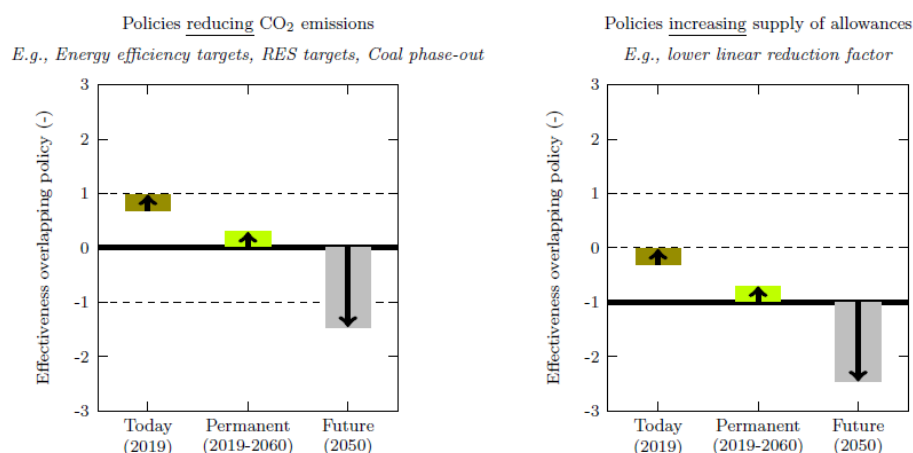
⁹⁵ G. Perino, R. Ritz & A. van Benthem (2019). Understanding overlapping policies: internal carbon leakage and the punctured waterbed. NBER Working Paper 25643.

Een beleidsmaatregel die de relatieve verhouding van de kosten om emissies te reduceren in de toekomst t.o.v. de kosten van emissiereducties vandaag verhoogt (de tweede hefboom), gebruikt het effect dat eerder is beschreven om de cumulatieve emissies te doen dalen. Als men verwacht dat de kosten van toekomstige emissiereducties sterk zullen stijgen, zet dit aan tot *banking* van emissierechten, waardoor het aantal emissierechten in omloop stijgt, de reserve meer emissierechten opneemt en er bijgevolg meer emissierechten vernietigd worden.

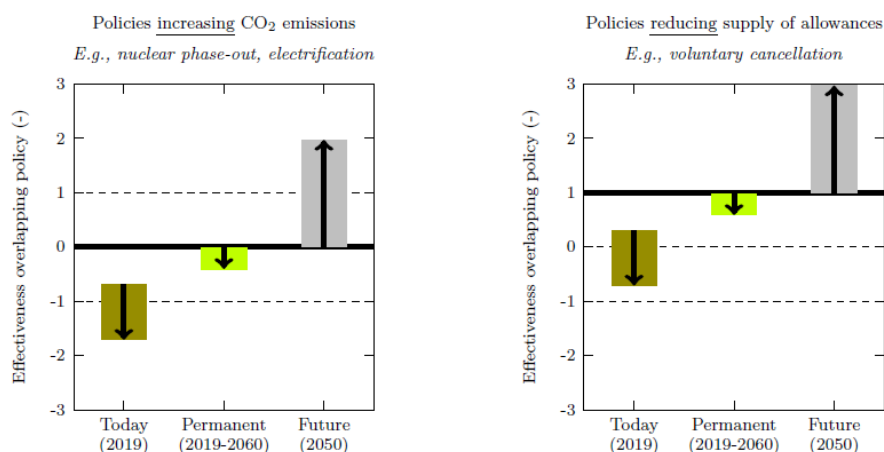
2. Het tweede effect verwijst naar het mogelijk weglekken van de CO₂-uitstoot als gevolg van de maatregel op korte termijn (*carbon leakage*). Dit effect speelt bijvoorbeeld wanneer een veroorzaker van emissies de activiteiten verschuift naar een andere EU-lidstaat. Dit effect is vooral een risico voor kleine landen. Stel dat België minder luchtvaart tussen steden in de EER toelaat vanop Zaventem, dan heeft dit niet veel zin, want het is gemakkelijk om het vliegtuig te nemen in een andere lidstaat. Merk op dat dit effect enkel relevant is voor beleidsmaatregelen die de emissies in een lidstaat beïnvloeden. Wanneer een lidstaat beslist om minder emissierechten te veilen, speelt dit dempende effect niet mee, aangezien een andere lidstaat niet kan beslissen om meer emissierechten te veilen dan hem toegewezen werden.

Het product van beide effecten zal bepalen wat de uiteindelijke extra emissiereductie op het niveau van de EU zal worden. Omdat beide effecten fundamenteel onzeker zijn en afhangen van vele factoren, is het bijzonder moeilijk geworden om het effect van een unilaterale beleidsmaatregel op de cumulatieve emissies te voorspellen. In wat volgt geven we een inschatting van de mogelijke effectiviteit van een aantal typevoorbeelden van beleidsmaatregelen, zonder het effect van *carbon leakage* te beschouwen. We definiëren de effectiviteit van een beleidsmaatregel als de verhouding van de verandering in cumulatieve emissies t.o.v. de absolute waarde van de emissie(rechten) die door de beleidsmaatregel geïmplementeerd worden. Een maatregel gericht op het doen dalen van emissies heeft dus idealiter een effectiviteit van 1. Een beleidsmaatregel met een effectiviteit van -1 doet de cumulatieve emissies stijgen met de emissies die direct beïnvloed worden door de maatregel.

We maken een onderscheid tussen maatregelen die een directe impact hebben op de CO₂-emissies (linkerkolom) en beleidsmaatregelen die een impact hebben op de beschikbare hoeveelheid emissierechten (rechterkolom). Verder differentiëren we maatregelen waarvan de directe impact vandaag (2019), permanent of ver in de toekomst (2050) voelbaar is. Figuur 9 geeft een indicatie van de mogelijke effectiviteit van dergelijke maatregelen, gebaseerd op een eenvoudig rekenmodel.⁹⁶



⁹⁶ Bruninx, K., Ovaere, M., Gillingham, K., Delarue, E. (2019). *Op. cit.*



Figuur 9: De impact van verschillende vormen van overlappend beleid dat de emissies of het aantal beschikbare emissierechten doet stijgen of dalen met 1, 10 of 100 MtCO₂ in 2019, 2050 of in de periode 2019-2060. De impact van deze beleidsmaatregelen onder een gewoon plafondmechanisme zijn weergegeven door de volle zwarte lijn. De pijlen geven aan hoe de effectiviteit van de maatregel wijzigt naarmate de verhouding van toekomstige en huidige marginale emissiereductiekosten stijgt. Bron: Bruninx, K., Ovaere, M., Gillingham, K. en Delarue, E. (2019). *The unintended consequences of the EU ETS cancellation policy*. KU Leuven Energy Institute WP2019-11.

De figuur linksboven toont het effect van beleidsmaatregelen die de emissies verminderen. Wanneer deze maatregelen geen impact hebben op hoelang de reserve emissierechten opneemt (de eerste hefboom), is de effectiviteit van deze maatregel altijd kleiner dan 1. Bijvoorbeeld: extra hernieuwbare energie vandaag zorgt ervoor dat er minder emissierechten nodig zijn voor steenkool- en gascentrales. Het aantal emissierechten in de reserve stijgt en hiervan wordt een gedeelte vernietigd. Inderdaad, slechts 24% (voor 2023) of 12% (na 2023) van de additionele emissierechten in omloop wordt elk jaar opgenomen in de reserve en bijgevolg vernietigd. Hoe langer de reserve emissierechten opneemt, hoe dichter de effectiviteit bij 1 ligt. Beleidsmaatregelen die vandaag aangekondigd worden, maar pas effect hebben ver in de toekomst, zoals een aangekondigde uitstap uit steenkool, kunnen een negatieve effectiviteit hebben. Inderdaad, dergelijke maatregelen reduceren de vraag naar emissierechten, waardoor die goedkoper worden, en het dus goedkoper wordt om de emissieplafonds in de toekomst te respecteren. Bijgevolg is het bewaren van emissierechten voor gebruik in de toekomst (*banking*) minder winstgevend, waardoor het aantal emissierechten in omloop daalt, de reserve minder emissierechten opneemt en vernietigt, waardoor de totale emissies kunnen stijgen. Wanneer deze maatregel ervoor zorgt dat de reserve minder lang emissierechten opneemt, kan de effectiviteit zelfs sterker negatief zijn dan -1. Beleidsmaatregelen die de emissies permanent reduceren (zoals bepaalde energie-efficiëntiedoelstellingen) hebben een lage netto positieve effectiviteit en reduceren dus m.a.w. de cumulatieve emissies in beperkte mate.

De figuur linksonder toont het effect van een beleidsmaatregel die de emissies onder het EU-ETS doet toenemen, zoals bv. een kernuitstap of het elektrificeren van transport of verwarming. We nemen gelijkaardige effectiviteitsniveaus waar, maar de relatie tussen de timing van de maatregel en de effectiviteit is omgekeerd. Cumulatieve emissies nemen toe wanneer de emissies ten gevolge van de maatregel vandaag toenemen. Dit soort maatregelen kan ervoor zorgen dat de reserve sneller stopt met het opnemen van emissierechten, waardoor er minder emissierechten vernietigd worden en de effectiviteit sterker negatief wordt dan -1. Daaraan tegengesteld: wanneer vandaag een beleidsmaatregel aangekondigd wordt die emissies in de toekomst zal laten stijgen, nemen de cumulatieve emis-

sies af, daar dergelijke maatregelen het duurder maken om de emissieplafonds in de toekomst te respecteren (de tweede hefboom). In sommige gevallen kunnen deze maatregelen ervoor zorgen dat de reserve langer emissierechten blijft opnemen, waardoor de effectiviteit groter is dan 1 (de eerste hefboom). Maatregelen die de emissies permanent doen stijgen, zorgen voor een beperkte stijging in de cumulatieve emissies.

