

Energie in 2050

Energie: oorzaak en oplossing van het klimaatprobleem

Zes strategische aanbevelingen door ingenieurs voor politici

Auteurs: dr. ir. Jan Desmet, ir. Dirk Meire

Disclaimer: deze nota is gebaseerd op input van de expertgroep Energie-Elektrotechniek, maar vertegenwoordigt daarom geen standpunt van individuele leden of van ie-net ingenieursvereniging.

15 oktober 2019

Inleiding

Energie is noodzakelijk om de welvaart van een land en zijn bevolking te garanderen. België en bij uitbreiding West-Europa heeft een hoge welvaart en beschikt over zeer uitgebreide en soms oude infrastructuur om de daarvoor nodige energie te produceren en/of op te slaan.

Vandaag zijn er belangrijke evoluties: hernieuwbare energie wordt nog altijd goedkoper, maar het is daarom niet altijd even eenvoudig om deze op het juiste moment, op de juiste plaats te krijgen. De impact van energie op klimaat en milieu wordt duidelijker én dringender. Ook op geopolitiek vlak staat de wereld niet stil, er lijkt een overvloed aan gas en olie, wind- en zonneprojecten schieten als paddenstoelen uit de grond en technologische ontwikkelingen blijven ons elke dag verbazen. De grootste uitdaging? Een goed evenwicht vinden tussen al deze energiedragers om een sluitend antwoord te vinden om maatschappij en klimaat met elkaar in evenwicht te brengen.

Deze nota geeft met klimaat als belangrijkste uitgangspunt, een helicopterview over het energieverbruik in België tot 2050: hoe de impact op het klimaat drastisch verminderen en hoe de doelstellingen van Europa en Parijs halen? Want België heeft zich geëngageerd om de stijging van de wereldwijde gemiddelde temperatuur onder 2°C te houden ten opzichte van het pre-industriële niveau. Dit vertaalt zich in een daling van de CO₂ uitstoot met 80 tot 95%.

We geven in deze nota bewust geen exacte cijfers en vereenvoudigden alle hypothesen tot de essentie want het energievraagstuk is complex. En (te) veel details doen afbreuk aan de kracht van de boodschap. We werken daarom ook maar met één scenario om zo inzicht te geven in de mogelijke evoluties binnen het geheel van alle energiedragers, de interacties tussen vraag en aanbod, technologie en gedrag, efficiëntie en investeren ...

Europa kan ons inspireren met haar duidelijke langetermijnvisie en doelstellingen. Alleen is de energie-intensiteit in Vlaanderen veel groter dan die in België of Europa. Anderzijds is het potentieel van hernieuwbare energie in Vlaanderen relatief beperkt: weinig vrije ruimte of positieve geografische randvoorwaarden. Om de doelstellingen van Europa te halen, is een aangepast beleid nodig: er is geen standaard of ideale Europese oplossing. Dit maakt het overleg tussen de gewesten in België, en het overleg van België in Europa er niet eenvoudiger op. Deze nota geeft zes aanbevelingen voor een langetermijn energie- en klimaatbeleid in Vlaanderen en België.

De expertgroep energie & elektrotechniek van IE-net heeft deze nota voorbereid en gepubliceerd naar aanleiding van het verkiezingsdebat van IE-net en Itinera op 22 mei 2019. Op het energiedebat van IE-net op 3 december 2019 stellen we een update voor. Ondertussen zijn al uw suggesties en verbeteringen welkom op expertee@ie-net.be.

ir. Jan Desmet

Voorzitter Expertgroep

ing. Nancy Vercammen

Algemeen Directeur ie-Net

Samenvatting

Energie is de basis van onze welvaart maar heeft een grote impact op onze wereld: van grootschalige vervuiling tot ontginning van eindige grondstoffen. De negatieve impact op ons klimaat is vandaag de grootste uitdaging.

In België zijn de laatste 20 jaar al vele miljarden geïnvesteerd om het energieverbruik te doen dalen en om meer hernieuwbare energie te produceren. Alleen zijn deze inspanningen slechts een druppel op de hete plaat.

Sinds de crisis van 2008 daalt het energieverbruik met amper 9% over een periode van 10 jaar terwijl de bevolking en economie toenam. Willen we tegen 2050 de CO₂-doelstellingen van Europa en Parijs halen, dan moet het energieverbruik drastisch dalen. Dit vereist een volledige trendbreuk in alle maatschappelijke sectoren. Technologie om minder energie te verbruiken zal ons blijven verbazen, maar zal niet volstaan om ons energieverbruik en de CO₂ emissie drastisch en voldoende snel te verminderen. Er zijn tal van gedragswijzigingen noodzakelijk die bijdragen aan een lager energieverbruik en die tegelijk andere maatschappelijke uitdagingen oplossen, denk aan ruimtelijke ordening, mobiliteit, kringloop- en deeleconomie.

Het **verbruik** van olie, steenkool en bruinkool moet stoppen. Aardgas zal nog jaren noodzakelijk zijn voor tal van toepassingen. Het verbruik van elektriciteit zal toenemen: mobiliteit, industrie...

Het **aanbod** van hernieuwbare energie moet minstens vertienvoudigen en veel grootschaliger worden ingezet. De verdere groei van wind en zon zal vooral buiten België en zelfs buiten Europa moeten gebeuren. Het gevolg hiervan is dat de invoer van hernieuwbare energie zal leiden tot nieuwe en grootschalige infrastructuur voor transport en opslag: hetzij voor elektriciteit, hetzij voor waterstof of brandstoffen op basis van waterstof of biomassa. Echter, grootschalige invoer van energie is niet zonder risico en verhoogt het belang van een geopolitieke aanpak.

Daarnaast bestaat het fenomeen 'dunkelflaute': een zeldzame periode van twee weken met weinig wind en zon in België en in de buurlanden en dus een mogelijk tekort aan energie. Voor vloeibare brandstoffen en aardgas is er vandaag reeds voldoende opslagcapaciteit. Voor waterstof moet alle opslag- en transportcapaciteit nog gebouwd worden. De winter 2018/2019 toonde aan dat leveringszekerheid van elektriciteit niet vanzelfsprekend is. Tegen de kernuitstap in 2025 wordt opstart van een aantal nieuwe gascentrales voorzien, voor zover deze tijdig klaar zijn. Alleen: teveel nieuwe gascentrales bouwen is geen lange termijn oplossing. Het is vandaag nog niet duidelijk welke de optimale technische oplossing is voor leveringszekerheid van elektriciteit tegen 2050. Maximaal opties openhouden is aangewezen.

Op basis van de analyse in deze nota, formuleren we zes aanbevelingen om de ontwikkeling van nieuwe technologieën te ondersteunen en ons gedrag versneld te wijzigen:

1. **Investeer in onderzoek & ontwikkeling en opleiding**
2. **Investeer in infrastructuur:** invoer, transport en opslag van energiedragers van de toekomst
3. **Faseer de kernuitstap:** laat Doel 4 en Tihange 3 langer open om de transitie te faciliteren, hou zoveel mogelijk technologische opties open
4. **Investeer in langetermijnbeleid in een Europees kader**
5. **Versnel gedragswijzigingen:** ruimtelijke ordening, renovatie, mobiliteit, kringloop- en deeleconomie...
6. **Voer geleidelijk een minimum CO₂ taks in** op alle fossiele energiedragers

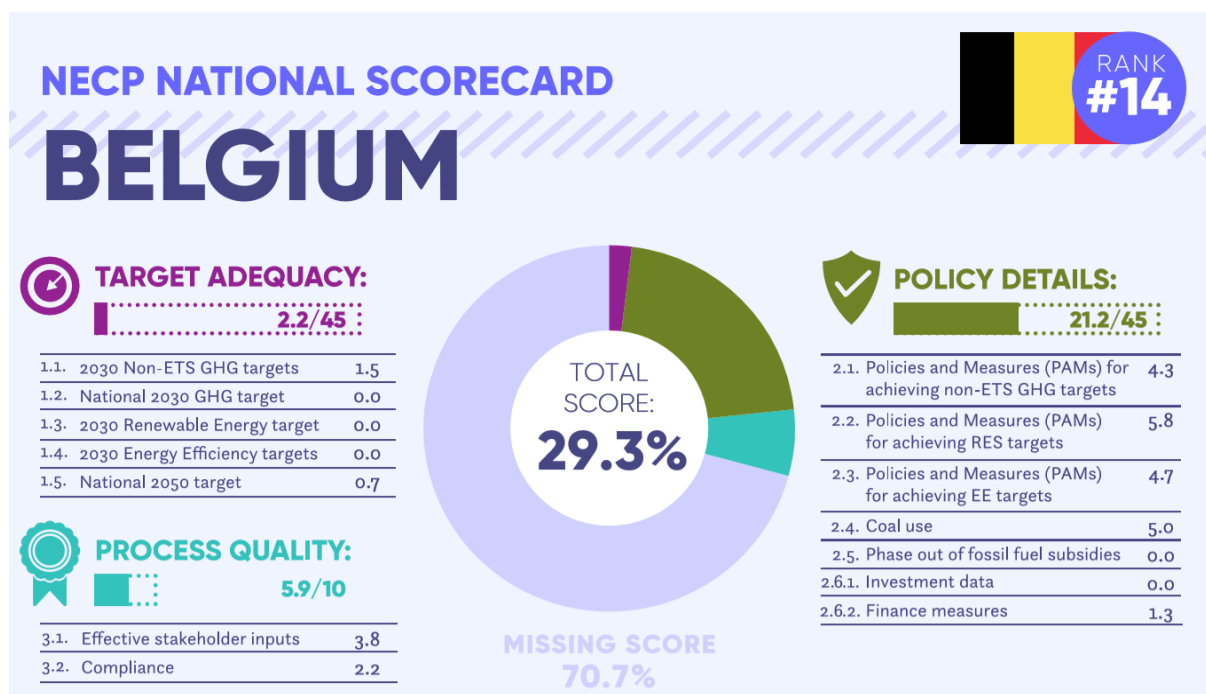
Inhoud

Inleiding.....	3
Samenvatting.....	5
Context: het klimaat en energiebeleid van België	7
Uitdaging 1: minder verbruiken	8
Het Energieverbruik in 2017: 725 TWh	9
Energiebesparing: Waarom minder verbruiken?	11
Energiebesparing: Wie zorgt voor de besparing van 725 naar 250 TWh?	12
Energiebesparing: Hoe? Technologie, gedrag of geld?	14
Energiebesparing: Beleid!	15
Uitdaging 2: meer hernieuwbare energie	20
Energievoorziening in 2017	20
Energievoorziening in 2050	20
Energievoorziening: kernenergie	24
Uitdaging 3: opslag en leveringszekerheid.....	26
Opslag en leveringszekerheid in 2019.....	26
Opslag en leveringszekerheid in 2025.....	27
Opslag en leveringszekerheid in 2050.....	27
Opslag en leveringszekerheid: kernenergie	30
Besluit	32
Definities, Termen en Begrippen.....	33

Context: het klimaat en energiebeleid van België

De Europese Commissie ontving einde december 2018 van alle lidstaten de ontwerp NECP¹-plannen: 'national climate and energy plan'. Het ontwerp NECP² van België werd op federaal niveau voorbereid, op basis van o.a. de input van de drie gewesten.

Op basis van een eerste analyse³ (Figuur 1) en een rangschikking op vraag van de Europe Climate Foundation blijkt dat België over het geheel gemiddeld scoort. Als we de score verder analyseren blijkt dat België redelijk goed scoort op gebied van 'policy details' en 'proces quality', maar ondermaats scoort (voorlaatste plaats !) op gebied van 'target adequacy'. **Samengevat: op korte termijn is België redelijk goed, maar er is een ernstig tekort aan een langetermijnvisie, samenwerking tussen de verschillende actoren en – vooral te weinig ambitieuze doelstellingen voor 2030 tot 2050.**



Figuur 1: analyse van draft NCEP door Europe Climate Foundation (mei 2019)

Er is de laatste 15 jaar zwaar geïnvesteerd in België en Vlaanderen in de productie van elektriciteit uit wind en zon. En succes moet gevierd worden. Maar titels als 'windmolens op zee leveren energie voor miljoenen gezinnen'⁴ geven mogelijks een foute indruk want alle investeringen in wind en zon leveren in België vandaag nog maar 2% van het totale energieverbruik. De situatie is analoog op gebied van energie-efficiëntie: industrie heeft zijn verbruik onder controle, auto's verbruiken minder en de nieuwe huizen zijn gemiddeld zeer energie-performant, in de praktijk resulteert dit slechts in een daling van de totale primaire energie van amper 0.8% per jaar.