De figuren in de rechterkolom tonen de effectiviteit van beleidsmaatregelen die de beschikbaarheid van emissierechten beïnvloeden, bv. door vrijwillige *cancellation* of veranderingen in de jaarlijkse emissieplafonds van het EU-ETS. De effectiviteit (ϵ) van dergelijke beleidsmaatregelen wordt bepaald door dezelfde drijfveren als hierboven beschreven en kan gerelateerd worden aan beleidsmaatregelen die impact hebben op de emissies, als volgt:

$$\begin{aligned}\epsilon(\text{reducing supply}) &\approx \epsilon(\text{increasing emissions}) + 1 \\ \epsilon(\text{increasing supply}) &\approx \epsilon(\text{reducing emissions}) - 1\end{aligned}$$

De impact van beleidsmaatregelen die de hoeveelheid emissierechten beïnvloeden zal de cumulatieve emissies doen stijgen of dalen met de hoeveelheid gespecificeerd door de maatregel. Daarenboven moet er rekening worden gehouden met het effect van de maatregel op de periode waarin de reserve emissierechten opneemt (de eerste hefboom) en de impact op de relatieve verhouding van emissiereductiekosten (de tweede hefboom).

Typisch zijn beleidsmaatregelen echter niet een-op-een te vatten in een van de bovenstaande categorieën. Hieronder beschrijven we de wisselwerking tussen het correctiemechanisme van de reserve en vier mogelijke maatregelen die Belgische beleidsmakers overwegen. In tegenstelling tot de hoofdtekst van deze visietekst maken we hier geen veronderstelling rond het jaar waarin de reserve stopt met het opnemen van emissierechten.

Kader 3: Effecten van unilaterale maatregelen in de EU-ETS-sectoren (gedetailleerd)

Voorbeeld 1). Stel, het beleid beslist tot de levensduurverlenging van kerncentrales in België na 2025, het jaar dat nu voor sluiting wettelijk wordt vooropgesteld. De levensduurverlenging van deze centrales vervangt voor een deel de inzet van hernieuwbare energie en voor een deel gascentrales, waardoor de emissies in België in de periode 2025-2045 dalen t.o.v. het alternatieve scenario. Het netto-effect van deze maatregel hangt af van twee factoren. Ten eerste verlaagt deze maatregel de emissies, waardoor het aantal emissierechten in omloop toeneemt en dus de reserve mogelijk meer emissierechten opneemt en bijgevolg meer emissierechten vernietigt. Het tweede effect, namelijk op de relatieve verhouding tussen de kosten om emissiereducties te realiseren in de toekomst en vandaag, is echter minder eenduidig. Een dergelijke levensduurverlenging zorgt ervoor dat het gemakkelijker wordt om de emissieplafonds te respecteren (gedurende de verlengde levensduur, dus ook in de toekomst), waardoor *banking* minder winstgevend wordt, waardoor het aantal emissierechten in omloop vandaag daalt en bijgevolg de reserve minder emissierechten opneemt en vernietigt. Het netto-effect is dus onzeker en sterk afhankelijk van andere factoren (o.a. de impact op de relatieve emissiereductiekosten en hoelang de reserve emissierechten opneemt). Het zal waarschijnlijk licht positief zijn, m.a.w. de cumulatieve emissies beperkt doen dalen (Figuur 9, figuur linksboven, geval 'Permanent'). Merk op dat bij een eenvoudig *cap and trade*-systeem zonder correctiemechanisme een levensduurverlenging van de kerncentrales geen enkel effect zou hebben op de Europese CO₂-emissies. Inderdaad, de vermeden CO₂-emissies ten gevolge van de levensduurverlenging doen de prijzen van emissierechten dalen, waardoor die zouden worden gebruikt door andere bedrijven om additionele CO₂-uitstoot te compenseren.

Voorbeeld 2). Stel, een gascentrale in België wordt vervangen door een extra windturbine. Dit is een voorbeeld van een maatregel die een permanente emissiereductie met zich meebrengt en die dus naar alle waarschijnlijkheid een beperkte netto-emissiereductie zal veroorzaken (Figuur 9, figuur linksboven, geval 'Permanent').

Voorbeeld 3). Stel, het beleid zet massaal in op de elektrische auto. Het streven wordt de vervanging van een auto op fossiele brandstof door een elektrische auto. Wat gebeurt er? Ten eerste valt de CO₂-uitstoot van de benzine- of dieselauto weg. De elektrische auto zorgt voor een extra gebruik van elektriciteit en aangezien de productie van elektriciteit onder het EU-ETS-emissieplafond valt, heeft het geen belang of de elektriciteit wordt opgewekt met hernieuwbare energie of door middel van een steenkool- of gascentrale, daar de totale CO₂-uitstoot van deze sectoren begrensd is door het EU-ETS. Op het eerste zicht is dit dus een goede klimaatmaatregel. Doordat dit echter de vraag naar emissierechten permanent doet toenemen, zal het correctiemechanisme voor een beperkte CO₂-uitstootstijging zorgen (zie Figuur 9, figuur linksonder, geval 'Permanent'). Merk echter op dat het netto-effect nog steeds positief is: elke ton CO₂ die meer wordt uitgestoten voor elektriciteitsproductie vertaalt zich in een beperkte (<0,3 tCO₂) stijging van de cumulatieve CO₂-uitstoot. Omdat de elektrische wagen minder CO₂ per km uitstoot dan een conventionele wagen, blijft het netto-effect van deze maatregel op de cumulatieve CO₂-uitstoot van de EU-ETS-sectoren (o.a. elektriciteitsproductie) en niet-ETS-sectoren (o.a. transport op basis van conventionele brandstoffen) samen positief.

Voorbeeld 4). Stel, we vervangen vandaag een vlucht binnen de EER door een treinrit met de hogesnelheidstrein. Doordat de trein per km minder CO₂ uitstoot dan het vliegtuig, zou deze maatregel de emissies moeten doen dalen, waardoor de cumulatieve CO₂-uitstoot onder het EU-ETS ten gevolge van het correctiemechanisme zou dalen (Figuur 9, linksboven, geval 'Today'). Omdat het correctiemechanisme in het EU-ETS geen rekening houdt met de CO₂-uitstoot van de luchtvaart, maar wel met die van de elektrische hogesnelheidstrein, krijgen we echter het omgekeerde effect: het aantal emissierechten in omloop daalt, waardoor er minder emissierechten worden opgenomen en vernietigd door de reserve. De Europese Commissie zal deze paradoxale situatie op korte termijn moeten corrigeren, bijvoorbeeld tijdens de voorziene revisie van de reserve in 2021.

CONCLUSIE

Het EU-ETS is een kosteneffectief beleidsinstrument om CO₂-emissies, afkomstig van elektriciteitsproductie, grootschalige warmteproductie, grote industriële gebruikers (o.a., staal, aluminium, cement, etc.) en vliegverkeer binnen de EER te reguleren en te reduceren. Het systeem van verhandelbare emissierechten, waarvan het beschikbare volume elk jaar afneemt en wordt gereduceerd tot zo goed als nul in 2050, zorgt ervoor dat emissies gereduceerd worden waar dit het goedkoopst kan. Op deze manier werden de emissies in deze sectoren reeds met 29% gereduceerd t.o.v. 2005.

Omdat het emissieplafond (het aantal beschikbare emissierechten in elk jaar) geen rekening houdt met complementair beleid (bv. doelstellingen voor hernieuwbare energie) of economische conjunctuur, bouwde zich in het recente verleden een overschot aan emissierechten op. Doordat deze emissierechten overdraagbaar zijn van het ene naar het andere jaar, leidde dit op zich tot lage prijzen voor emissierechten (rond 5 EUR/ton CO₂ in de periode 2013-2017), wat aan de betrokken actoren een beperkt signaal gaf om te decarboniseren.

Om de emissieplafonds in lijn te brengen met de effectieve emissies en om de prijzen van emissierechten op te krikken introduceerde Europa in 2018 – samen met een aantal andere maatregelen – de zogenaamde marktstabiliteitsreserve. Deze reserve absorbeert gradueel een deel van het voor de actoren beschikbare surplus aan emissierechten. Indien het aantal rechten in de reserve het aantal in het voorgaande jaar geveilde emissierechten overschrijdt, wordt vanaf 2023 een deel van de emissierechten in de reserve definitief uit het systeem gehaald (*cancellation*). Hoewel dit op korte

termijn de prijzen van emissierechten verhoogde tot meer dan 20 EUR/t CO₂, heeft dit complexe correctiemechanisme ook een aantal onvoorziene implicaties.

Ten eerste worden de totale emissies toegelaten onder het EU-ETS sterk onzeker en afhankelijk van de perceptie van de toekomstige kosten om de emissieplafonds te respecteren. Ten tweede wordt het effect van unilaterale complementaire beleidsmaatregelen (bv. doelstellingen voor hernieuwbare energie, een kernuitstap of kolenuitstap, etc.) erg onzeker. In sommige gevallen zijn perverse effecten niet uit te sluiten, waardoor complementaire beleidsmaatregelen die de emissies horen te doen dalen, leiden tot een stijging van de effectieve cumulatieve emissies op Europees niveau. In de voorziene vijfjaarlijkse revisies wordt het hierboven beschreven correctiemechanisme mogelijk bijgestuurd om dit soort effecten te vermijden. België kan hier als lidstaat van de EU een duidelijke rol in spelen.

B. KERNENERGIE

Na waterkracht is momenteel kernenergie de tweede grootste bron van koolstofarme elektriciteitsproductie ter wereld. Het staat in voor ongeveer 10% van de mondiale elektriciteitsproductie (2700 TWh).⁹⁷ Als men als veronderstelling aanneemt dat de fossiele mix (steenkool, olie, gas) voor elektriciteitsproductie wereldwijd proportioneel dezelfde zou zijn geweest over de laatste vijftig jaar, zou kernenergie mondiaal ongeveer 55 Gton CO₂-uitstoot vermeden hebben (ongeveer 7 ppm atmosferisch CO₂-gehalte), in vergelijking met een scenario zonder kernenergie.⁹⁸ Momenteel komt – vooral in Europa en de VS – een groot deel van de kerncentrales aan het einde van hun oorspronkelijk voorziene operationele levensduur.⁹⁹ In de geïndustrialiseerde wereld wordt verwacht dat ongeveer 25% van de nucleaire capaciteit verdwijnt tegen 2025.

Er rijst dan ook een drievoudige vraag: kernuitstap, operationele levensduurverlenging en/of nieuwbouw? Met het oog op de klimaatdoelstellingen vervat in het klimaatakkoord van Parijs (netto-zero-CO₂-uitstoot in 2050), rijst bij een volledige kernuitstap de vraag of zonder kernenergie de beoogde klimaatdoelen gemakkelijk te halen zijn. Dit hangt af van het aandeel nucleaire elektriciteitsproductie in de wereld, maar vooral van het uitstootreductiebeleid. In de EU is dit het EU-ETS, dat op lange termijn (na uitwerking van het EU-ETS-correctiemechanisme) de soort elektriciteitsproductie irrelevant maakt voor de netto- CO₂-uitstoot in de EU.

In de keuze tussen levensduurverlenging en nieuwbouw moet worden opgemerkt dat een levensduurverlenging heel wat goedkoper uitvalt dan nieuwbouw, al zijn met een levensduurverlenging ook ter wille van de te garanderen veiligheid investeringskosten gemoeid. Het Internationaal Energieagentschap¹⁰⁰ schat dat het verlengen van 1 GW van nucleaire capaciteit voor minimum 10 jaar een investering vergt van 500 miljoen à 1 miljard USD. De recente ervaringen met nieuwbouw in Europa (Olkiluoto in Finland; Flamanville in Frankrijk) en de VS (Vogtle in Georgia; VC Summer in South Carolina) zijn niet goed te noemen wat betreft constructieduur en investeringskost. Daar tegenover staat

⁹⁷ IEA (2019). Nuclear Power in a Clean Energy System. www.iea.org/publications/nuclear/.

⁹⁸ *Ibidem*; Kharecha & Hansen geven voor de periode 1971-2009 aan dat mondiaal 64 Gton CO₂-uitstoot (ongeveer 8 ppm) is vermeden door kernenergie, zie Kharecha, P.A. & Hansen, J.E. (2013). Prevented Mortality and Greenhouse Gas Emissions from Historical and Projected Nuclear Power. *Environ. Sci. Technol.* 47(9), 4889-4895 – doi: 10.1021/es3051197.

⁹⁹ Daar een 'systeem' eigenlijk geen vooraf bepaalde en definitieve levensduur heeft (omdat alle componenten in principe kunnen worden vervangen), wordt internationaal de term 'long term operation' (LTO) gehanteerd. Voor de eenvoud spreken we hier toch van (operationele) levensduurverlenging.

¹⁰⁰ IEA (2019). *Op. cit.*

dan wel dat het in bepaalde landen wel mogelijk is om kerncentrales te bouwen tegen een aanvaardbare investeringskost (Kepco in de VAE; Rosatom in Rusland; China).¹⁰¹ Voor nieuwbouw worden de hoge kostprijs en de lange constructieduur dus dé uitdagingen om deze optie te overwegen om de klimaatdoelstellingen tegen 2050 te halen.

De optie van levensduurverlenging heeft ook een direct effect op de effectieve wereldwijde CO₂-uitstoot, daar niet alle emissies onder een emissiehandelsysteem vallen. Zo berekenden Kharecha en Hansen¹⁰² de extra CO₂-uitstoot voor de periode 2010-2050, indien de huidige en geplande kernenergieproductie volledig zou wegvallen en vervangen zou worden door fossiele brandstoffen (steenkool, gas). In een – eigenlijk vrij onrealistisch, maar toch interessant voor de orde van grootte – *all coal*-scenario, zonder rekening te houden met enige beperkingen vanuit het beleid, gaat het over ongeveer 200 Gton CO₂-eq (ongeveer 25 ppm) en in een *all gas*-scenario over ongeveer 100 Gton CO₂-eq (ongeveer 14 ppm).

België staat voor een gelijkaardige uitdaging. België telt zeven kernreactoren van het type drukwaterreactor (*pressurized water reactor* of PWR). Op de site van Doel vinden we vier reactoren, in bedrijf genomen tussen 1975 (Doel 1 & 2) en 1985 (Doel 4), met een huidig totaalvermogen van ongeveer 2,9 GW. Op de site van Tihange vinden we drie reactoren, in bedrijf genomen tussen 1975 (Tihange 1) en 1985 (Tihange 3), met een totaalvermogen van ongeveer 3 GW. Dit brengt het totaalvermogen van het kernpark in België op ongeveer 5,9 GW.¹⁰³ De Belgische kerncentrales staan zo in voor het overgrote deel (85% in 2017) van de koolstofarme elektriciteit.¹⁰⁴ Samen met de andere bronnen van koolstofarme elektriciteit zorgt kernenergie ervoor dat 65 à 75% van de elektriciteitsmix in België koolstofarm is. Ook in België wordt de nucleaire optie geconfronteerd met de hogervermelde drie vragen: is een kernuitstap in 2025, zoals voorzien in de huidige wet, gemakkelijk te realiseren, en brengt dit onze klimaatdoelstellingen in gevaar? Is een operationele levensduurverlenging een interessante optie, rekening houdend met de uitbouw van hernieuwbare energie? Is er een rol weggelegd voor nieuwe kerncentrales?

KERNUITSTAP IN 2025

Teruggaand op de oorspronkelijke wet op de kernuitstap van 2003 (regering Verhofstadt I), die vervolgens inhoudelijk (maar niet formeel) werd aangepast via een overeenkomst tussen de Belgische Staat en de uitbaters in 2009 (regering Van Rompuy), gewijzigd in 2013 (regering Di Rupo) en 2015 (regering Michel I), wordt een volledige kernuitstap gerealiseerd tegen 2025. Doel 3 (1 GW) sluit als eerste in 2022; Tihange 2 (1 GW) volgt in 2023; de 5 overige kernreactoren sluiten in 2025.

Een kernuitstap brengt het bereiken van de klimaatdoelstellingen in België niet in gevaar, omdat de CO₂-uitstoot van alle thermische elektriciteitscentrales binnen het EU-ETS gecompenseerd wordt door andere CO₂-uitstootverminderingen in Europa. Het nieuwe correctiemechanisme in het EU-ETS buiten beschouwing gelaten, heeft de kernuitstap geen invloed op de Europese emissies, maar verhoogt die wel de prijs van emissierechten binnen Europa door een toegenomen vraag naar rechten.

¹⁰¹ MIT (2018). 'The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World', an interdisciplinary MIT Study, Cambridge, MA, VS.

¹⁰² Kharecha, P.A. & Hansen, J.E. (2013). *Op. cit.*

¹⁰³ Dit beschikbaar nucleair vermogen is toegenomen ten opzichte van het vermogen bij opstart door vermogentoenames bij het vervangen van de stoomgeneratoren.

¹⁰⁴ Nucleair Forum (2018). Het behoud en de ontwikkeling van de volledige nucleaire technologie, industrie en wetenschap. 98 p.

De hogere CO₂-uitstoot in België door de kernuitstap wordt dus opgevangen op Europees niveau. Omwille van de recente wijziging van het EU-ETS (in verband met de *market stability reserve*) zal er mogelijk wel een beperkte stijging van de totale Europese CO₂-uitstoot zijn, omdat er minder emissierechten zullen worden vernietigd.

ELIA¹⁰⁵ wijst erop dat een volledige kernuitstap een verstoring kan teweegbrengen in de elektriciteitsbevoorrading, die in relatieve termen ongezien is in geliberaliseerde elektriciteitsmarkten, zeker rekening houdend met het potentieel gelijktijdige verlies van een deel van de capaciteit geleverd door gascentrales in België. In het slechtste geval kan deze sprong in bevoorradingsmix een negatief effect hebben op de economie en op het dagelijks leven van de burgers (die een hoge betrouwbaarheidsgraad gewend zijn en er niet op voorbereid zijn om zelf inspanningen te leveren wat betreft aanpassing aan de vraag). Om dit op te vangen rest volgens ELIA¹⁰⁶ nog een gelegenheidsvenster van twee jaar (2022) om voor de nodige vervangcapaciteit te zorgen. ELIA waarschuwt dat het uitblijven van enige beslissing rond vervangcapaciteit automatisch leidt tot een levensduurverlenging van tot 4 GW nucleaire capaciteit (4 kerncentrales).

Bij een volledige kernuitstap in 2025 moet volgens ELIA voor minimum 3,9 GW aan nieuwe flexibele capaciteit gezorgd worden om de bevoorrading te verzekeren.¹⁰⁷ Deze vervangcapaciteit zal een rol blijven spelen in de energietransitie tot ten minste 2040. Indien deze vervangcapaciteit wordt gerealiseerd door gascentrales, loopt het aandeel gas in de Belgische elektriciteitsmix op tot 72% in 2030 (ten opzichte van ongeveer 30% nu).¹⁰⁸ Bij het behoud van 2 GW nucleaire capaciteit voor minimum 10 jaar (2035) dient een vervangcapaciteit van 2,9 GW te worden voorzien. Zonder bijkomende investeringen bestaat het risico dat de bestaande gascapaciteit van 3,8 GW tegen 2040 verdwijnt (gebaseerd op een levensduur van 25 jaar). Of deze investeringen zullen plaatsvinden, zal afhangen van de grootte van de noodzakelijke investeringen en de marktcondities.

Er moet hier rekening worden gehouden met het gegeven dat ook in de buurlanden de nucleaire capaciteit in de komende decennia vermindert. Volgens voorlopige, maar waarschijnlijk nog te herziene voornemens wordt in Frankrijk de nucleaire capaciteit gehalveerd tegen 2040 (ongeveer 30 GW wordt uitgefaseerd); in Duitsland verdwijnt zeker nog 11 GW nucleaire capaciteit tegen 2023. Daar bovenop komt nu nog een versnelde kooluitstap in Duitsland (tegen 2038).¹⁰⁹ De vraag die men zich moet stellen in België is of nu zeer snel – koste wat het kost – alle nucleaire capaciteit moet worden gesloten tegen 2025 of dat dat best gefaseerd gebeurt, om de overgang geleidelijker te maken.

In 2015 werd in de EU22¹¹⁰ ongeveer 3000 TWh elektriciteit geproduceerd: ongeveer 30% door hernieuwbare energie, 25% door kernenergie en ongeveer 45% door fossiele brandstoffen (steenkool, bruinkool, aardgas en olie). Het uitfaseren van zowel steenkoolcentrales als kerncentrales in Europa zou waarschijnlijk gecompenseerd worden door gascentrales en hernieuwbare energie. Zonder bijkomend beleid zal de elektriciteitsmix in 2040 in de EU-22 voornamelijk bestaan uit hernieuwbare energie (60 à 70%), kernenergie (ongeveer 10%) en gas (20 à 25%). Om volledige klimaatneutraliteit te bereiken in 2050 zal de bijdrage van fossiele brandstoffen (voornamelijk gas) verder moeten worden gereduceerd, ofwel door klimaatneutraal synthetisch gas, ofwel door andere koolstofarme

¹⁰⁵ ELIA (2017). *Op. cit.*

¹⁰⁶ *Ibidem.*

¹⁰⁷ *Ibidem*; ELIA (2019) geeft 3,9 GW vervangcapaciteit aan, rekening houdend met de versnelde kooluitstap in Duitsland, zie ELIA (2019). *Adequacy and flexibility study for Belgium 2020-2030*. 106 p.