¹ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/governance-energy-union/national-energy-climate-plans>

² <https://www.klimaat.be/nl-be/news/2019/belgie-notificeert-zijn-ontwerp-van-geïntegreerd-nationaal-energie-klimaatplan/>

³ <https://europeanclimate.org/national-climate-plans-2030/>

⁴ https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20180817_03669629

Deze nota wil de toestand beschrijven op basis van feiten en cijfers en van daaruit in het kader van 2030 en 2050 adviezen voor de overheid formuleren.

We beginnen bij de situatie vandaag en blikken terug naar 2008. Daarna kijken we verder naar 2050: hoeveel energie gaan we verbruiken en hoeveel CO₂ komt daar bij vrij. Hoe kunnen we de doelstellingen van Europa en Parijs halen ? En wat zijn de (belangrijkste) uitdagingen ?

Uitdaging 1: minder verbruiken

Het Energieverbruik in 2017: 725 TWh

Tenzij anders vermeld, wordt in deze nota altijd het TOTALE PRIMAIRE ENERGIEVERBRUIK van België gebruikt, dit is alle energie die in België geleverd en betaald wordt, en dus meestal ook in België getransformeerd, opgeslagen en/of getransporteerd wordt. Dit is dus inclusief de 'bunkers' (de brandstof voor de internationale scheep- en luchtvaart), alle feedstock⁵ voor de industrie en alle mogelijke transformatie⁶- en transportverliezen. Het is bij uitstek een fysische systeembenadering, eigen aan ingenieurs. Dit is de energie die rechtstreeks in de natuur gevonden wordt.

Wat is het verschil tussen het totale primaire energieverbruik en het binnenlands finaal energieverbruik ?

1) Transformatieverliezen

Energie kan niet gecreëerd of vernietigd worden, energie kan enkel omgezet of getransformeerd worden, met een bijhorende transformatieverliezen. Anders uitgedrukt: elke transformatie heeft een rendement van minder dan 100%. De meeste transformatieverliezen gebeuren in de vorm van warmte bij de productie van elektriciteit en olieproducten als diesel, benzine, stookolie... In 2017 zijn deze verliezen 165 TWh, waarvan 82 TWh de warmteverliezen zijn van de kerncentrales (rendement 33%) en 29 TWh van de olie raffinage. Andere transformatie-rendementen zijn: van gas naar elektriciteit: 60%, van elektriciteit naar waterstof: 75%...

2) Bunkers

Voor het internationaal vervoer tanken de schepen en vliegtuigen in België in 2017 respectievelijk 85 en 18 TWh. Deze brandstof wordt in België geproduceerd, geleverd en gefactureerd. Het verbruik gebeurt niet in België.

Deze nota gaat enkel over energie in al zijn verschillende vormen en dragers in België inclusief waterstof. Het gaat niet over de invoer en uitvoer van producten die soms impliciet veel 'energie' bevatten: ethyleen, staal, kunstmest, grafiet, cement, aluminium, ... Een bedrijf in België sluiten en daarna dezelfde producten uit het buitenland invoeren, vermindert het energieverbruik en de CO₂ emissie van België, maar verhoogt het energieverbruik en de CO₂ emissie in het buitenland⁷. Bij een grote investering in een nieuwe eenheid in de chemie die een groot deel van zijn producten uitvoert, geldt het omgekeerde. Bij uitbreiding geldt dit ook voor de invoer van elektriciteit: de CO₂ impact van de productie van elektriciteit blijft in die andere landen, en komt niet voor in de Belgische cijfers.

⁵ Finaal energiegebruik van energiedragers voor de vervaardiging van producten die niet meer als energiedrager worden aangemerkt

⁶ Transformatieverliezen: dit zijn vooral de warmteverliezen bij het omzetten / transformeren van één energiedrager in een andere, voorbeeld: gas of uranium in elektriciteit, ruwe aardolie in benzine...

⁷ Op voorwaarde dat de Belgische industrie aan de top staat wat betreft energie- en CO₂ efficiëntie.

In 2017 werd in België 725 TWh primaire energie verbruikt⁸. Het binnenlands finaal verbruik (dat meestal als referentie wordt gebruikt) is 457 TWh, het verbruik van elektriciteit is 82 TWh⁹. Het hoogste verbruik was in 2008, vlak voor de economische crisis. Na 2008 hebben tal van acties van Europa, België en Vlaanderen meer impact op het energieverbruik. Gemiddeld is er een daling van 0.8 % per jaar of amper 9% over een periode van 10 jaar, ondanks een toename van de bevolking en een grotere economische activiteit (BNP).

	2008	2017	delta	delta	%/jaar
Bunker	124	103	-21	-17%	-1,7%
Transformatie	182	165	-18	-10%	-1,0%
Industrie	117	119	2	2%	0,2%
Transport	103	101	-2	-2%	-0,2%
Residentieel	102	92	-10	-10%	-1,0%
Diensten en eq	64	61	-3	-4%	-0,4%
Feedstock	95	85	-10	-11%	-1,1%
Totaal	787	725	-62	-8%	-0,8%

Figuur 2: overzicht van energieverbruik per sector in 2008 en 2017 (in TWh)

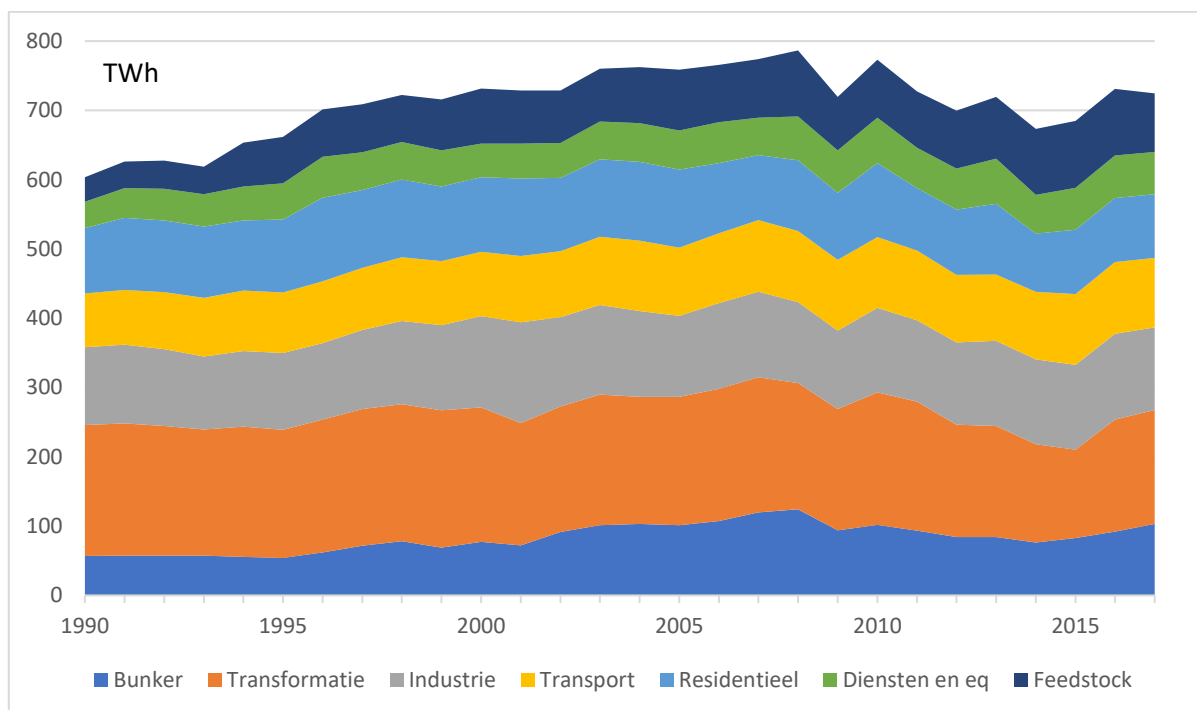
In Figuur 3 is eerst de stijging van het verbruik tot 2008, en daarna de daling door de crisis van 2008/2009 duidelijk zichtbaar. Vanaf 2012 daalt het transformatieverlies geregeld, dit ten gevolge van het stil liggen van meerdere kerncentrales¹⁰ (bij invoer van elektriciteit zijn er geen transformatieverliezen in België). Tenslotte waren 2010 en 2013 zeer koude winters¹¹, het extra verbruik voor de verwarming van gebouwen stijgt in die jaren met 15 TWh.

⁸ Bron: STATBEL <https://statbel.fgov.be/nl/themas/energie/energiestatistieken-economische-sector-en-energiebron> en IEA <https://www.iea.org/classicstats/statisticssearch/report/?country=BELGIUM&product=Indicators&year=1990>

⁹ http://www.synergid.be/download.cfm?fileId=2017_-ELEKTRICITEITSSTROMENNLdoc.pdf: eindklanten + eindafnemers + zelfproductie (klein & niet gemeten).

¹⁰ Een kerncentrale van 1000 MW verbruikt 3000 MW primair en heeft 2000 MW transformatieverliezen: de koeltorens.

¹¹ https://www.aardgas.be/sites/default/files/sites/default/files/imce/DJHISTOGD18_GAS.BE.xls



Figuur 3: evolutie van het energieverbruik per sector van 1990 tot en met 2017

Energiebesparing: Waarom minder verbruiken?

Begin 2019 is de energievoorziening van fossiele brandstoffen in België stabiel: logistiek, prijzen, voorraden, marktwerking, ... Er zijn wel zorgen over de beschikbaarheid van de kerncentrales (zeker in de winter 2018/2019), over de geplande kernuitstap tegen 2025 en over de investerings- en leveringszekerheid in de sector elektriciteit.

Er is een belangrijke impact van het ganse energiesysteem op het milieu (lokaal, lucht en water, onder andere NO_x, fijn stof, geluid, geur, zicht...), klimaat (globaal & opwarming, vooral CO₂), maatschappij (betaalbaarheid), handelsbalans, geopolitiek, kinderarbeid, werkgelegenheid, index, investeringen,... Wat maakt dat klimaat en CO₂ vandaag boven op de agenda staan.

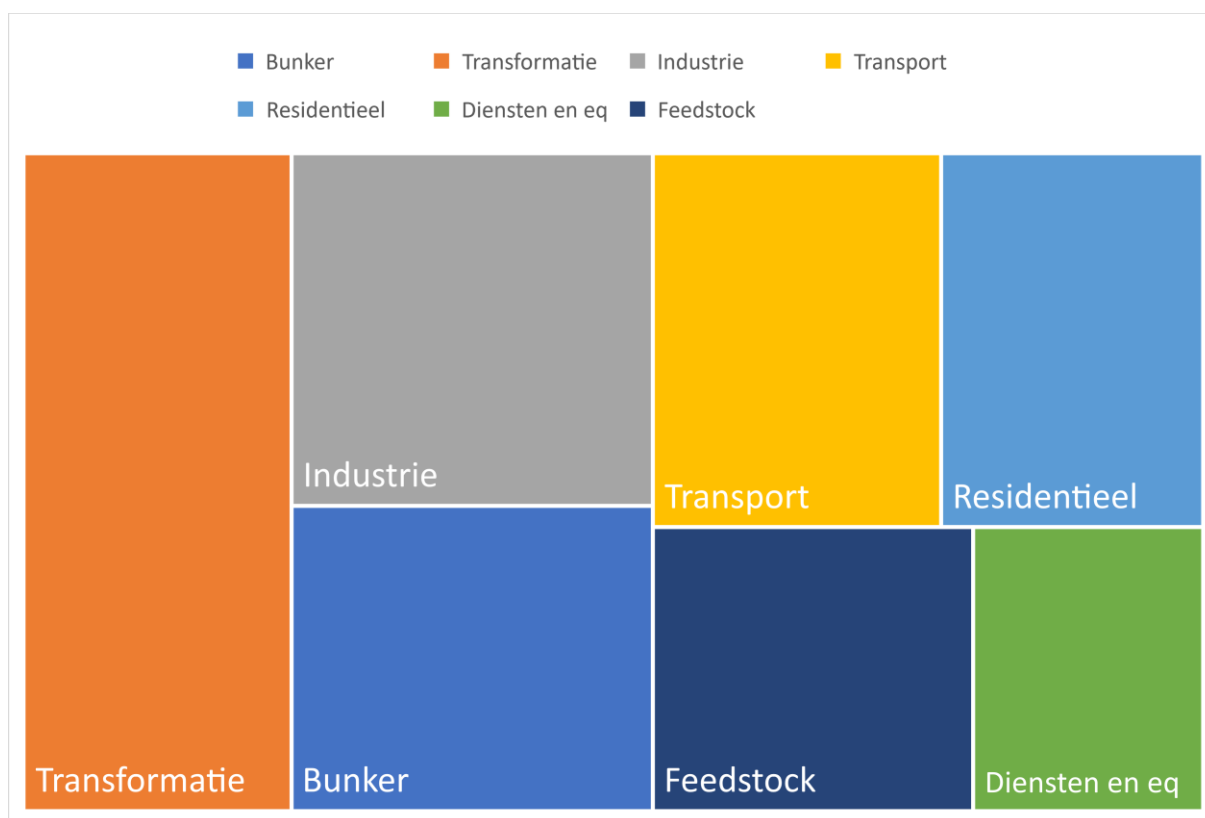
Daarnaast is er de impact van energie op onze directe omgeving of de mogelijke impact in de toekomst, denk dan aan NO_x, fijn stof, kernafval, biodiversiteit, ontbossing, leveringszekerheid, economie. Kortom: vooral maar niet enkel de impact van energieverbruik op het klimaat verplicht ons om minder energie te verbruiken.

Indien we de gradiënt (2008 – 2017) van 0.8% minder energie per jaar aanhouden, daalt het verbruik tegen 2050 met 'slechts' 150 TWh tot 575 TWh. De daling van CO₂ emissie zal even beperkt zijn, ver van de door Europa en 'Parijs' gevraagde 80 tot 95%. **Om deze emissie te verminderen tot de gevraagde 80 tot 95% beschrijft deze nota slechts één eenvoudig en lineair scenario waarbij we minder energie verbruiken en het aandeel hernieuwbare energie in de fuelmix toeneemt.**

Beide elementen samen leiden in dit scenario tot een daling van de CO₂ emissies van 85%¹². De kernuitstap tegen 2025 is de enige manuele toevoeging in het model: de transformatieverliezen via de koeltorens (bijna 100 TWh) dalen sterk na de sluiting, er komt vooral elektriciteit op basis van gas in de plaats: gedeeltelijk lokaal (met transformatieverliezen en met CO₂) en gedeeltelijk via invoer (zonder transformatieverliezen en zonder CO₂).

Energiebesparing: Wie zorgt voor de besparing van 725 naar 250 TWh?

85% minder CO₂ uitstoten tegen 2050, vraagt in eerste instantie een sterke daling van het energieverbruik. *Dit model verhoogt de besparing per sector met 2,1% ten opzichte van de periode 2008 – 2017 en dit cumulatief gedurende 33 jaar. Dit komt neer op minstens een verdubbeling van de huidige trend van dalend verbruik. Technisch is dit zeer ambitieus maar haalbaar, maatschappelijk en economisch is dit een trendbreuk die veel groter en ingrijpender is dan de trendbreuk van 2008.*



Figuur 4: energieverbruik van de sectoren in 2017

¹² Deze 85% is een richtgetal, en lijkt een ondergrens voor de doelstellingen van Europa tegen 2050. Of deze doelstelling voor 2050 te hoog of te laag is, wordt in deze nota geen uitspraak gedaan. Het model kan eenvoudig aangepast worden naar meer of minder ambitieuze doelstellingen. Dit heeft echter weinig invloed op de besluiten.

Per sector zijn de uitdagingen en mogelijke oplossingen verschillend:

1. **Bunkers:** “Gaaf het internationaal vervoer van goederen en personen per schip en vliegtuig toenemen of afnemen? Wat met globale handel, toerisme en zakenreizen? Worden schepen en vliegtuigen zuiniger, gaan schepen trager varen, is de trein of een pijpleiding een alternatief? Internationaal is er vooral sprake van een stijging van het transport?” Antwerpen en Zaventem rekenen alvast op groei van het internationaal transport.
2. **Transformatie:** door de sluiting van de kerncentrales, valt het grootste deel van de warmteverliezen weg. Gascentrales¹³ hebben een veel hoger rendement dan kerncentrales. Ook het verbruik voor de raffinage van aardolie zal verminderen door efficiëntie en door dalend verbruik voor transport en verwarming van gebouwen.
3. **Industrie:** de laatste rapportering van de EBO¹⁴, vermeldt een berekende besparing van 0.9% per jaar, de trend 2008-2017 toont een stijging van 0.2% per jaar. Als het verbruik sneller moet dalen (bij gelijke productie van goederen) zijn belangrijke investeringen nodig in alle aspecten van industrie: efficiëntie, synergie, kringloop...
ETS zorgt voor een Europese daling van de broeikasgas¹⁵ emissies in de periode 2020 tot 2030 van 2.2%¹⁶ per jaar. Maar ETS is inclusief de energiesector, dus ook de toekomstige sluiting van steenkoolcentrales in meerdere landen. De kans bestaat dat de industrie binnen het ETS systeem daardoor ruim minder actie neemt dan 2 tot 3% per jaar. Bovendien gaat ETS over CO₂ en niet over energie, in dit kader zou de daling van het verbruik van energie van de industrie in de ETS sector nog beperkter kunnen zijn. De doestelling in deze nota is dus ambitieuzer dan het ETS systeem in de periode 2020 tot 2030.
4. **Transport:** een studie van VITO¹⁷ van 2012 gaat uit van een noodzakelijke daling van het energieverbruik voor het binnenlands transport van personen en goederen van 36 tot 49% tegen 2050 - dit is in lijn met deze nota. Het Federaal Planbureau¹⁸ in 2018 gaat bij ongewijzigd beleid uit van een reële stijging van de CO₂ emissies met 3,1% tegen 2040, de stijging van de energie kan dus nog groter zijn. Elektrificatie is zeker een belangrijk deel van de oplossing, maar kan mogelijk onvoldoende zijn. Groene waterstof (zie Opslag en leveringszekerheid in 2050) zorgt voor een daling van de CO₂ – maar heeft weinig tot geen daling van het energieverbruik tot gevolg, mogelijk zelfs integendeel (zeker als deze waterstof eerst op basis van elektriciteit wordt geproduceerd).
5. **Residentieel:** de nieuwbouw in België is door de EPB-regeling in orde sinds 2005. Maar België heeft nog veel oude en slecht geïsoleerde gebouwen die veel te veel energie verbruiken. Daarom is een versnelde renovatie en sloop/nieuwbouw nodig en dit binnen een ruimer kader van ruimtelijke ordening en betonstop. De haalbaarheid van de doelstellingen wordt niet bepaald door technologie, maar door beleid, gedrag, betaalbaarheid en beschikbare arbeid.

¹³ De bestaande kerncentrales hebben een rendement van 33%, de nieuwste gascentrales halen ruim 60%

¹⁴ <http://www.ebo-vlaanderen.be/Documents/20190204%20Jaarverslag%202017%20Commissie%20EBO.pdf> 340 bedrijven, zowel ETS als niet ETS

¹⁵ Broeikasgas BKG: meer dan enkel CO₂: ook methaan, NO₂ en andere gassen:
https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas

¹⁶ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/revision_en

¹⁷ VITO april 2013 'towards 100% renewable energy in Belgium by 2050'

¹⁸ Plan januari 2019 'vooruitzichten van de transportvraag tegen 2040'

6. **Diensten** en equivalent: IT en ICT (internet en streaming...) groeit verder, ook koeling in kantoren en winkels neemt verder toe. Misschien wordt nieuwe apparatuur (data centers, modems, computers, ...) zuiniger, misschien kan de warmte van datacenters in warmtenetten gebruikt worden? Het energieverbruik van gebouwen van de overheid, maar ook van veel 'moderne' maar goedkope kantoorgebouwen kunnen sterk verminderen.
7. **Feedstock**: wat is de invloed van nieuwe investeringen in de haven van Antwerpen? Goed nieuws voor de werkgelegenheid en economie, anderzijds een (grote) stijging voor het energieverbruik en CO₂. Mogelijk wordt kringloop (en recyclage) een belangrijk en zelfs onvermijdelijk deel van de bevoorrading van feedstock aan de petrochemische industrie.

Al deze besparingen samen leiden tot een energieverbruik van 'slechts' 250 TWh in 2050 of een daling van 65% van het primair energieverbruik en mits een aanpassing van de fuelmix (zie **Uitdaging 2: meer hernieuwbare energie**) een daling van 85% van de CO₂ ten opzichte van 2017¹⁹. Technisch is het een enorme uitdaging, een trendbreuk met het verleden. Economisch zijn voor deze besparingen grote investeringen nodig, maar er zijn ook grote opbrengsten.

Het is duidelijk dat het verminderen van het energieverbruik niet van een leien dakje zal lopen. Een blijvende daling van enkele procenten per jaar is niet evident, zeker niet als bepaalde sectoren vandaag nog een duidelijk stijgende trend hebben. De vermindering zal nog extra moeilijk worden door de toename van de bevolking, de economische groei en het rebound²⁰ effect. Elke sector zal met zekerheid zeggen dat de doelstelling voor zijn eigen sector te hoog is, en dat andere sectoren of andere landen meer moeten doen. Als de vermindering in één sector zou tegenvallen, moet er bij de andere sectoren een tandje bij gestoken worden om hetzelfde globale doel te halen.

Kortom: de besparingen voor de volgende jaren zijn een trendbreuk met het verleden: snelle en efficiënte maatregelen zijn nodig om het energieverbruik sterk te laten dalen.

¹⁹ Waarom 2017: dit is het laatste jaar waar al de gegevens beschikbaar zijn. Het alternatief is 1990 of 2005 als referentiejaar te nemen, maar dit verandert niets aan de aanbevelingen.

²⁰ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Energie-effici%C3%ABntie> Na een verbetering van de energie-efficiëntie treedt vaak het "rebound-effect" op: mensen gaan meer gebruiken van de dienst of het product omdat het goedkoper is, waardoor een deel van de energiebesparing teniet wordt gedaan. In uitzonderlijke gevallen wordt er zelfs meer energie gebruikt dan voorheen. Zie ook https://en.wikipedia.org/wiki/Jevons_paradox : 'the coal question' (1865).

Energiebesparing: Hoe? Technologie, gedrag of geld?

Er zijn drie belangrijke invalshoeken om minder energie te verbruiken, deze invalshoeken kunnen elkaar versterken:

- **Technologie:** efficiëntie, innovatie, renovatie, investeren, onderzoek & ontwikkeling...
- **Gedrag:** circulaire economie, deeleconomie, maar ook het STOP-principe²¹ bij transport, een betere ruimtelijke ordening (betonstop), voeding (minder verspillen, minder (runds-)vlees)...
- **Geld:** in veel gevallen wordt minder energie verbruikt nadat een nieuw / beter toestel wordt gekocht of installatie wordt gebouwd: een huis, auto, TV, gascentrale, industriële installaties, verwarming en koeling, ... Als de investeerder zelf geen voldoende of snelle winst heeft, zal de investering uitgesteld worden.

Voor ingenieurs, wetenschappers, techniekers, ... is de piste van technologie en innovatie vanzelfsprekend en een positieve uitdaging met een zeer groot en ongekend potentieel. Het verleden heeft telkens weer bewezen dat in perioden van crisissen, oorlogen of schaarste technische 'wonderen' mogelijk zijn. Tegelijk waarschuwen veel ingenieurs voor overdreven optimisme. Als gerespecteerde economen²² of politici rekenen op een 'technologische doorbraak' of 'innovatie', is het niet duidelijk of dit gebaseerd is op optimisme of uit noodzaak: "TINA: there is no alternative".