¹⁰⁸ Nucleair Forum (2018). *Op. cit.*

¹⁰⁹ ELIA (2019). *Op. cit.*

¹¹⁰ ELIA (2017). *Op. cit.*

bronnen zoals kernenergie. Ook negatieve emissietechnologieën en CCS/CCU kunnen mogelijk een rol spelen na 2040. Onderzoek¹¹¹ toont aan dat een Europese energievoorziening die 100% hernieuwbaar is, in 2050 technisch wel mogelijk is, maar hoogstwaarschijnlijk niet realistisch haalbaar. Een scenario waarin kernenergie – naast CCS/CCU – nog wel een rol speelt in het Europese energiesysteem, blijkt volgens die auteurs meer kosteneffectief en beantwoordt beter aan de Europese klimaatdoelstellingen (netto klimaatneutraliteit in 2050).

LEVENSDUURVERLENGING

Er wordt meestal uitgegaan van een operationele levensduurverlenging van 10 à 20 jaar van 2 GW nucleaire capaciteit. Gezien een levensduurverlenging gepaard gaat met een significante investering om het veiligheidsniveau te blijven garanderen tijdens de extra bedrijfsperiode, valt een levensduurverlenging van 20 jaar te overwegen. Een levensduurverlenging van de twee jongste kerncentrales (Doel 4 en Tihange 3) tot 2045 zou betekenen dat beide kernreactoren 60 jaar operationeel geweest zullen zijn. Een levensduurverlenging van de twee jongste kerncentrales tot 2045 in plaats van 2035 zou ook elke onzekerheid rond de kernuitstap wegnemen. Die zal dan definitief zijn in 2045, na 60 jaar exploitatie. Dit partiële uitstel van de kernuitstap houdt volgens ELIA in dat er voor 2,9 GW i.p.v. 3,9 GW aan vervangcapaciteit moet worden voorzien. Een verlenging van de operationele levensduur van de kerncentrales betekent vooral dat er minder geïnvesteerd moet worden in gascentrales in België. Dit hoeft de verdere uitbouw van hernieuwbare energie niet in de weg te staan, omdat hernieuwbare energie vooral een Europees verhaal is, de technologische vooruitgang zich op dat vlak afspeelt en de impact op de groothandelsprijzen van elektriciteit, dus de inkomsten voor producenten van hernieuwbare elektriciteit, beperkt is.¹¹²

Volgens ELIA¹¹³ zou een levensduurverlenging met 10 jaar van 2 GW nucleaire capaciteit enkele honderden miljoenen goedkoper zijn dan een volledige kernuitstap in 2025, indien de centrales voldoende beschikbaar zijn, zo niet zou dit leiden tot een verlies. Deze besparing¹¹⁴ bestaat uit twee componenten: een kleine verlaging van de gebruikersprijzen, door dalende groothandelsprijzen van elektriciteit, en een producentensurplus, dat bestaat uit het verschil tussen de marktprijs en de kostprijs van het langer openhouden van de kerncentrale. Dit producentensurplus moet dan op een gepaste manier verdeeld worden tussen de eigenaars van de kerncentrales en de overheid. De verlaging van de gebruikersprijzen is beperkt, omdat vooral de Europese markt de prijs bepaalt en niet de Belgische centrales. De kleine verlaging van de gebruikersprijs betekent ook dat de financiële opbrengst van hernieuwbare productie licht achteruit gaat.

Een argument voor een levensduurverlenging van 2 GW nucleaire elektriciteitsproductie is het klimaatargument, al moet dit worden genuanceerd omwille van het EU-ETS. Wel is het zo dat het 'vroegtijdig' sluiten van bestaande koolstofvrije elektriciteitscentrales een bepaalde opportuniteitskost inhoudt. Uiteindelijk zal iemand anders de koolstofvrije elektriciteit moeten leveren. Vanuit een wereldwijd perspectief moet de uitfasering van de CO₂-uitstoot gelinkt aan fossiele brandstoffen immers de eerste prioriteit zijn in elk klimaat- en energiebeleid. Een levensduurverlenging tot 2045 geeft

¹¹¹ Zappa, W., Junginger, M. & van den Broek, M. (2019). Is a 100% renewable European power system feasible by 2050? *Applied Energy* 233-234, 1027-1050.

¹¹² De Oliveira, L. & Meinke-Hubeny, F. (2018). *Op. cit.*

¹¹³ ELIA (2019). *Op. cit.* Het Federaal Planbureau komt tot gelijklopende inzichten in de studie 'Drivers of wholesale electricity prices in a small, open economy: Some evidence from the nuclear restart in Belgium', WP 9-16.

¹¹⁴ Deze besparing is gelijk aan het verschil tussen de marktprijs van elektriciteit en de kostprijs van het langer openhouden van de kerncentrale.

ons dan ook de nodige tijd om de transitie naar een volledige koolstofvrije elektriciteitsproductie (op basis van hernieuwbare energie, mogelijk kernenergie van de nieuwe generatie en CCU/CCS) tegen 2050 te realiseren.

Een belangrijk nadeel aan de huidige generatie kerncentrales is hoogradioactief afval, dat voornamelijk bestaat uit gebruikte kernbrandstof (Categorie C-afval), die voor verschillende honderdduizenden jaren dient te worden geïsoleerd van de biosfeer. Na 40 jaar kernenergie in België gaat het hier over een totale hoeveelheid van 5500 ton (waarvan 670 ton opgewerkt kernafval). Dit vertegenwoordigt een totaal volume van 4500 m³. Een levensduurverlenging van één kerncentrale voor 10 jaar zou ongeveer 4% extra Categorie C-afval (ca. 200 ton) opleveren; een levensduurverlenging van twee kerncentrales voor 20 jaar ongeveer 14% extra Categorie C-afval (ca. 800 ton).¹¹⁵ Gezien sowieso een geologische berging moet worden voorzien voor het reeds bestaande hoogradioactieve kernafval, stelt de beperkte extra hoeveelheid kernafval ten gevolge van een mogelijke levensduurverlenging geen onoverkomelijke problemen zowel wat betreft het ontwerp als de mogelijk hogere kostprijs van een geologische bergingssite.

Verschiedende oplossingen voor het langetermijnbeheer van het hoogradioactieve afval doen de ronde. Sommigen pleiten voor een ‘eeuwige’ opslag aan het oppervlak. Dit wordt in de nucleaire gemeenschap aanzien als een totaal onverantwoorde oplossing. Het schuift immers het probleem door naar de volgende generaties. Anderen pleiten voor ‘recyclage’ van de gebruikte kernbrandstof in nieuw te ontwikkelen kerncentrales van de vierde generatie (zie verder). De oplossing die de internationale nucleaire gemeenschap naar voren schuift als de meest duurzame optie is echter geologische berging. Hierbij wordt het geconditioneerde kernafval in de diepe ondergrond geborgen in een specifiek gastgesteente dat voornamelijk instaat voor de isolatie van kernafval, weg van de biosfeer, op geologische tijdschalen. In de Belgische context wordt op dit ogenblik vooral gekeken naar onverharde kleien als potentieel gastgesteente. Gezien het tijdsperspectief kunnen de opties van recyclage en geologische berging parallel geëxploreerd worden.

NIEUWE KERNCENTRALES

De toekomst van kernenergie zal van vele factoren afhangen, waaronder in belangrijke mate de kostprijs, de veiligheid en de integratie in een elektriciteitsproductiesysteem dat gedomineerd wordt door hernieuwbare energie met een periodiek karakter, eventueel aangevuld met thermische centrales met CCS/CCU. In tegenstelling tot andere koolstofarme energiebronnen, die steeds goedkoper worden, zijn de bouw en het onderhoud van kerncentrales steeds duurder geworden. Zo ondermijnt de sector zelf het potentieel van kernenergie om mee te zorgen voor een snel decarboniseren van de elektriciteitsproductie.¹¹⁶ De kostprijs kan gedrukt worden door een standaardisering van het ontwerp (*learning effect / fleet effect*) en de constructie (*supply chain / skilled work force*). Wat veiligheid betreft dient de voorkeur te worden gegeven aan reactorontwerpen met passieve veiligheidsconcepten (bv. gesmolten zoutreactoren).

De toekomst van kernenergie ligt in de ontwikkeling van vierdegeneratiekerncentrales. Een zestal ontwerpen zijn behouden (*sodium fast reactor, lead fast reactor, gas fast reactor, very high temperature reactor, supercritical water-cooled reactor, molten salt reactor*). Deze geselecteerde ont-

¹¹⁵ NIRAS, persoonlijke mededeling, 14 november 2019.

¹¹⁶ MIT 2018. The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World. 275 p.

werpen bevatten zowel concepten voor grootschalige als kleinschalige kerncentrales, de eerste voornamelijk bedoeld voor de geïndustrialiseerde wereld met goed uitgebouwde transmissienetwerken, de laatste voor lokale en regionale markten met een minder ontwikkelde elektriciteitsinfrastructuur. De gekozen concepten zouden enerzijds in staat zijn om hoge thermische rendementen te leveren en kunnen anderzijds ingezet worden om naast elektriciteit ook proceswarmte te leveren. Op deze wijze zouden ze kunnen worden ingezet voor bv. de ontzilting van zeewater of de productie van waterstof (hetzij via elektrische weg of via de hoge temperaturen). De vierdegeneratiekerncentrales zouden bovendien kunnen passen in een circulaire economie, waarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van de beschikbare natuurlijke rijkdommen (uranium of thorium) en waarbij het kernafval geminimaliseerd wordt. In een aantal ontwerpen kan de gebruikte kernbrandstof van de huidige generatie kernreactoren gerecycleerd worden (*closed fuel cycle*), waardoor ongeveer 100 keer optimaler gebruik wordt gemaakt van het beschikbare erts in vergelijking met de huidige tweedegeneratiereactoren.