Het is dus niet zeker dat enkel nieuwe technologie zal volstaan om de doelstellingen tegen 2050 te halen. Het is daarom vandaag aangewezen om ook in te zetten op de piste 'gedrag'. Bovendien zijn bepaalde gedragswijzigingen (die niet altijd gemakkelijk zijn en niet zomaar op korte termijn ingang zullen vinden) op zichzelf maatschappelijk verantwoord, denk aan de deel- en kringloopeconomie, betonstop, het stop-principe in transport, de versnelde renovatie van woningen.

Telkens als een investering nodig is, zal het economisch kader doorslaggevend zijn: als de gasprijs morgen verdubbelt, zullen plots tientallen projecten starten die nu onder in een schuif liggen wegens onrendabel. Een groot deel van de economische signalen komt van de markt: prijzen van grondstoffen, toestellen, vraag klanten, ... Anderzijds kan de overheid ook in bovenstaande tussenkomen met tal van hefbomen via verbodsbepalingen, vergunningen, productnormen, taksen en heffingen, subsidies, fiscaliteit, ...

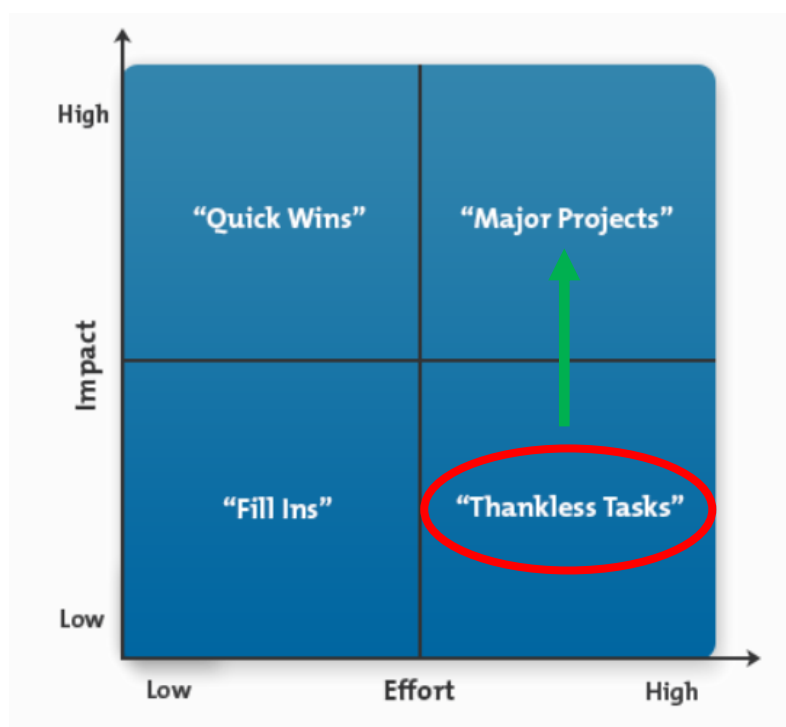
Kortom: Technologie is en blijft de prioriteit. Het versneld aanpassen van het gedrag is een belangrijke en noodzakelijk aanvulling om het energieverbruik te verminderen en het risico te verminderen als één van de andere oplossingen achterblijft.

²¹ stappen, trappen, openbaar, personenwagen

²² Tijd 20170902: Geert Noels: 'we zullen echter moeten rekenen op een technologische doorbraak die even spectaculair is als het internet of de stoommachine'

Energiebesparing: Beleid!

Alle acties om onze CO₂-uitstoot te doen dalen, hebben één belangrijke handicap: de effecten zijn pas zichtbaar op lange termijn en misschien vooral en eerst op andere plaatsen in de wereld. Het grote argument “what’s in it for me” ontbreekt dus voor veel verbruikers van energie, maar ook voor investeerders²³ in het algemeen. Dit loopt parallel met de reacties van verbruikers (burgers, bedrijven en overheden): waarom zou ik iets vrijwillig doen en betalen als andere burgers / bedrijven / landen niets doen. Dit gedrag is niet uniek voor CO₂: het geldt ook voor milieu, mobiliteit e.a.

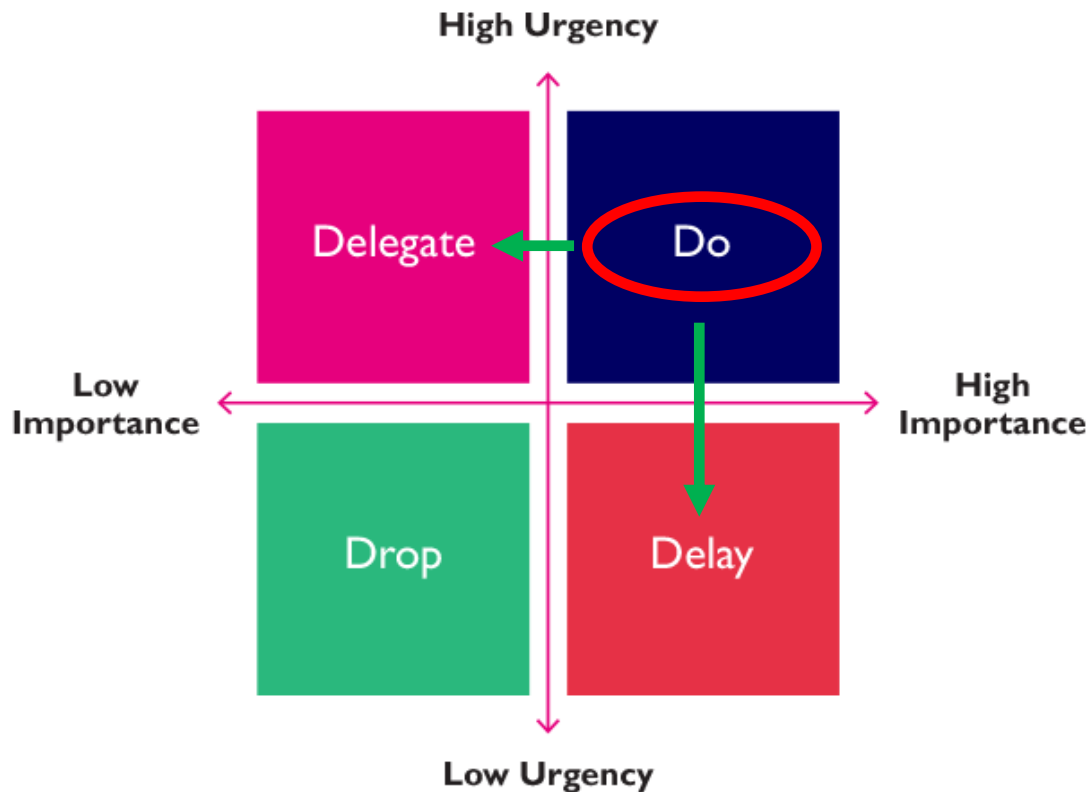


Figuur 5: what's in it for me

Veel burgers, bedrijven en overheden zeggen dat klimaat de hoogste prioriteit heeft en dat onmiddellijke actie nodig is. Toch blijkt de werkelijkheid genuanceerder: er gebeurt zeker veel en er is al veel bereikt, maar veel fundamentele keuzes om meer te bereiken (80 tot 95% minder CO₂) worden tot op heden uitgesteld²⁴. Er zijn budgettaire beperkingen (bij de bouw van een woning of aankoop van een auto), er zijn internationale concurrenten (voor bedrijven), en er zijn landen in de wereld die veel minder doen dan België en Europa,... Het is dus onvermijdelijk dat de 'DO'-optie voor een aantal belangrijke beslissingen dreigt te verschuiven naar DELAY ('dat is iets voor later') of DELEGATE ('een ander zal het wel doen').

²³ Voorwaarden om te investeren: 1) over voldoende geld beschikken 2) voldoende return 3) return op redelijke termijn 4) return voor de investeerder (probleem van split benefit).

²⁴ Rekening rijden, betonstop, koolstofaks, CRM maar even goed pensioendebat, begroting en staatsschuld... Maar even goed bepaalde beslissingen tussen we gewesten en de federale regering.



Figuur 6: beslissingsmatrix

Als de overheid niet ingrijpt en enkel de vrije markt laat werken, is de kans groot dat er ‘too little & too late’ actie wordt genomen. De overheid heeft meerdere hefboomen om in te grijpen op de markt en beleid te voeren (zie Figuur 7 instrumenten klimaatbeleid), gaande van meer technische en reglementaire benaderingen aan de linkerkant tot fiscale instrumenten aan de rechterkant. Ingenieurs zijn vooral betrokken bij de technische aspecten: per installatie / product / proces / sector... kunnen voorschriften of verbodsbepalingen opgesteld worden. De marktinstrumenten en fiscale oplossingen zijn eerder het werkveld van de economen.



Figuur 7 instrumenten klimaatbeleid

Er is evenwel één eenvoudige en algemene oplossing die ook ingenieurs kan aanspreken: een minimum koolstoftaks op alle fossiele brandstoffen die nog niet of zeer weinig belast worden. Want de basis voor de vermindering van het energieverbruik in deze nota is vooral de invloed van CO₂, daarom ligt het voor de hand om het economisch principe van ‘de vervuiler betaalt’ systematisch toe te passen. De ervaring leert dat economische signalen veroorzaakt door crisissen (2008, 1978 en 1973, 1929, maar ook oorlogen) of door beleid (bijvoorbeeld het ‘clicquet’²⁵ systeem door accijns op diesel, de fiscaliteit op bedrijfswagen op basis van CO₂ drempels) werken. Het gedrag van verbruikers zal zich aanpassen en nieuwe technologie krijgt een extra financieel duwtje in de rug. Deze taks is technologie-neutraal, complementair en ondersteunend aan alle andere maatregelen en initiatieven die de overheid (Vlaanderen, België, Europa) al genomen heeft. Een dergelijke heffing is uitgebreid bestudeerd en beschreven door FOD Leefmilieu²⁶. Voor ETS bedrijven moet rekening gehouden worden met het bestaande ETS-systeem. Als deze ETS-bedrijven in een wereldmarkt opereren, moet een carbon border taks of gelijkwaardig overwogen worden. Voor huishoudens in een situatie van energie-armoede moeten specifieke maatregelen uitgewerkt worden.

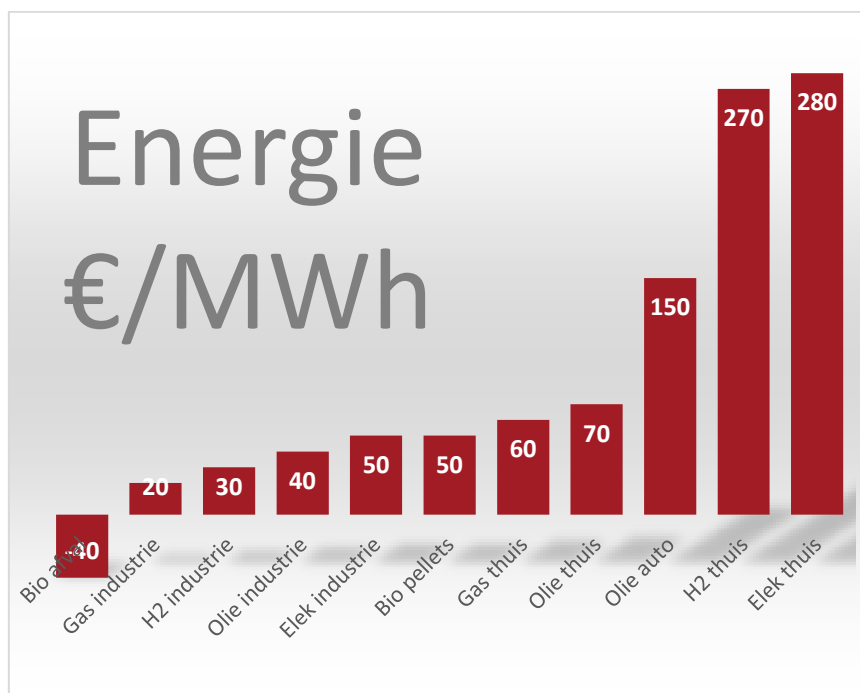
De prijs van de verschillende energiedragers per MWh is zeer variabel (zie Figuur 8: energieprijzen in België (indicatief – 2018)) en wordt ook bepaald door het volume en de plaats van verbruik (= de kost van logistiek), en door de heffingen en taksen. Vandaag worden de kosten voor het klimaatbeleid²⁷ in België in belangrijke mate doorgerekend naar de residentiële verbruikers van elektriciteit. Op gas en stookolie zijn er nagenoeg geen heffingen. Vanuit het standpunt van de gewenste transitie en gedragswijziging is dit een verkeerd signaal behalve dat dit de eigen opwek en verLEDding²⁸ versnelt. In het concept van ‘de vervuiler betaalt’ kan de overheid een CO₂-heffing overwegen voor alle fossiele brandstoffen waarop nog weinig tot geen belastingen geheven worden.

²⁵ <http://www.standaard.be/cnt/111jrqn1>

²⁶ https://www.klimaat.be/files/1315/3268/2925/National_Carbon_Pricing_Debate_-_Executive_Summary.pdf

²⁷ De kosten voor het beleid worden doorgerekend (certificaten, isolatiepremies...), maar niet de kosten van het KLIMAAT. Mits een ‘externe’ kost van 40 €/ton CO₂, en een niet-ETS emissie van 50 Mton, wordt 2 miljard € niet doorgerekend aan de verbruikers. De reële externe kost kan nog veel hoger zijn, andere bronnen spreken van een kost van 100 €/ton...

²⁸ VerLEDding: het vervangen van ‘klassieke’ verlichting door LED-verlichting (kantoren, openbaren verlichting, thuis)...



Figuur 8: energieprijzen in België (indicatief – 2018)

Advies: energiebesparing moet morgen beginnen in alle sectoren, op basis van technologie en wijziging van gedrag. Een CO₂-taks zal deze besparingen versnellen en alle technologieën die leiden tot en daling van de CO₂ uitstoot ondersteunen.

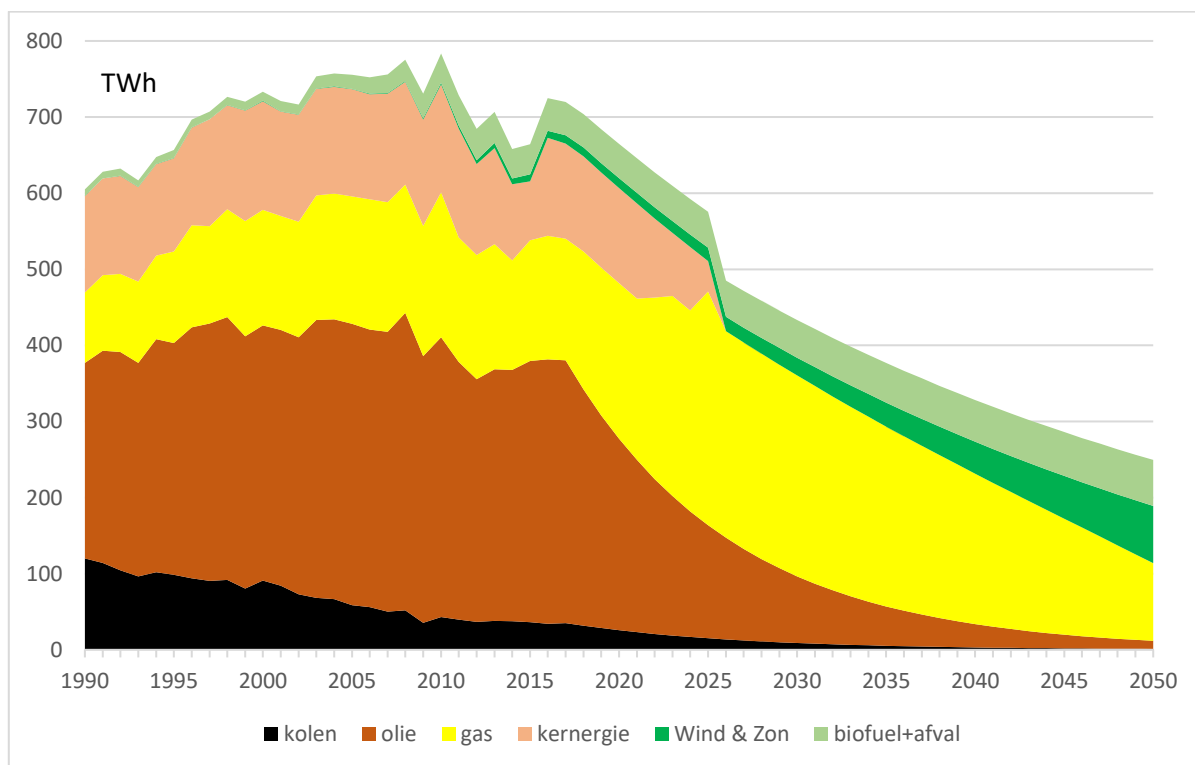
Uitdaging 2: meer hernieuwbare energie

Energievoorziening in 2017

In 2017 werd 725 TWh energie verbruikt, waarvan 75% van fossiele oorsprong: 5% steenkool, 48% aardolie en 22% aardgas. De invoer van energie bedraagt 92%: 75% fossiel en 17% uranium. De lokale productie ²⁹is 8% en bestaat vooral uit afval en biomassa & biobrandstoffen (44 TWh) en wind & zon (11 TWh).

Over de periode 2000 tot 2017 is er vooral een afname van het verbruik van steenkool (56 TWh, vooral de steenkoolcentrales, maar ook de staalindustrie) en een toename van hernieuwbare energieën (42 TWh). In 2012 & 2013 is er minder kernenergie. Sinds 2010 nemen wind en zon duidelijk toe (dunne donkergroene lijn) maar dit blijft beperkt tot 11 TWh. Ten slotte is er reeds vanaf 2000 een sterke toename van afval & biobrandstoffen & biomassa (brede lichtgroene lijn), een deel van deze biomassa wordt ingevoerd.

Energievoorziening in 2050



Figuur 9: evolutie van de fuelmix van 1990 tot 2050 (in TWh)

²⁹ Productie van energie is eigenlijk geen juiste term: het is transformatie van één drager van energie (bv wind of gas) in een andere drager (bv elektriciteit of waterstof). Dit gaat steeds gepaard met transformatieverliezen ('rendement'), deze verliezen zijn soms klein (vb: van gas naar warmte: 5 à 10%) en soms zeer groot (vb: van uranium naar elektriciteit: 67%).

Tegelijk met de daling van het verbruik van 725 TWh in 2017 tot 250 TWh in 2050, en om de CO₂ doelstelling van 85% te halen, zou de fuelmix als volgt aangepast kunnen worden, zie Figuur 9: evolutie van de fuelmix van 1990 tot 2050 (in TWh):

- **Steenkool & olie:** geen steenkool of olie meer in 2050! Dit is zeer drastisch voor alle verbruikers (huizen, transport en industrie). Er zijn twee opties: minder verbruiken door efficiëntie (vraag & transformatieverliezen) en vervanging door een andere energiedrager, of een combinatie van beide (zeker in het geval van elektrificatie).
Olieproducten (fuel, diesel, benzine, huisbrandolie) kunnen vervangen worden door gas, elektriciteit (eventueel met warmtepompen), biomassa en -gas of waterstof.
De vervanging van steenkool voor de staalindustrie is niet eenvoudig: technologisch is het een uitdaging, en het gaat bovendien over zeer veel primaire energie. In 2017 is het verbruik van steenkool in de staalindustrie in Vlaanderen geraamd op 22 TWh³⁰ steenkool. Als dit door groene waterstof (zie Opslag en leveringszekerheid in 2050) via elektrolyse moet vervangen worden (Power to Gas), is voor deze toepassing alleen al 30 TWh hernieuwbare elektriciteit nodig. In gans Europa zijn de grote staalbedrijven bezig met projecten, denk aan Arcelor Mittal Gent met Steelanol, Thyssen Krupp met Carbon2Chem. Hopelijk leiden deze projecten tot een technologische en betaalbare doorbraak.
- **Kernenergie:** voor deze nota baseren we ons in eerste instantie op de kernuitstap volgens de wet³¹: de kernenergie wordt vooral en initieel vervangen door gas³², op termijn verder te vervangen door hernieuwbare energie, vooral wind en zon. Verder in de nota wordt een alternatief scenario besproken.
- **Wind en zon:** +6% per jaar: van 11 TWh in 2017 naar 75 TWh in 2050. In het begin lijkt 6% haalbaar, na enkele jaren zal het moeilijker worden om deze doelstelling binnen België te halen, gezien de beperkte oppervlakte, mede bepaald door een zwak ruimtelijk beleid, en het matige aanbod van wind en zon voor de productie van hernieuwbare energie³³. Hier zal innovatie noodzakelijk zijn en voor verrassingen (moeten) zorgen.
- **Biomassa, biobrandstof en afval:** +1% per jaar³⁴, van 44 TWh in 2017 naar 60 TWh in 2050. Dit is een beperkte stijging omwille van bezorgdheden over duurzaamheid en beschikbaarheid van biomassa. Als we afval inzetten in recyclage en dus als feedstock voor de industrie, kunnen we deze afval niet meer verbranden om de energie te recupereren.
- **Gas:** het verbruik in 2050 is 115 TWh, dit is de sluitterm tussen vraag (250 TWh) en het aanbod op basis van de andere energiedragers (75 TWh wind en zon + 60 TWh biomassa, biobrandstof en afval). Er is bovendien een tijdelijke maar beperkte verhoging door de kernuitstap in de periode 2022 - 2025.

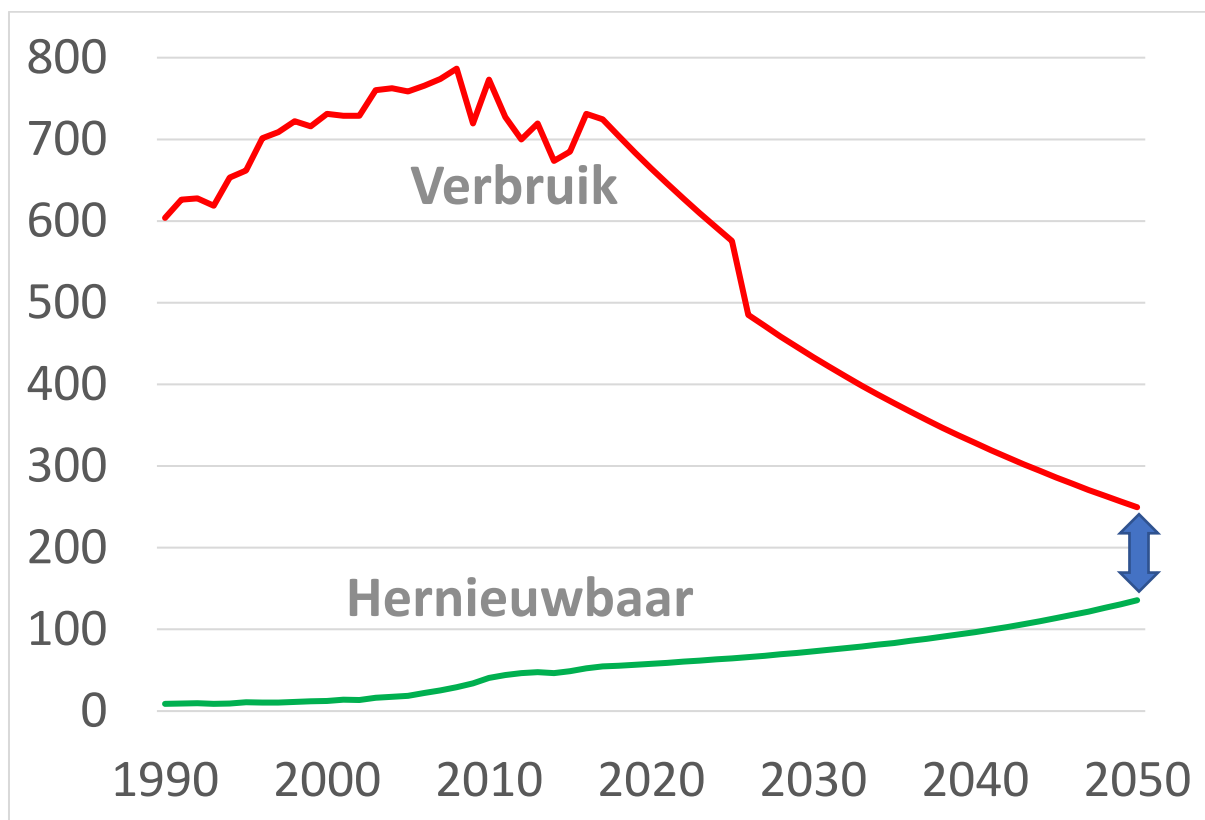
³⁰ <https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1332/2018/Energiebalans%20Vlaanderen%201990-2016.pdf> pag 30

³¹ 2022: Doel 3 1000 MW. 2023: Tihange 2 1000 MW, 2025: alle andere centrales, 4000 MW

³² een deel van deze elektriciteit kan ingevoerd worden uit buurlanden. Dan blijven de transformatieverliezen en CO₂ emissies ook in deze landen. Deze invoer heeft geen invloed op de besluiten van deze nota.