De multifunctionele MYRRHA-onderzoeksreactor, die zich in een eerste ontwikkelingsfase bevindt in het Studiecentrum voor Kernenergie te Mol, is een prototype van een loodgekoelde snelle reactor (*lead-cooled fast reactor*). Het is ook het eerste prototype van een subkritische reactor die aangedreven wordt door een deeltjesversneller (*accelerator driven system* of ADS). In deze configuratie kan de reactor aangewend worden voor de semi-industriële demonstratie van de transmutatie van langlevend kernafval. De eerste fase van het project – die nu in uitvoering is – richt zich op de ontwikkeling, de bouw en het testen van bedrijfszekere lineaire protonversnellers, met eindstations die onderzoek naar materialen en nucleaire geneeskunde beogen. De reactorbouw wordt pas vanaf de tweede helft van de jaren 2020 (2026-2032) gepland.

Veelbelovend zouden kleine modulaire reactoren (*small modular reactors* of SMR's) kunnen zijn. Door de modulaire constructie zouden centrales met vermogens van 150 tot 1500 MW kunnen worden gerealiseerd en zou de kostprijs gedrukt kunnen worden. Binnen een duurzaamheidscontext, waarbij aandacht besteed wordt aan zowel de ecologische aspecten, de betaalbaarheid als de beschikbaarheid, maken SMR's, met gesmolten zout als koelmiddel, met de thorium-uraniumcyclus (thoriumcentrales) of de gebruikte brandstof uit de uranium-plutoniumcyclus (actiniden) van de huidige reactoren als brandstof en met een snel neutronenspectrum, wel een goede kans om een gedegen optie te worden. Deze combinatie produceert veel minder langlevend kernafval dan de huidige reactoren, dat bovendien in de reactor zelf 'vernietigd' kan worden. Zo zou tegelijk ook het reeds bestaande kernafval kunnen worden verwerkt. Het resterende kernafval is veel minder toxisch en hoeft 'maar' een driehonderdtal jaren te worden opgeslagen. Omdat zout in volume uitzet wanneer de temperatuur toeneemt, waardoor de reactiviteit van het mengsel daalt, zouden deze reactoren ook inherent veilig zijn, zonder gevaar op een explosie of *meltdown*.

Voor het meest eenvoudige ontwerp (van de Britse firma Moltex Energy¹¹⁷) zijn de zeer optimistische schattingen dat het tegen 2030 zou kunnen worden gerealiseerd en dan vanaf 2035/2040 commercieel beschikbaar zou kunnen zijn. Wellicht is het realistischer om rekening te houden met horizon 2045/2050. Als dat bewaarheid wordt, zou een tien- tot vijftiental SMR's van 300 MW verspreid in België kunnen worden overwogen en naast elektriciteitsproductie ook nog andere mogelijkheden bieden. Door de hoge temperatuur van het zout (ongeveer 700 °C) kunnen aan deze reactoren warmtenetwerken voor de wijde omgeving gekoppeld worden. Wanneer er veel hernieuwbare energie geproduceerd wordt, kan (een deel van) het overschot aan elektriciteit van de SMR's ook gebruikt

¹¹⁷ www.moltexenergy.com.

worden om zeewater te ontzilten, waarmee ook een mogelijk probleem van een tekort aan drinkwater in ons land verholpen zou kunnen worden.

In tegenstelling tot het gangbare kernsplijtingsproces van zware atomen richt kernfusie zich op het versmelten van lichte atomen, een proces dat zich ook in de zon afspeelt. Voor het reactorconcept in ontwikkeling wordt een D-T-reactie vooropgesteld, waarbij het waterstofisotoop deuterium (D) uit water kan worden geëxtraheerd en tritium (T) uit lithium kan worden aangemaakt. De beschikbaarheid van deze grondstoffen voor elektriciteitsproductie bevindt zich in een grootteorde van miljoenen jaren. Noch de grondstoffen noch het eindproduct (He) zijn radioactief. Enkel het tussenproduct tritium is een radioactief isotoop met een relatief korte halfwaardetijd van 12,3 jaar. In de reactor wordt door de aanwezigheid van tritium en van hoogenergetische neutronen enkel het wandmateriaal radioactief gemaakt. Dat geactiveerde wandmateriaal is reeds na enkele tientallen jaren tot 100 jaar klaar voor hergebruik. Het veelbelovende kernfusieproces zelf dooft bovendien onmiddellijk uit wanneer de toevoer van D of T gestopt wordt of wanneer een lek zou optreden in het wandmateriaal. De nodige veiligheidsmaatregelen gaan daarom enkel over het tritium, dat slechts in kleine hoeveelheden in de reactor aanwezig is.

Sinds de eerste conceptstudies en experimenten in de jaren 1950 werd in deze technologie een enorme vooruitgang bereikt, zowel op plasmafysisch als op technologisch gebied, maar ze leidde pas sinds 1991 tot de productie van warmte tot vermogens van 16 MW. Het kernfusieproces en de bijhorende technologie kwam in 2005 in een nieuwe fase terecht. De ondertekening van de internationale overeenkomst tussen de VS, Rusland, Japan, Europa, China, Zuid-Korea en India leidde tot het plan om in Zuid-Frankrijk een fusiereactor te bouwen die 500 MW thermisch vermogen moet kunnen leveren op basis van een warmte-input van 50 MW. Het ontwikkelings- en bouwproject kent bovendien een sterke samenwerking over lands- en continentsgrenzen heen. De eerste plasma-opwekking in de ITER-reactor is voorzien voor 2025.

In tegenstelling tot de samenwerking bij het ITER-project werken verschillende landen onder-tussen ook individueel aan de realisatie van een eigen operationele DEMO-reactor. De tijdshorizon ligt voor alle landen ongeveer rond 2050. China toont veruit de grootste ambitie, daar het een gevalideerde 1 GW-elektriciteitscentrale wil realiseren rond 2050. Hoewel nog moeilijk in te schatten in dit stadium, ligt de verwachte kostprijs voor de *experimentele* bouw ongeveer een factor 5 tot 10 hoger dan die van de kernreactoren op basis van splijting (ongeveer 25.000 à 50.000 EUR/kW versus 5000 EUR/kW). Of deze technologie vanaf 2050 zal doorbreken, zal daarom sterk afhangen van de socio-economische kosten van alternatieven.

C. ENERGIE EN KLIMAAT IN DE TRANSPORTSECTOR

In deze derde achtergrondnota schetsen we eerst kort het aandeel van het energiegebruik en de broeikasgasuitstoot dat voor rekening komt van de transportsector, alsook de verwachte volumes in de toekomst, zowel in België als in de wereld. Vervolgens bekijken we de verschillende mogelijke opties om in het binnenlands verkeer de CO₂-emissies te verminderen: minder verplaatsingen, andere verkeersmodi, zuinigere voertuigen en andere brandstoffen. Dan is het internationaal personenvervoer aan de beurt en ten slotte het vrachtvervoer.

Het algemene besluit is dat de vermindering van broeikasgassen in het wegvervoer vooral zal komen van de halvering van de gemiddelde uitstoot van nieuwe wagens, die voor 2030 is opgelegd in Europa. Dit zal leiden tot zuinigere auto's en tot een beperkte penetratie van elektrische auto's. Voor

vrachtwagens wordt door Europa ook een emissievermindering opgelegd. Het middellange afstandsverkeer binnen Europa door de hogesnelheidstrein (HST) en vliegtuigen is een onderdeel van het EU-ETS en aan die CO₂-uitstoot kan België niets veranderen. Het intercontinentale vliegverkeer en de zeevaart zijn aan geen enkel klimaatbeleid onderworpen en blijven het zorgenkind.

BELANG VAN DE TRANSPORTSECTOR IN BELGIË EN VERWACHTINGEN

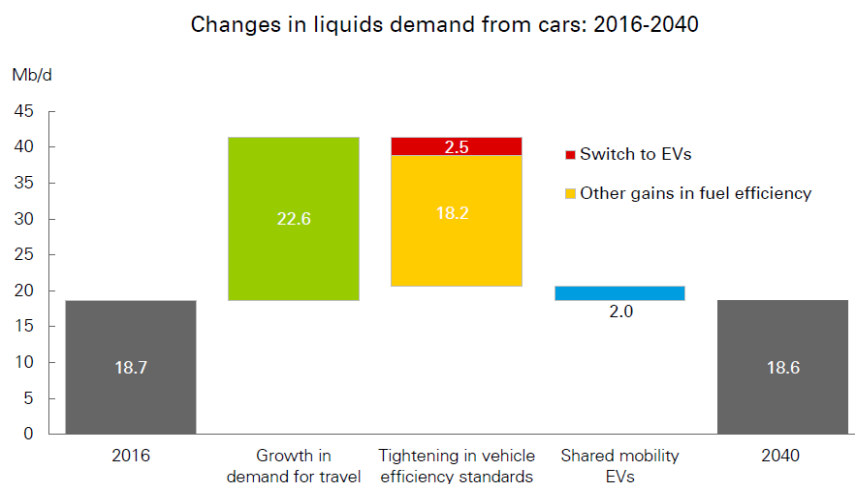
De transportsector is verantwoordelijk voor ongeveer een kwart van de Belgische uitstoot van broeikasgassen. Meer dan 80% van het personenvervoer (personenkm) en 80% van het vrachtvervoer (tonkm) is vervoer via de weg. De gebruikte energiebronnen zijn bijna uitsluitend benzine en diesel. Het overige personen- en vrachtvervoer gebeurt via het spoor en in mindere mate via binnenscheepvaart. Het personenvervoer per spoor is in België bijna volledig elektrisch. De CO₂-uitstoot van de luchtvaart en de zeevaart worden op Europees niveau geteld. In deze laatste sectoren groeit de CO₂-uitstoot het sterkst. Indien het beleid niet verandert, verwacht men geen grote veranderingen in het transportvolume en in de mobiliteitsvraag in België. Het binnenlands transport wordt verwacht te groeien met 10 à 20% tegen 2040. Terwijl het autobezit duidelijk een graad van saturatie heeft bereikt, zijn minder autoverkeer of meer openbaar vervoer¹¹⁸ echter nog geen dominante trends. Toch laat België hiermee eerder een lagere groeitrend zien. Dit staat in contrast met het Europese vliegverkeer, waar wel nog steeds een grote groei wordt verwacht.