³³ Naast fysische of economische beperkingen, wordt de haalbaarheid ook bepaald door de 'public acceptance' – NIMBY: 'not in my backyard'.

³⁴ 1% is een raming van een beperkt extra potentieel van beschikbare en duurzame biomassa



Figuur 10: evolutie van hernieuwbare energie en totaal verbruik van 1990 tot 2050 (in TWh)

Op basis van deze veronderstellingen wordt de fuelmix in 2050 als volgt: hernieuwbare energie 135 TWh en gas 115 TWh.

Om de 22 Mton CO₂ van deze 115 TWh aardgas te verminderen zijn er (als we het energieverbruik niet verder laten dalen) nog enkele opties³⁵. Deze opties kunnen de laatste CO₂-uitstoot gedeeltelijk tot volledig wegnemen:

- **22 Mt CO₂, CCU (Carbon Caption and Use) en CCS (Carbon Caption & Storage):** Voor de opvang (Captatie), hergebruik (Use) en opslag (Storage of Sequestration) van CO₂ is extra energie nodig. Dit extra verbruik zou kunnen oplopen tot 30%. Er loopt veel onderzoek naar alle aspecten van CCU en CCS. Vooral grote continu bronnen met een hoge concentratie aan koolstof zijn interessant, deze zijn vooral te vinden in de chemie en staalindustrie. Vlaanderen heeft een zeer grote en geconcentreerde chemie-cluster in Antwerpen: daar moeten CCU toepassingen mogelijk zijn, er is evenwel geen mogelijkheid tot lokale opslag van CO₂ (CCS) – dit zal via een pijpleiding richting Rotterdam wel mogelijk zijn, of transport per schip. Eén van de pistes is '**blauw**' waterstof: dit is de klassieke productie³⁶ van grijs waterstof op basis van aardgas aangevuld met captatie van CO₂. Deze piste wordt in Rotterdam³⁷ onderzocht.

³⁵ Het is vandaag nog niet duidelijk welke optie gaat 'winnen' – elke technologie heeft zijn believers

³⁶ SMR – Steam Methane Reforming, zoals grootschalig in de haven van Antwerpen wordt toegepast.

³⁷ <https://www.gasworld.com/blue-hydrogen-for-a-green-future/2016596.article>

- **115 TWh waterstof:** Om aardgas en de bijhorende CO₂-emissie nog verder te verminderen kan ook ‘groene’ waterstof op basis van elektrolyse gemaakt worden: ‘Power to Gas’ (P2G). Hiervoor is 20 tot 30% extra energie (hernieuwbare elektriciteit) nodig. Om de 115 TWh fossiele energie van 2050 te vervangen door groene waterstof is 160 TWh extra hernieuwbare energie nodig. Deze 160 TWh moet vergeleken worden met het huidig elektriciteitsverbruik van 80 TWh. Deze 80 TWh zal stijgen naar 100 of 120 TWh (of meer) door elektrische warmte (met of zonder warmtepompen) en elektrische mobiliteit. Waterstof kan daarna nog omgezet worden in methaan, e-fuels of feedstock (P2X). Voor een aantal toepassingen (vliegtuigen, schepen) en voor logistiek (transport en opslag) kan dit een eenvoudigere oplossing zijn dan waterstof.
Het is essentieel dat er voldoende hernieuwbare elektriciteit beschikbaar is om groen waterstof te maken. Zo niet zal de elektriciteit voor de elektrolyse met aardgas worden gemaakt, waardoor extra CO₂ geproduceerd wordt en energie vernietigd wordt. In dat geval is het veel efficiënter om aardgas direct in waterstof om te zetten met de ‘klassieke’ SMR³⁶ technologie.
- **115 TWh groen aardgas:** Er is de optie van ‘groen aardgas’: methaan op basis van biomassa. In een aantal landen van Europa (of de wereld) met zeer veel biomassa en een relatief laag verbruik van aardgas zou deze biomassa kunnen omgezet worden in ‘groen gas’. Het is niet duidelijk of de beschikbaarheid van biomassa voldoende is, en of het geheel duurzaam is.
- **Delokalisatie:** Dit is de optie om industrie in België te sluiten en de producten uit andere landen in te voeren. Dit is vooral het verschuiven van energieverbruik en emissies van CO₂ naar het buitenland en een slechte zaak voor België op gebied van economie en welvaart en draagt niet bij tot de globale daling van de CO₂ uitstoot
- **Nucleair:** meerdere landen en ook het IPCC³⁸ beschouwen kernenergie als een mogelijke deel van de oplossing van het energie- en klimaatprobleem. Het economisch model van kernenergie is onduidelijk (en omstreden), zeker in vrijgemaakte markten als West-Europa en USA. Kerncentrales stoten geen CO₂ uit, maar produceren kernafval.

De toekomstige structuur van de productie van hernieuwbare energie op basis van wind en zon zal wel helemaal anders zijn:

- **Schaal:** hernieuwbare energie is 25 jaar geleden begonnen met decentrale en kleine installaties. De eerste windmolens in Zeebrugge hadden een vermogen van 250 kW. Intussen is er een belangrijke evolutie naar centrale en grote installaties. Constructeurs brengen steeds grotere windmolens op de markt: einde 2018 werd een windmolen van 12 MW³⁹ aangekondigd. Internationaal worden steeds grotere parken voor wind⁴⁰ (meerdere GW) en zon⁴¹ (‘farms’ van 100 MW tot meer dan 1.5 GW) gebouwd of voorbereid. Voor dergelijke installaties is er in België te weinig plaats op land of in zee⁴².

³⁸ <https://www.ipcc.ch/sr15/>

³⁹ <https://www.ge.com/renewableenergy/wind-energy/offshore-wind/haliade-x-offshore-turbine>

⁴⁰ <https://interestingengineering.com/the-11-biggest-wind-farms-and-wind-power-constructions-that-reduce-carbon-footprint>

⁴¹ <http://www.pvresources.com/en/top50pv.php> en https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_photovoltaic_power_stations

⁴² In de Belgische Noordzee is plaats voor ongeveer 4 GW wind, dit komt overeen met maximum 14 TWh.

- **Geografie:** er zijn veel plaatsen in de wereld waar er meer wind of zon is dan op de meeste plaatsen van Europa en zeker veel meer dan in België. Windmolens komen misschien op Groenland, zonneparken misschien in Zuid-Mexico, Zuid-Afrika of Australië, groene waterstof komt mogelijks van een kerncentrale uit Indië⁴³. Gezien de grote afstanden wordt logistiek zeer belangrijk. Mogelijk is het beter om grote hoeveelheden waterstof via pijpleidingen te vervoeren dan elektriciteit via luchtlijnen of kabels. Tenslotte kunnen ook schepen ingezet worden voor transport van vloeibare waterstof of van e-fuels⁴⁴ (brandstoffen op basis van waterstof). Voor productie van grote hoeveelheden biomassa en / of groen gas is Vlaanderen in ieder geval te klein.

Bijkomend: voor waterstof moet een versnelde logica gevolgd worden: het is belangrijk om zo snel mogelijk naar grootschalige installaties⁴⁵ te gaan: alle kleinschalige toepassingen kosten relatief veel geld. Invoer van hernieuwbare energie, waterstof of e-fuels wordt interessant indien de totale kostprijs inclusief transport (LCOE⁴⁶) in het buitenland duidelijk lager is dan de kost van lokale productie. Gezien de betere wind en zon condities op sommige plaatsen in de wereld en de mogelijkheid van installaties op zeer grote schaal ligt dit voor de hand. Invoer van energie voor België is onvermijdelijk, hetzij binnen Europa, op termijn mogelijk ook van buiten Europa.

Er zijn anderzijds ook nadelen aan invoer, denk aan economie, werkgelegenheid (op gebied van hernieuwbare energie), logistiek, handelsbalans, leveringszekerheid, geopolitiek. De voordelen daarentegen zijn duidelijk: lagere energieprijzen voor de bedrijven, werkgelegenheid, mogelijkheid tot uitvoer van producten. Mits een goede aanpak zal de invoer van goedkopere en propere energie uit het buitenland een positief verhaal zijn.

Advies: hernieuwbare energie wordt grootschalig en internationaal. Waterstof en e-fuels zijn deel van onze toekomst, maar de infrastructuur is nog niet klaar.

Energievoorziening: kernenergie

Er is een mogelijkheid om kerncentrales gedurende bijvoorbeeld 10 jaar langer open te houden. Gezien de ouderdom van Doel 1 en 2 en Tihange 1 en gezien de 'indicaties' (scheurtjes, waterstofinsluitings...) van Doel 3 en Tihange 2, lijkt enkel een verlenging van Doel 4 en Tihange 3 een reële optie. Indien deze nucleaire capaciteit van 2 GW of 16 TWh elektriciteit per jaar door aardgas⁴⁷ vervangen wordt, komt dit (mits een rendement van 60%) overeen met 26 TWh aardgas en 5 Mt CO₂ per jaar – en dit binnen het totaal Europese ETS volume van 1.664 Mt CO₂ in 2018. De hoeveelheid aardgas is relatief klein, de extra CO₂ is een beperkt neveneffect, alleen het punt leveringszekerheid van elektriciteit verdient aandacht (zie Uitdaging 3: opslag en leveringszekerheid).

⁴³ Kerncentrales zijn wel low-carbon, maar Uranium is geen hernieuwbare energie

⁴⁴ E-fuels zijn het resultaat van P2X: Power to X: het kan gaan over methanol, waterstof, ammoniak enz

⁴⁵ Vandaag wordt 1 tot 5 MWe als een zeer grote elektrolyse beschouwd. Om de waterstof in de haven van Antwerpen te vervangen is een elektrolyse voor de productie waterstof van meer dan 1.000 MW nodig.

⁴⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Cost_of_electricity_by_source

⁴⁷ Aardgas: ofwel productie in België, ofwel productie in het buitenland op basis van aardgas, of nucleair of steenkool... Dit aardgas zou op termijn kunnen vervangen worden door groen gas of waterstof. Dit is niet eenvoudig: het gaat over grote hoeveelheden.

Bemerkt ook dat er in Europa geen duidelijke visie is over kernenergie, dit is logisch gezien het principe van subsidiariteit. België en Duitsland beslissen om uit te stappen, veel landen doen aan levensduurverlenging, een aantal landen in centraal Europa overweegt nieuwe centrales te bouwen, en Finland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk bouwen al nieuwe kerncentrales.

Uitdaging 3: opslag en leveringszekerheid

Opslag en leveringszekerheid in 2019

Door de oliecrisis van 1973 werd West-Europa wakker geschud: er is een geopolitiek risico verbonden aan de invoer van olie. Daarom werd besloten om in 1974 binnen de OESO⁴⁸ een speciale afdeling voor energie op te richten: het Internationaal Energie Agentschap, IEA⁴⁹. Er werd toen al beslist dat elk land een oliereserve van 3 maanden moest aanhouden. In België wordt deze opdracht vandaag op basis van een EU richtlijn⁵⁰ uitgevoerd door APETRA. Voor 2018 is de opslagplicht⁵¹ 4.4 Mtoe of ongeveer 50 TWh. Op het totale verbruik van aardolie (441 TWh in 2017) komt dit overeen met ‘slechts’ 1,5 maand⁵².

Voor aardgas is de opslag in België beperkt tot Loenhout en de LNG terminal van Zeebrugge. In Loenhout kan 8 TWh⁵³ aardgas opgeslagen worden. Op het totale gasverbruik van België (160 TWh in 2017 – een warm jaar) komt dit overeen met 18 dagen. In de winter zal de opslag dus eerder beperkt zijn. Gezien de goede interconnectie met de buurlanden en de zeer grote opslagcapaciteit in deze landen is dit vandaag in de praktijk geen probleem.

Voor elektriciteit is de directe opslag in België vandaag verwaarloosbaar: enkele tientallen MWh batterijen⁵⁴. Maar er zijn vandaag gelukkig indirect 3 opslagcapaciteiten, andere dan olie en gas.

- De **pompcentrales** van Coe en Plate Taille hebben een beperkte capaciteit op basis van water, goed voor de productie van 0.005 TWh elektriciteit – wat ten opzicht van het verbruik overeen komt met een leveringszekerheid van enkele tientallen minuten.
- DSM – **demand side management of vraagsturing**: verschillende bedrijven kunnen hun verbruik op vraag van ELIA of commerciële actoren verminderen en daardoor bijdragen tot de leveringszekerheid. Dit gaat in totaal over 100-den MW_e en dit meerdere keren en telkens voor meerdere uren per jaar. Initieel waren dit enkel grote industriële bedrijven (vooral: staal, chemie, non-ferro), vandaag groeit dit segment op basis van decentrale, kleinere installaties, aangestuurd via IOT.
- Het **Uranium** in de kerncentrales (ongeveer 50 TWh elektrisch of 150 TWh primair) vertegenwoordigen 9 maanden elektriciteit. In functie van de kernuitstap wordt deze 50 TWh afgebouwd tegen 2025. In het kader van een eventuele verlenging van Doel 4 en Tihange 3 zou er nog een opslag behouden blijven van 16 TWh elektrisch of 48 TWh primair. Dit laatste komt dan ongeveer overeen met 2 maanden elektriciteit.

⁴⁸ OESO: Organisatie van Economische Samenwerking en Ontwikkeling

⁴⁹ <https://www.iea.org/about/history/>

⁵⁰ https://www.apetra.be/sites/default/files/company/gepubliceerde_richtlijn.pdf

⁵¹ <https://www.apetra.be/nl/over-ons>

⁵² Dit is ruim lager dan de eerder vermelde 3 maanden, onder andere door het groot verbruik van de ‘bunkers’, vooral de internationale scheepvaart: 85 TWh in 2017. Deze ‘bunkers’ worden niet meegeteld om de 3 maand reserve te berekenen.

⁵³ December 2017 gasdag Fluxys

⁵⁴ Voorbeeld: <https://www.terhills.com/news/biggest-battery-project-delivers-sustainable-breakthrough-in-stabilisation-of-power-grid/>

Opslag en leveringszekerheid in 2025

Vandaag is leveringszekerheid van elektriciteit reeds een punt van aandacht, dat zeer acuut is geworden in de winter van 2018/2019 door een langdurige en niet geplande onbeschikbaarheid⁵⁵ van meerdere nucleaire eenheden. In Nederland en Duitsland is bovendien sprake van een versnelde uitstap uit steenkool naast de reeds aangekondigde sluiting van kerncentrales in Duitsland; dit zal ook impact hebben op de leveringszekerheid in België. In het kader van de kernuitstap is leveringszekerheid na 2025 daarom een zeer belangrijk punt van aandacht.

Dit heeft geleid tot de wet⁵⁶ van 29 april 2019 op de vergoedingen voor capaciteit (CRM). Deze wet kan ertoe leiden dat bestaande of nieuwe capaciteiten (productie, opslag, vraagsturing, interconnectie) die kunnen bijdragen tot de leveringszekerheid van elektriciteit in België een vergoeding krijgen op basis van een veiling. Dit betekent dat de huidige grote gascentrales behouden, vernieuwd of uitgebreid kunnen worden, maar ook dat alle technieken van vraagsturing, opslag, interconnectie (en dus centrales in het buitenland) in aanmerking komen. Daarnaast kan geïnvesteerd worden in nieuwe gascentrales⁵⁷ (die zowel op aardgas als op 'groen' biogas⁵⁸, waterstof of e-fuels kan werken) en in alle andere technieken die bijdragen tot de leveringszekerheid.

Het CRM concept is de oplossing van 'last resort' (als niets anders in staat zou zijn om de leveringszekerheid te garanderen) en wordt door tal van actoren grondig 'met man en macht' voorbereid om de planning te respecteren. Er is (einde juni 2018) nog onduidelijkheid op meerdere punten en geeft dus nog geen zekerheid dat er voldoende alternatieven voor de leveringszekerheid zullen zijn tegen 2025.

Opslag en leveringszekerheid in 2050

De bestaande infrastructuur (tanks + pijpleidingen...) in België voor opslag van **vloeibare producten** door APETRA (50 TWh) lijkt ruimschoots te volstaan, ook als er grote hoeveelheden e-fuels zouden geïmporteerd worden.

De opslag voor **aardgas** van Fluxys in Loenhout heeft een volume 8 TWh, maar waarschijnlijk is dit volume te klein als grootschalig overgeschakeld wordt op **waterstof** voor tal van toepassingen, inclusief feedstock voor de industrie en reserve voor de productie van elektriciteit. Bovendien is nog niet aangetoond dat de installatie en ondergrond van Loenhout ook voor de opslag van waterstof kan gebruikt worden⁵⁹. Tenslotte moet onderzocht worden welk deel van de bestaande transport- en distributie-infrastructuur vandaag aangewend voor aardgas ook morgen voor 100% waterstof⁶⁰ kan gebruikt worden.

⁵⁵ Technisch was een groot deel van de stilstanden gepland (oa upgrades, herstellingen...). Het officieel cijfer van 'forces outages' is veel lager.

⁵⁶ <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/bevoorradingszekerheid/capaciteitsremuneratiemechanis>

⁵⁷ Als er tijdig een investeringsbeslissing genomen wordt, dus onder andere na het definitief verwerven van een vergunning (ttz: na alle mogelijk vormen van beroep tegen een vergunning).

⁵⁸ Gas met vergelijkbare eigenschappen als aardgas, maar geproduceerd op basis van biomassa

⁵⁹ Opslag van waterstof zou bij voorkeur gebeuren in zoutkoepels.

⁶⁰ Er bestaat reeds een uitgebreid netwerk van Air Liquide, maar dit heeft een beperkte capaciteit.

De opslag van **elektriciteit** wordt cruciaal. Want het aanbod van elektriciteit wordt altijd variabel door de sterke toename van wind en zon, en de vraag kan mogelijk nog sterk toenemen door verdere elektrificatie van woningen, transport en industrie, en vooral: door de elektrolyse voor de productie van groene waterstof. Er zullen steeds meer onevenwichten zijn: teveel of te weinig elektriciteitsopwekking in België en bij uitbreiding onze buurlanden.

Een deel van de oplossing voor de leveringszekerheid van elektriciteit kan in het buitenland liggen (invoer of uitvoer via interconnectoren⁶¹), een ander deel is het groeiend aandeel van elektrische batterijen, thermische opslag, vraagsturing (industrie & elektrische voertuigen), de centrale van Coö, ... Al deze technieken samen zullen alvast veel en vooral kortdurende onevenwichten opvangen. Mogelijk komt er een extra opslagcapaciteit die voldoende elektriciteit kan leveren gedurende enkele uren, misschien zelfs tientallen uren. Anderzijds zal elektriciteit ook kunnen geproduceerd worden op basis van waterstof (en van waterstof afgeleide e-fuels) die eerder geproduceerd of geïmporteerd en opgeslagen werd. De dimensionering van deze waterstofcapaciteit wordt bepaald door een mogelijke 'Dunkelflaute'.

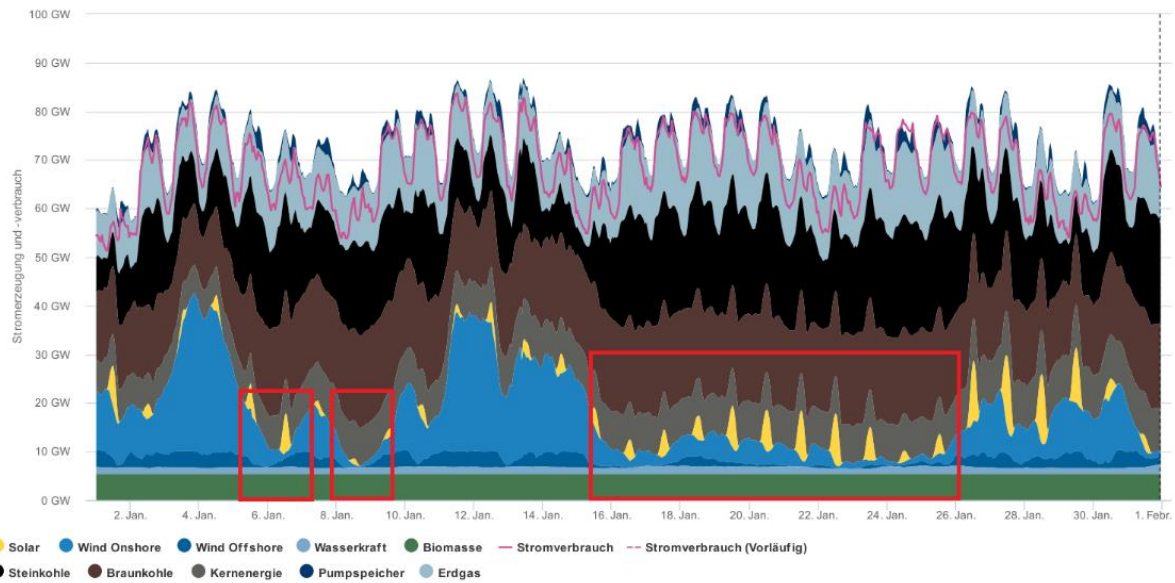
Een Dunkelflaute (Figuur 10: januari 2018: periode van 10 dagen met zeer weinig wind en zon in Duitsland) is een zeldzame periode van meerdere dagen tot 2 weken in een koude winter wanneer er in België en in de buurlanden nagenoeg geen zon en wind is. Dit betekent dat gedurende 240 uur elektriciteit op basis van fossiele of hernieuwbare brandstoffen (waterstof en e-fuels) moet geproduceerd worden. De dimensionering: gedurende 240 uur een vraag van 15.000 MW (het gemiddeld verbruik op een koude winterdag⁶²) betekent 3.6 TWh elektriciteit met een piekvermogen van 16.000⁶³ MW. Om deze periode te overbruggen zouden dus 20 centrales van 800 MW nodig zijn, en een aangepaste voorraad primaire brandstof (mits een rendement van 60%) van 6 TWh (vloeibaar lijkt dit geen probleem, gasvormig is Loenhout reeds volledig toegewezen aan andere verbruikers).

Natuurlijk zullen het in de praktijk zeker minder dan 20 grote centrales zijn: er zal misschien invoer zijn, misschien een beetje wind, er is (zeker in de winter) WKK – warmte kracht koppeling, misschien meer 'demand response' door de hoge prijzen (door de dreigende schaarste), en vrijwel zeker oplossingen op basis van nog te ontwikkelen technologieën. In ieder geval kan een te groot aantal nieuwe gascentrales een lock-in effect veroorzaken en latere investeringen in de energietransitie vertragen. Kortom: de investering in nieuwe gascentrales moet weloverwogen gebeuren. Anderzijds zullen een aantal gascentrales in deze periode een hulp zijn om de transitie mogelijk te maken en dit met behoud van de leveringszekerheid.