TRANSPORT: TRENDS

Deze lagere groeitrends voor binnenlands verkeer zijn typisch voor de rijkere landen. De grootste groei inzake het autoverkeer is te verwachten in landen met een laag tot middelhoog inkomen, zoals China, India, etc. In deze landen wordt ook een veel grotere groei verwacht voor het vliegverkeer. Figuur 10 stelt het verwachte gebruik van motorbrandstoffen in de wereld voor met als horizon 2040 en op basis van het gekende beleid nu. Op wereldniveau is de belangrijkste trend voor de CO₂-uitstoot van auto's wellicht dat auto's op fossiele brandstof energiezuiniger worden. Wat elektrische voertuigen betreft lopen de verwachtingen uiteen.¹¹⁹ De overschakeling op de elektrische auto is wellicht vooral belangrijk in de EU, omdat de EU zeer ambitieus is wat betreft de CO₂-uitstoot.

¹¹⁸ Federaal Planbureau (2019). Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2040, www.plan.be/admin/uploaded/201901311348570.FOR_TRANSPORT1540_11854_N.pdf.

¹¹⁹ Zie www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/ en www.nrel.gov/docs/fy18osti/71500.pdf.



Figuur 10: Verwachte vraag naar motorbrandstoffen in de wereld (bron: BP Outlook, 2018).

VERSCHILLENDE OPTIES VOOR MINDER CO₂-UITSTOOT IN HET BINNENLANDS VERKEER IN BELGIË

Hieronder nemen we alle opties inzake energiegebruik in de transportsector onder de loep. Die zijn zeer verschillend naargelang de modus en de soort verplaatsing. Zoals hierboven reeds gesteld gebeurt het *stedelijk en regionaal personenvervoer* momenteel nog hoofdzakelijk met de auto. Het wegverkeer stelt vier verschillende maatschappelijke problemen: files, lokale luchtverontreiniging, ongevallen en de uitstoot van broeikasgassen. Elk van deze vier problemen vereist andere beleidsinstrumenten. Files zijn plaats- en tijdsgebonden en vergen dus een vorm van rekeningrijden. Lokale luchtverontreiniging heeft vooral te maken met dieselwagens waarvan de uitstootnormen niet nageleefd worden (*dieselmog*). Ongevallen vereisen een strikte naleving van de verkeersregels, met voldoende sanctionering (bv. een rijbewijs met punten) en voldoende monitoring. De uitstoot van broeikasgassen ten slotte vergt het terugdringen van het fossiele energiegebruik.

Wanneer we het terugdringen van het fossiele energiegebruik beogen in de transportsector, dan kan dit op vier manieren gebeuren: door minder gemotoriseerde verplaatsingen te maken, door het vervangen van de auto door openbaar vervoer, door met zuinigere voertuigen te rijden en ten slotte door met voertuigen te rijden die een andere brandstof gebruiken: aardgas, biobrandstoffen, elektriciteit en waterstof. Deze opties nemen we hier onder de loep.

Ten eerste kan men de uitstoot van broeikasgassen terugdringen door *minder verplaatsingen* te maken. Dit kan door telewerken, het combineren van verplaatsingen, carpooling, een betere ruimtelijke ordening, etc. Zulke maatregelen zijn belangrijk en worden al intensief toegepast. Toch kunnen ze het volume aan personenverkeer maar beperkt reduceren. Zo blijkt uit internationale vergelijkingen dat ook bij een betere ruimtelijke ordening het volume autoverkeer wel daalt, maar toch aanzienlijk blijft. België heeft bijvoorbeeld 13% meer autokilometers per hoofd dan Nederland, onder meer door de minder gunstige ruimtelijke ordening dan in Nederland.¹²⁰ Men kan ook de gesubsidieerde automobiliteit, zoals salariswagens, afschaffen. Dit maakt het autogebruik duurder en heeft een positieve

¹²⁰ Statistical Pocketbook 2016, Mobility and Transport (EU). Het aandeel autoverkeer in de totale personenkilometer is evenwel groter in Nederland. Het is dus niet zo dat een betere ruimtelijke ordening automatisch leidt tot een groter aandeel openbaar vervoer.

maatschappelijke baat, maar het effect op de totale CO₂-uitstoot van de transportsector is beperkt tot een vermindering van slechts 2,7%.¹²¹

Ten tweede kan men door *een vervanging van autogebruik door treinvervoer* de uitstoot van broeikasgassen terugdringen. Het gebruik van elektriciteit door de trein is namelijk opgenomen in het Europese EU-ETS. Het EU-ETS legt een plafond op de totale uitstoot van broeikasgassen in de EU. Een treinrit die een autorit op fossiele brandstof vervangt, betekent dus bijna een volledige vermindering van de CO₂-uitstoot van die autorit.¹²² Er zijn twee nadelen aan de treinrit. Een treinrit wordt in België nu al zwaar gesubsidieerd¹²³ en een verdere substitutie van de auto door treingebruik vergt bovendien een grote uitbreiding aan infrastructuur en materiaal. In het Belgische vervoersysteem wordt niet alleen de automobilititeit gesubsidieerd, maar ook de mobiliteit per openbaar vervoer. Zo rijden veel pendelaars gratis met de trein. Volgens het Planbureau¹²⁴ zou het aanrekenen van alle externe kosten aan het autoverkeer (inclusief het afschaffen van salariswagens) en het aanrekenen van de volledige kosten aan het openbaar vervoer, rekening houdend met een CO₂-prijs van 42 EUR/ton CO₂, het volgende resultaat geven: een kleine vermindering van het autogebruik, een sterke vermindering van het gebruik van het openbaar vervoer, een grote groei van het fietsverkeer en tot besluit een vermindering van de CO₂-emissies met ongeveer 2%. Bijgevolg zou de substitutie van het autogebruik door treinvervoer wel eens een dure operatie kunnen worden. De kostprijs hiervan kan duidelijk hoger zijn dan 200 à 300 EUR/ton CO₂.¹²⁵

De mogelijke derde weg naar een reductie van broeikasgassen is de productie van *zuinigere voertuigen*. Voertuigen zijn de laatste 15 jaar al 30%¹²⁶ zuiniger geworden. Er is echter een terugslag of *rebound effect*. Omdat een zuiniger voertuig goedkoper in gebruik is, wordt het ook intensiever gebruikt en is de brandstofbesparing netto meestal 20% lager – inschattingen variëren tussen 10 à 30%. Dit betekent dat een verlaging van het brandstofgebruik per voertuigkilometer met 10%, die bij een gegeven aantal kilometers een vermindering van het totale brandstofgebruik met 10% zou betekenen, uiteindelijk door de stijging van het aantal autokilometers maar 7 à 9 % zal bedragen. Er wordt regelmatig geponeerd dat de automobilist zijn brandstofkosten sterk onderschat en dat de overheid de automobilist moet helpen om een zuinigere auto aan te schaffen, want dat zou hem veel kosten besparen. Empirisch onderzoek van het gedrag van de autokopers in de EU heeft echter aangetoond dat ze de toekomstige brandstofkosten vrij goed inschatten.¹²⁷ Een meer efficiënte auto is, bij verder ongewijzigde omstandigheden, duurder. De autoconstructeurs bieden daarom auto's aan die een efficiëntie hebben die de som van de huidige brandstofkosten plus de productiekosten van de auto zo laag mogelijk maken voor een gegeven comfortniveau.

Autoconstructeurs en autoconsumenten zijn beiden efficiënt. Dit heeft geleid tot auto's die wellicht tussen 10 à 40% meer uitstoten dan de efficiëntienorm die is opgelegd door de Europese

¹²¹ FPB. Beschrijving en gebruik van het PLANET-model, WP 6 DC20191.

¹²² De prijsvorming binnen het EU-ETS-mechanisme is complex en kan zorgen voor een beperktere daling van het CO₂-verbruik.

¹²³ 2,6 miljard EUR per jaar voor het passagiersverkeer per jaar in 2016.

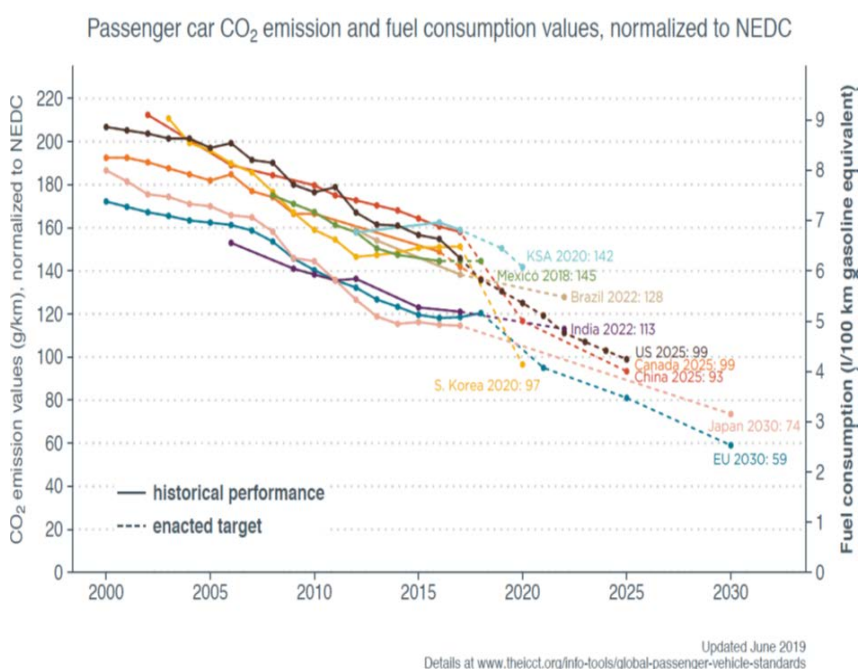
¹²⁴ Hoornaert B., Van Steenberghe A. (2019). The cost of traffic congestion in Belgium: An estimate using the PLANET-model, FPB, WP9-19.

¹²⁵ Fossiele brandstof gebruikt in auto's wordt nu al belast aan 200 à 300 EUR/ton CO₂. Een vervanging van een autorit door een treinrit kost dus dit verlies aan belastinginkomsten + de extra subsidie die nodig is om de trein aantrekkelijk genoeg te maken voor de autogebruiker. Een grotere subsidie voor bestaande treininfrastructuur kan wel een gunstig effect hebben op de files, maar die kan je beter direct aanpakken.

¹²⁶ Van 165 g naar 115 g CO₂/vkm (bron: ICCT pocketbook, 2018).

¹²⁷ Grigolon, L., Reynaert, M. & Verboven, F. (2018). Consumer Valuation of Fuel Costs and tax policy: evidence from the European car market, *American Economic Journal: Economic Policy*, Vol. 10; iss. 3; pp. 193-225.