⁶¹ Opletten met wind en zon in buurlanden: er is een correlatie tussen deze landen. Als er in België enkele dagen geen wind is, is de kans groot dat er in onze directe buurlanden weinig wind is... En omgekeerd.

⁶² Dit gaat enkel over het strikt noodzakelijk, niet afschakelbaar verbruik. Grootschalige elektrolyse van waterstof kan uit dienst genomen worden – op voorwaarde dat de opslag van waterstof en e-fuels voldoende groot is. In 2017 is het gemiddeld winterverbruik 10.000 MW, als het verbruik met 50% stijgt, zal het gemiddeld verbruik ook met 50% stijgen. Na 1 of meer dagen is immers alle water in boilers koud geworden, wil iedereen wassen, zijn de batterijen van auto's leeg...

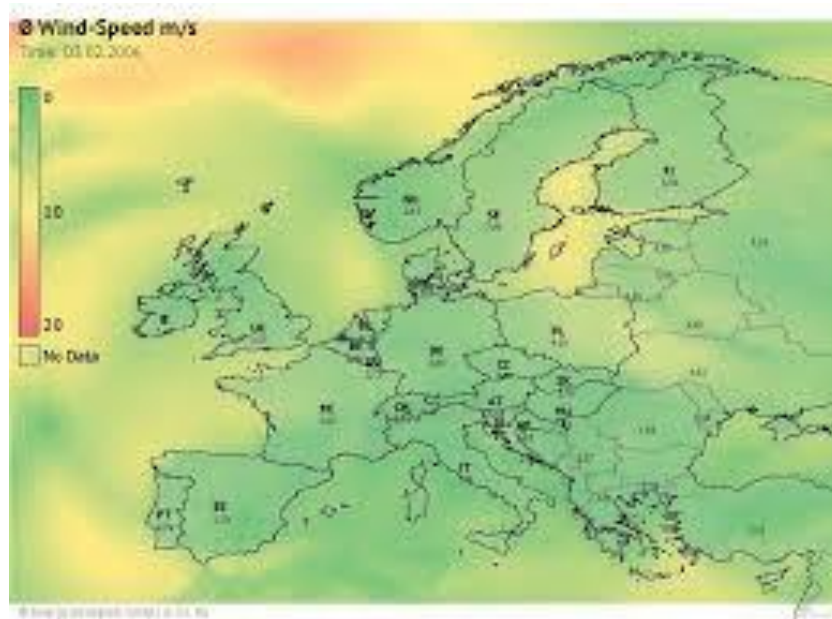
⁶³ Het piekverbruik van 16.000 MW is slechts weinig hoger dan het gemiddelde van 15.000 MW, dit komt door de opslagcapaciteit van enkele tot tientallen uren (Coö, boiler, auto, koeling, interconnectie...).



Agora Energiewende; Stand: 18.05.2017, 08:30

Figuur 10: januari 2018: periode van 10 dagen met zeer weinig wind en zon in Duitsland

De opslag van **warmte** mag in de toekomst ook niet onderschat worden: zowel decentraal als centraal (o.a. met warmtenetten) betekent de opslag van warmte een belangrijke aanvulling voor het beheer van vraag en aanbod van **elektriciteit en aardgas (of waterstof)**.



Figuur 11: dag in 2006 waar in gans Europa bijna geen wind was

In deze nota wordt uitgegaan van België **als een autonoom systeem** voor wat betreft de leveringszekerheid. Bepaalde oplossingen kunnen ook Europees uitgewerkt worden:

- In Europa (vooral in de Alpen en in Scandinavië⁶⁴) is 400 tot 500 TWh elektriciteit onder de vorm van waterkracht opgeslagen met een geïnstalleerd elektrisch vermogen van 200 GW. Op kritische momenten als een “Dunkelflaute” maakt dit een groot verschil.
- Hetzelfde geldt voor de bestaande opslag van aardgas: in Europa⁶⁵ is de opslagcapaciteit 1.100 TWh, waarvan de helft in goed geïnterconnecteerde buurlanden: Duitsland (230 TWh), Nederland (130 TWh) en Frankrijk (130 TWh).
- Grootschalige opslag van waterstof gebeurt vermoedelijk best in ondergrondse zoutkoepels, maar die bestaan niet in België. Naar analogie met aardgas zal België mogelijk beroep kunnen doen op grootschalige opslag in de buurlanden. In België kan waterstof ook opgeslagen worden als aardgas na methanisatie, of opslag in vloeibare vorm of onder druk.

De logistiek van grote hoeveelheden energie is niet te onderschatten: productie en verbruik van energie zullen steeds verder uit elkaar liggen. Op grote afstanden is transport van elektriciteit via luchtlijnen of kabels duurder dan het transport van gas of vloeibare producten via pijplijnen. Op nog grotere afstanden spreken we waarschijnlijk van schepen. Het beheer van al deze nieuwe of fors grotere energiestromen zal aanpassingen aan de infrastructuur in België vragen: transport, distributie, opslag, zowel centraal als decentraal.

⁶⁴ https://www3.eurelectric.org/media/26690/hydro_report_final-2011-160-0011-01-e.pdf

⁶⁵ <https://agsi.gie.eu/#/> en <https://www.gie.eu/index.php/gie-media/press-releases/13-news/gie/379-press-release-existing-gas-storage-capacity-in-europe-exceeded-one-petawatthour-in-2018-shrunked-against-2016>

Opslag en leveringszekerheid: kernenergie

We zullen de volgende jaren dus grondig moeten nadenken over de leveringszekerheid van elektriciteit, zonder zomaar op veel in-of uitvoer te rekenen. Het open houden van twee kerncentrales gedurende tien jaar zal extra tijd en raad brengen, en aldus verstandiger blijken dan snel en veel gascentrales te bouwen. Voor de duidelijkheid: het gaat niet over de twee sites (al de kerncentrales hebben een totaal vermogen van 6.000 MW), maar enkel over de nieuwste eenheden: Doel 4 en Tihange 3 (kernreactoren met een totaal vermogen van 2.000 MW). Of zoals het IEA zegt over de Belgische kernuitstap: 'think twice'⁶⁶.

Advies: er is vandaag geen duidelijke oplossing voor de leveringszekerheid voor elektriciteit in een situatie als 'Dunkelflaute', na 2025 maar vooral later. Doel 4 en Tihange 3 kunnen gedurende meerdere jaren een deel van de oplossing zijn. Alle oplossingen zullen moeten overwogen worden, keuzes moeten gemaakt en geïmplementeerd worden en gedurende lange termijn aangehouden worden om het investeringskader te vrijwaren.

⁶⁶ 2019 maart Fatih Birol (IEA) op presentatie WEO2018 bij Agoria en AD Energie

Besluit

De energievoorziening voor alle verbruikers in België is vandaag in orde. Maar de vooruitzichten wijzen op belangrijke uitdagingen: klimaat en milieu, techniek en maatschappij, economie en leveringszekerheid.

Een langetermijnvisie voor Vlaanderen, België (en Europa) is noodzakelijk gezien opbouwen van infrastructuur veel tijd vraagt en we spreken van grote en lange termijn investeringen. De keuzes van vandaag bepalen dus welke installaties in 2050 in dienst zullen zijn.

Op basis van onze analyse stellen wij daarom volgende zes maatregelen voor:

1. **Investeer in onderzoek & ontwikkeling en opleiding:** stimuleer nieuwe ideeën, uitvindingen, technologieën, doorbraken zonder op voorhand één piste uit te sluiten. Het energieverbruik en de feedstock van de industrie van Vlaanderen en CCU/CCS verdienen hierbij bijzondere aandacht. Opleiding is essentieel om op alle niveaus voldoende techniekers ter beschikking te hebben om de energietransitie uit te voeren: van vakman tot doctoraat.
2. **Investeer in infrastructuur voor energiedragers van de toekomst:** voor invoer, transport en opslag van grootschalige en internationale hernieuwbare energie, waterstof, e-fuels en ook voor CO₂. Wees voorzichtig met investeringen in bestaande technologie (zoals gascentrales) die binnen 20 tot 30 jaar de transitie zouden kunnen vertragen. Laat investeringen in hernieuwbare energie en daarvan afgeleide producten zoveel mogelijk aan de internationale markt over, dit zal voor de laagste kost zorgen.
3. **Faseer de kernuitstap:** stel de sluiting van Doel 4 en Tihange 3 uit om de energietransitie te faciliteren, waaronder de leveringszekerheid van elektriciteit en omwille van de extra CO₂ in België of in de buurlanden. Dit geeft meer tijd om duurzamere oplossingen voor de leveringszekerheid van elektriciteit te zoeken, te implementeren en alzo de transitie te faciliteren.
4. **Investeer in langetermijnbeleid in een Europees kader:** baseer het beleid op feiten ('evidence based policy'), met inzicht in het globale systeem en met zicht op de lange termijn, een beleid dat open staat voor verandering en innovatie. Investeer in een onafhankelijke administratie, wordt onafhankelijk van lobby en van gesponsorde studies over specifieke componenten en technologieën en korte termijn. Werk met een transparant stakeholder overleg, leer van het poldermodel in Nederland. Creëer vertrouwen bij burgers, bedrijven en investeerders. Kijk naar samenwerking met de directe buurlanden en Europa voor de productie en transport van hernieuwbare energie voor de opslag en leveringszekerheid (inclusief geopolitiek).
5. **Versnel gedragswijzingen** die een grote invloed hebben op het energieverbruik, maar die tegelijk ook duidelijk bijdragen aan andere maatschappelijke uitdagingen: luchtkwaliteit, kringlooeconomie, deeleconomie, ruimtelijke ordening, betere mobiliteit, voeding, biodiversiteit en eindigheid van grondstoffen.
6. **Voer een minimum CO₂ taks op fossiele energiedragers in:** "de vervuiler betaalt". Dit creëert een geleidelijk en krachtig signaal waardoor het energiegebruik in alle sectoren zal dalen. Energie-efficiëntie en -investeringen zullen bovendien lokale werkgelegenheid creëren. Let op met ETS-bedrijven en internationale concurrentie. Werk daarom met Europa aan een carbon border taks en aan een internationaal kader voor de certificering en de CO₂-inhoud van de geïmporteerde producten (staal, cement...). Tenslotte: neem maatregelen tegen energiearmoede.

Definities, Termen en Begrippen

Apetra: <https://www.apetra.be/nl>

Betonstop: het beperken van het ‘betonneren’ van Vlaanderen, in lijn met het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen: <https://www.ruimtevlaanderen.be/BRV>

Biobrandstoffen: <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energiebronnen/brandstoffen/de-biobrandstoffen> en <https://nl.wikipedia.org/wiki/Biobrandstof> en

Bunkers: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bunkers_\(energy_in_transport\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Bunkers_(energy_in_transport)) deze term komt historisch uit de scheepvaart toen steenkool in bunkers (‘compartimenten’) werd opgeslagen.

EBO: Energie Beleids Overeenkomst: <http://www.ebo-vlaanderen.be/Pages/default.aspx>

CRM : capacity remuneration mechanism :
<https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/bevoorradingzekerheid/capaciteitsremuneratiemechanisme>

CCU en CCS: Carbon Capture Use and Carbon Capture Sequestration
<https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/ecn-part-of-tno/roadmaps/naar-een-co2-neutrale-industrie/co2-uitstoot-terugdringen-door-afvang-gebruik-en-opslag/>

DSM of DSR: demand side management of demand side respons:
https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_demand_management

e-fuels of elektrofuels: <https://en.wikipedia.org/wiki/Electrofuel>

ETS Emission Trading System: https://nl.wikipedia.org/wiki/Europees_systeem_voor_emissiehandel

Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/overview>

Feedstock: <https://www.iea.org/newsroom/news/2018/june/commentary-from-energy-to-chemicals.html>

FOD Economie - Algemene Directie Energie: <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie>

Fuelmix: https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_mix

Interconnectoren: Olie, gas en elektriciteit worden in grote mate in- en uitgevoerd via verbindingen naar de buurlanden.

STATBEL: <https://statbel.fgov.be/nl>

STOP-principe: stappen, trappen (fiets), openbaar vervoer, personenwagen

Syngas: <https://en.wikipedia.org/wiki/Syngas>