Commissie voor 2021.¹²⁸ Omdat de sancties voor het niet naleven van de opgelegde efficiëntienormen voor nieuwe auto's zwak waren, krijgen we dus auto's die meer uitstoten dan de norm en toch al rekening houden met de hoge accijnzen, en dus hoge impliciete CO₂-belasting, op fossiele autobrandstoffen. De EU voorziet dat de nieuwe benzine- en dieselauto's hun uitstoot van broeikasgassen moeten terugdringen van 95 g CO₂ in 2021 naar 59 g CO₂ in 2030 (of een daling van gemiddeld 4,9 l benzine/100 km in 2021 naar 2,9 l/100 km in 2030). Om dit waar te maken zal de Europese Commissie de voorziene boetes dus ook effectief moeten opleggen. De gemiddelde uitstoot van nieuwe wagens zal gereduceerd worden door een combinatie van zuinigere voertuigen op traditionele brandstoffen en voertuigen op CO₂-vrije brandstoffen, dat zijn vooral elektrische wagens. De verplichting tot het aanbieden van zuinigere voertuigen is duur, maar heeft anderzijds wel een belangrijk *spillover*-effect op andere werelddelen, waar de autoconstructeurs de Europese regelgeving moeten volgen als ze nog wagens willen verkopen in de EU. Figuur 11 geeft een idee van de internationale ontwikkeling van efficiëntienormen voor nieuwe wagens. We zien dat andere werelddelen de EU-normen met wat vertraging volgen.



Figuur 11: Internationale efficiëntienormen voor nieuwe wagens.

De vierde mogelijke weg naar een reductie van broeikasgassen is het gebruik van **andere brandstoffen**. Momenteel wordt wat aardgas gebruikt en wordt verplicht biobrandstof (5 à 10%) bijgemengd bij benzine en diesel. Biobrandstof geeft een beperkte vermindering van de CO₂-uitstoot (variërend tussen 0 en 80%), maar heeft een beperkt potentieel en stelt andere duurzaamheidsproblemen, zoals de vernietiging van regenwoud. Aardgas heeft ook een beperkt potentieel, omdat het de CO₂-uitstoot maar beperkt vermindert (7 à 8%).¹²⁹ De belangrijkste alternatieve brandstof voor auto's is momenteel dan ook elektriciteit.

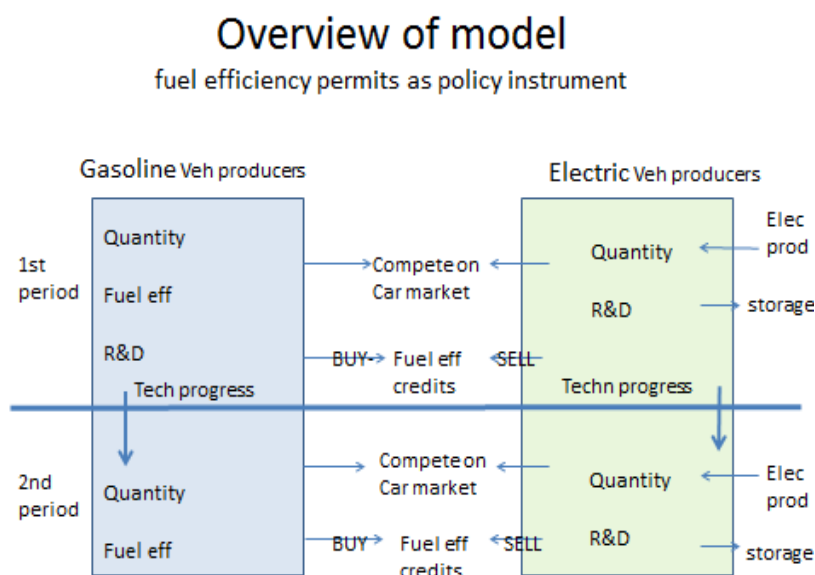
¹²⁸ Reynaert, M. (2017). Abatement Strategies and the Cost of Environmental Regulation: Emission Standards on the European Car Market, Discussion paper University of Toulouse.

¹²⁹ <http://ecoscore.be/en/info/ecoscore/co2>.

Elke benzine- of dieselauto die vervangen wordt door een elektrische auto betekent een vermindering van de CO₂-uitstoot, omdat de elektriciteitsproductie onder het EU-ETS-emissieplafond valt. De Europese Commissie gebruikt de verplichting om auto's efficiënter te maken (een daling van het gemiddeld verbruik van 4,9 l benzine/100 km in 2021 naar 2,9 l/100 km in 2030) ook als het belangrijkste instrument om de ontwikkeling van de elektrische auto te promoten. Een constructeur van auto's op fossiele brandstof kan namelijk dit lagere gemiddelde verbruik van nieuwe wagens ook bereiken door zelf elektrische voertuigen (0 l/100 km) te verkopen of door brandstofefficiëntierechten te kopen bij constructeurs van elektrische auto's. Door dit instrument te gebruiken worden de kosten om de broeikasgasemissies te reduceren zo laag mogelijk gehouden, omdat door technologische vooruitgang de auto's op fossiele brandstof op die manier zuiniger worden en elektrische auto's tegelijk goedkoper worden. Of de ambitie van gemiddeld 2,9 l/100 km zal worden waargemaakt in 2030 is niet zeker, omdat dit zeer grote investeringen vergt van de autoconstructeurs, zonder dat het een duidelijk voordeel oplevert voor de autogebruiker.

Littlejohn en Proost¹³⁰ onderzochten welke mix van zuinigere fossiele voertuigen en elektrische wagens de EU-doelstellingen (van 95 g CO₂ in 2021 naar 59 g CO₂ in 2030) op de goedkoopste wijze kan realiseren. Zij vonden dat het huidige EU-beleid, dat stipuleert dat autoconstructeurs zelf beslissen welke mix de doelstelling haalt, de beste oplossing geeft. De constructeurs zetten hiervoor R&D in naar zuinigere voertuigen en naar goedkopere batterijen, maar gebruiken ook de relatieve verkoopprijs van fossiele en elektrische voertuigen.

Figuur 12 geeft een idee van de bepalende marktinteracties bij het gebruik van brandstof-efficiëntierechten door autofabrikanten. In de eerste periode (bv. 2021-2025) wordt door producenten van benzine- en dieselauto's ingezet op R&D om hun auto's energiezuiniger te maken. Dit zorgt voor zuinigere voertuigen op fossiele energie in de tweede periode (bv. 2025-2030). De fabrikanten van auto's op fossiele brandstof halen zo gemakkelijker de norm van respectievelijk 4,9 l/100 km in de eerste periode en van 2,9 l/100 km in de tweede periode. Zo moeten ze ook minder brandstofefficiëntierechten kopen van de producenten van elektrische auto's.



Figuur 12: Schematische weergave van de interactie op de Europese markt voor nieuwe voertuigen.

¹³⁰ Littlejohn C. & Proost S. (2019). *Op. cit.*

Het beleidsalternatief, dat erin bestaat dat de EU het aandeel elektrische voertuigen in de verkoopmix vastlegt als doelstelling voor 2030, is ongeveer dubbel zo duur.¹³¹ In dat geval hebben autoconstructeurs niet langer een aansporing om auto's op fossiele brandstof veel energiezuiniger te maken, terwijl dit niet eens zo duur is. Momenteel is het vervangen van auto's op fossiele brandstof door elektrische voertuigen nog een zeer dure optie. Elektrische auto's kosten bij aankoop nog 5000 à 10.000 EUR meer, terwijl eigenaars per jaar 500 tot 800 EUR minder brandstofbelastingen betalen dan voor een benzine- of dieselwagen. Wanneer rekening gehouden wordt met een uitstoot voor een benzine- of dieselauto van 1,5 tot 2 ton CO₂ per jaar, kost deze CO₂-besparingswijze momenteel toch nog steeds tussen de 500 à 1000 EUR per ton CO₂.¹³² Een belangrijke stimulans voor de aankoop van een elektrisch voertuig is de lage gebruikskost. Accijnsbelastingen vormen het grootste deel van de gebruikskosten van een auto op fossiele brandstof, maar dit element ontbreekt bij een elektrische auto. Wanneer het gebruik van een auto veel goedkoper wordt – een elektrische wagen heeft een gebruikskost die maar een derde bedraagt van die van een benzinewagen – wordt hij meer gebruikt. Daar komt nog bij dat een elektrische wagen vooral interessant is in eerder stedelijk verkeer, zodat de promotie van elektrische voertuigen leidt tot meer congestie in de stad.¹³³

Er zijn nog andere factoren waarmee rekening moet worden gehouden. Hiervoor moet goed over de eigen grens worden gekeken, naar wat zich binnen de EU afspeelt. Wanneer een land unilateraal sneller een hoger aandeel aan elektrische voertuigen wil bereiken door bv. auto's op fossiele brandstof te verbieden in 2025 of 2030, kan het zelfs zijn dat dit op EU-niveau netto weinig of geen CO₂-emissieverminderingen met zich zal meebrengen. De gemiddelde CO₂-uitstoot die de autoconstructeurs moeten bereiken in 2030, is immers een gemiddelde voor heel de EU. Wanneer dus één land meer elektrische voertuigen wil, moeten er minder elektrische voertuigen worden verkocht in de andere lidstaten.¹³⁴

Op langere termijn (2030-2045) wordt verwacht dat dankzij technologische vooruitgang de elektrische auto's de totale aankoop- en gebruikskosten van auto's op fossiele brandstof zullen benaderen en in staat zullen zijn om tegen een lagere kostprijs de broeikasgasuitstoot van auto's tot zo goed als nul te herleiden. Ondertussen moet wel de hele autofiscaliteit herzien worden, omdat de brandstofbelastingen de belangrijkste gebruiksbelasting zijn voor het wegvervoer (6 miljard EUR in 2018).

Indien we uitgaan van een **volledige elektrificatie van de autostock in 2050** en vasthouden aan het huidige volume autoverkeer, dan zou dit een extra elektrisch verbruik van ongeveer 21 TWh met zich meebrengen.¹³⁵ Het belangrijkste probleem bij de massale invoering van elektrische auto's is niet het vereiste totale verbruik, maar wel het opladen van de batterijen. Wanneer 2 van de 5 miljoen

¹³¹ *Ibidem*.

¹³² In Oslo heeft men de aankoop van elektrische auto's sterk gestimuleerd, zodat hun aandeel in de verkoop in 2017 al meer dan 30% bedroeg. Bij een evaluatie van dit beleid bleek het een kostprijs te hebben van 600 tot 700 EUR per bespaarde ton CO₂. Zie Wangsness, B. P., S. Proost, and K. Løvold Rødseth (2018). Vehicle choices and urban transport externalities. Are Norwegian policy makers getting it right? Working Papers, No. 2/2018, Norwegian University of Life Sciences School of Economics and Business.

¹³³ *Ibidem*.

¹³⁴ Een studie van brandstofefficiëntienormen in Californië, die strenger zijn dan de federale normen in de VS, toonde dat 71% van de brandstofbesparingen weglekte door minder brandstofefficiënte inspanningen in de rest van de VS. De autoconstructeurs moesten namelijk in de rest van de VS minder moeite doen om de federale norm te halen die minder stringent was. Zie Goulder L.H., Jacobsen M.R., van Benthem A.A. (2012). Unintended consequences from nested state and federal regulations: The case of the Pavley greenhouse-gas-per-mile limits, *Journal of Environmental Economics and Management* 63, 187-207.

¹³⁵ 106.100 miljoen autokilometer tegen 0,2 kwh/autokm.

elektrische wagens tegelijkertijd worden opgeladen, betekent dit een totale capaciteitsvraag van 7 KW (bij een normale huisinstallatie) maal 2 miljoen. Dit komt neer op 14 TW of ongeveer het huidige maximale piekverbruik in België. Dit betekent dat het opladen van de batterijen van elektrische voertuigen goed gestuurd moet worden. Wanneer hierbij nog eens wordt opgelegd dat het vermogen vooral van wind- en zonne-energie moet komen, terwijl zulke hernieuwbare bronnen eerder tijdens de dag dan 's nachts beschikbaar zijn, is een slimme sturing van de oplaadcyclus echt onontbeerlijk. Gelukkig kunnen de batterijen van elektrische auto's ook ingezet worden voor opslag en dus helpen om de schommelingen in hernieuwbare elektriciteit op te vangen. Zo zou een vloot van 2,5 miljoen elektrische auto's toelaten om gedurende een aantal uur meer dan de helft van de piekvraag in België op te vangen.¹³⁶ Het hele wagenpark in België omschakelen op elektriciteit zou slechts een beperkte investering vergen in elektriciteitsproductie en -distributie, indien het opladen van de batterij goed gestuurd wordt in functie van de beschikbare productie- en netcapaciteit.¹³⁷

Men kan ook minder CO₂-intensieve brandstoffen inzetten, zoals aardgas en biobrandstoffen van de nieuwe generatie, maar hun potentieel is beperkt. Ook methanol is een optie. Om methanol echter koolstofvrij te maken, moet de productie ervan ofwel gebaseerd zijn op CO₂-vrije waterstof, in combinatie met CO₂ die opgevangen wordt uit andere processen, ofwel op biomassa.

Bij wagens op waterstof voedt een waterstoftank brandstofcellen, die een elektrische motor aandrijven. Deze technologie is beschikbaar, maar wordt voorlopig weinig gebruikt. Het is bovendien een CO₂-vrije optie, indien er CO₂-vrije waterstof beschikbaar is. Deze CO₂-vrije waterstof zou kunnen worden aangemaakt bij een surplus van wind- en zonne-energie of op basis van aardgas, waarbij het vrijgekomen CO₂-gas wordt opgevangen (CCS). Toch blijft waterstof een dure optie.

Tijdens een transitie van auto's op fossiele brandstof naar elektrische auto's wordt meestal de levensduur van de auto's op fossiele brandstof sterk verlengd, waardoor ze langer blijven uitstoten. Oude en tweedehandswagens zijn meestal in gebruik door lagere inkomensklassen. Een strikte beperking van de levensduur van auto's op fossiele brandstof zal eerder die inkomensgroepen treffen.¹³⁸

CO₂-UITSTOOTVERMINDERING: OPTIES VOOR MIDDELLANGE EN LANGE AFSTANDEN IN HET VERVOER

Voor **personenvervoer over de middellange afstand** (500 tot 1000 km) zijn de HST en het vliegtuig de belangrijkste alternatieven. Nu de Europese vluchten mee in hetzelfde EU-ETS opgenomen zijn, is indelukkig een meer correcte aanrekening van de klimaatkosten voor beide vervoerswijzen mogelijk. Beide vervoermiddelen betalen via het EU-ETS nu dezelfde prijs per ton CO₂. Vroeger betaalde het vliegtuig geen enkele CO₂-bijdrage. Het gevolg is wel dat elke substitutie tussen beide vervoermiddelen en elke

¹³⁶ Elia (2017) maakt de volgende illustratieve berekening: met 2,5 miljoen elektrische voertuigen in 2040 met batterijen van gemiddeld 50 Kwh, waarvan er 1,25 aangesloten zijn voor aanlevering aan het net, zou er bij een terugleveringscapaciteit van 7Kw, 8,7 terawattuur beschikbaar zijn gedurende 3 uur wanneer de helft van de batterij beschikbaar is. Zie ELIA (2017). Electricity scenarios for Belgium towards 2050. Elia's Quantified study on the energy transition I 2030 and 2040. p 43.

¹³⁷ Zie onder meer Clement-Nyns, K., Haesen, E., Driesen, J. (2011). The impact of vehicle-to-grid on the distribution grid. *Electric Power Systems Research* 81, 185-192; Greaker, M., C. Hagem, and S. Proost (2019). Optimal battery size for EV and storage services to the grid. DP CREE (Oslo).

¹³⁸ Bento, A. M., Goulder L.H., Jacobsen M.R., von Haefen R.H. (2009). Distributional and Efficiency Impacts of Increased US Gasoline Taxes. *American Economic Review*, 99 (3): 667-99.

voluntaristische vermindering van het Europese vliegverkeer weinig aan de totale CO₂-uitstoot in de EU¹³⁹ verandert.

Voor het vliegverkeer over lange afstand liggen de zaken anders. Er is een grote groei aan intercontinentale vluchten en momenteel staat er geen enkele rem op de CO₂-uitstoot van deze vluchten. Er is nog geen volwaardig alternatief voor kerosine. Biobrandstoffen hebben hun eigen duurzaamheidsproblemen en elektrisch vliegen is technologisch nog moeilijk.¹⁴⁰ Om die reden is het gebruik van *offsets*, die mogelijk door het CORSIA-akkoord verplicht worden, belangrijk. Het CORSIA-akkoord wordt gesloten op het niveau van de ICAO (internationale vereniging van de burgerluchtvaart) en specificeert dat de uitstoot van CO₂ in elk land beperkt moet blijven tot het niveau van 2020. Elke groei moet gecompenseerd worden door emissiereducties in andere sectoren (*offsets*). Dit is een internationaal akkoord, maar zonder echte sanctionering voor niet-naleving. Bijgevolg riskeert het niet volledig nageleefd te worden. Indien een *offset*-prijs van 50 EUR per ton CO₂ van toepassing was, zou dit de vraag naar vliegtuigbrandstof in de wereld met ongeveer 10% doen dalen¹⁴¹ ten opzichte van het trendscenario.

NAAR MINDER CO₂-EMISSIONS IN HET VRACHTVERVOER

Het meeste *vrachtvervoer binnen Europa* gebeurt met de *vrachtwagen*. Die heeft zijn aandeel verhoogd in vergelijking met de binnenvaart en het spoor, omdat de industriële activiteit verschoven is naar lichtere producten die snel moeten worden geleverd. De exploitanten van vrachtwagens hebben er alle belang bij om de beladingsgraad van hun vrachtwagens hoog te houden. Zoals bij auto's is het zuiniger maken van de vrachtwagen ook hier de belangrijkste methode om een vermindering van de broeikasgasuitstoot van vrachtwagens te kunnen optekenen. De Europese Commissie heeft aan vrachtwagens verplichtingen opgelegd: nieuwe vrachtwagens moeten ten opzichte van 2019 in 2025 en in 2030 respectievelijk 15% en 30% minder CO₂ uitstoten. Deze normen gelden voor de gemiddelde nieuwe vrachtwagen die men in de EU verkoopt. De invoering van koolstofarme vrachtwagens in één lidstaat versnellen zal daarom niet veel effect hebben.

Er wordt ook geopperd om de *beladingsgraad* van vrachtwagens te verhogen van de huidige 50% naar bv. 70%. Dit is minder gemakkelijk dan het lijkt. Dit zou vereisen dat de vrachtwagen ook bijna vol zou zitten bij de terugrit. Dat ladingen zeer verschillend zijn, is een moeilijkheid. Dat deze ladingen vervoerd moeten worden door vrachtwagens die gespecialiseerd zijn in één soort lading, is een andere. Een tankvrachtwagen bestemd voor het transport van melk kan moeilijk gebruikt worden voor een retourvracht die uit benzine bestaat. Er bestaan al sterke aansporingen om de beladingsgraad hoog te houden: de chauffeur, de kilometerheffing en de brandstof van de lege vrachtwagen moeten sowieso betaald worden.

Welke de meest evidente klimaatneutrale brandstof voor zwaar vrachtverkeer zal worden, is nog niet duidelijk. Elektrische vrachtwagens zijn een optie wanneer ze gevoed kunnen worden door

¹³⁹ Zie Bijlage A rond het EU-ETS.

¹⁴⁰ Er is een zeer sterke verhoging van de energiedensiteit van de batterijen nodig (tot 800Wh/kg) om vliegtuigen voor de middellange afstand volledig elektrisch te laten vliegen. Dit zou maar mogelijk zijn binnen enkele decennia (2050?). Zie Schäfer et al. (2019). Technological, economic and environmental prospects of all-electric aircraft, *Nature Energy* 4,160-166

¹⁴¹ Zie Esfera (2019). Consortium deliverable 2.1.4, Transport Mobility Leuven.

geëlektrificeerde autosnelwegen of door snelopladers. Brandstofcellen op hernieuwbare waterstof kunnen een andere optie zijn. Ten slotte kan men ook overschakelen op hernieuwbare biobrandstoffen of op een synthetische brandstof of *synfuel* (hernieuwbare methanol).

Voor de ***binnenvaart en het internationaal maritiem vervoer*** kan op brandstof bespaard worden door trager te varen. Op termijn kan waterstof of een *synfuel* (methanol) een klimaatneutraal alternatief vormen. Voor deze sectoren bestaat nog geen internationale overeenkomst zoals voor de burgerluchtvaart.