

## 1. Hoeveel energie gebruikt de wereld nu en hoe zal het energieverbruik zich de komende eeuw ontwikkelen?

Wereldwijd werd in 2018 ~576 duizend PetaJoule (PJ) verbruikt door 7.6 miljard mensen. De inwoners van de niet-OECD landen verbruiken relatief weinig energie per hoofd van de bevolking. De inwoners van het Europese continent, Europese Unie++, verbruiken 126 PJ per miljoen inwoners. Zoals uit onderstaande tabel blijkt verbruiken we in Nederland relatief veel energie, dit komt vooral doordat in Nederland veel industrie is. Al met al wordt in Nederland 0.61% van alle energie wereldwijd gebruikt.

We kunnen in de tabel ook zien dat non-OECD inwoners nog zeer weinig energie verbruiken; naarmate de welvaart in niet-OECD landen toeneemt zal onvermijdelijk ook het energieverbruik daar toenemen.

TABEL 1

2018 gegevens	Energieverbruik [PJ / miljoen mensen]	Inwoners [miljoen]	Energieverbruik [PJ]
Nederland	205	17	3,530
Duitsland	168	80	13,440
Turkije	78	80	6,290
Noorwegen	375	5	1,900
Europa	136	514	69,810
Verenigde Staten	280	341	95,600
OECD	181	1,300	235,390
non-OECD	54	6,300	340,840
Wereld	76	7,600	576,230

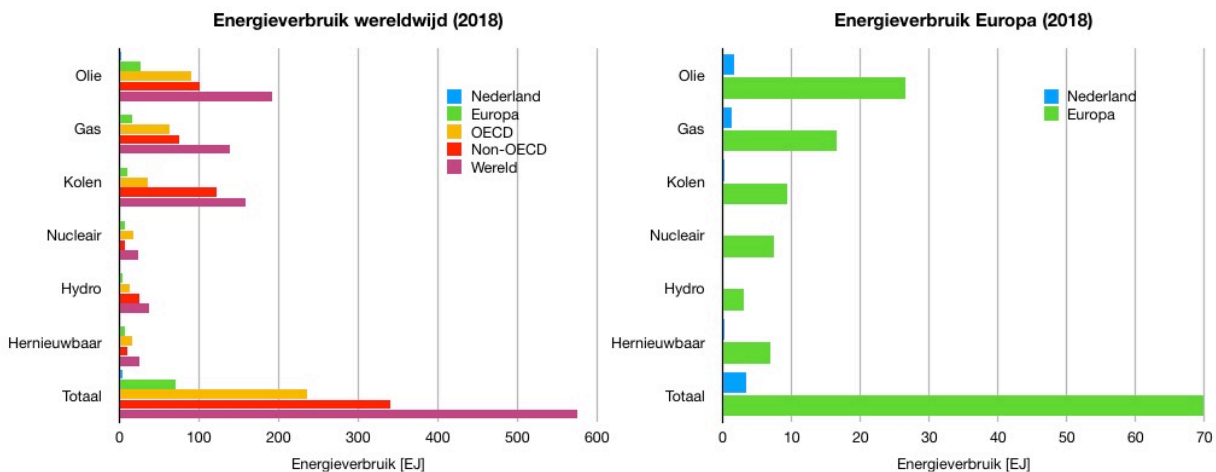
*de PJ ( $10^{15}$  Joule) is de eenheid van energie die het CBS in Nederland gebruikt in zijn rapportage over energieverbruik*

Naar verwachting kan in de loop van deze eeuw, met een energieverbruik van ~100 PJ per miljoen inwoners, een goede levensstandaard worden bereikt. Dit betekent dat de komende decennia in Europa, met behoud van levensstandaard, nog een reductie in het energieverbruik van 136 naar 100 PJ per miljoen inwoners mogelijk zou moeten zijn. Alle OECD landen samen zouden ongeveer 40% reductie moeten kunnen realiseren. Echter de 6300 miljoen inwoners van niet-OECD landen zullen hun energieverbruik de komende decennia waarschijnlijk nog bijna gaan verdubbelen.

Laten we er van uitgaan dat de wereldbevolking in 2100 rond de 10 miljard inwoners stabiliseert, de verwachtingen variëren tussen 9 en 11 miljard. In dat geval zal er, om voor iedereen een goede levensstandaard mogelijk te maken, aan het einde van de eeuw, een energiebehoefte van minimaal 1 miljoen PJ per jaar zijn; dat is ongeveer 45% meer dan nu.

## 2. Welke energiedragers worden wereldwijd en in Nederland gebruikt?

Om deze vraag te beantwoorden gebruik ik gegevens over 2018 van het ‘Statistical Review of World Energy 2020’ zoals gepubliceerd door BP. De belangrijkste gegevens staan in de figuur hieronder.



*In deze figuur worden ExaJoules [EJ] gebruikt als eenheid van energie; een ExaJoule ( $10^{18}$  Joule) is duizend PetaJoules [PJ]*

Energie wordt vooral verbruikt in de vorm van olie (35.4 miljard barrels per jaar), kolen (8.6 miljard ton per jaar) en gas (3900 miljard m<sup>3</sup> per jaar). Omdat het lastig is om deze getallen te vergelijken worden in analyses de hoeveelheden gerapporteerd in ExaJoules of PetaJoules.

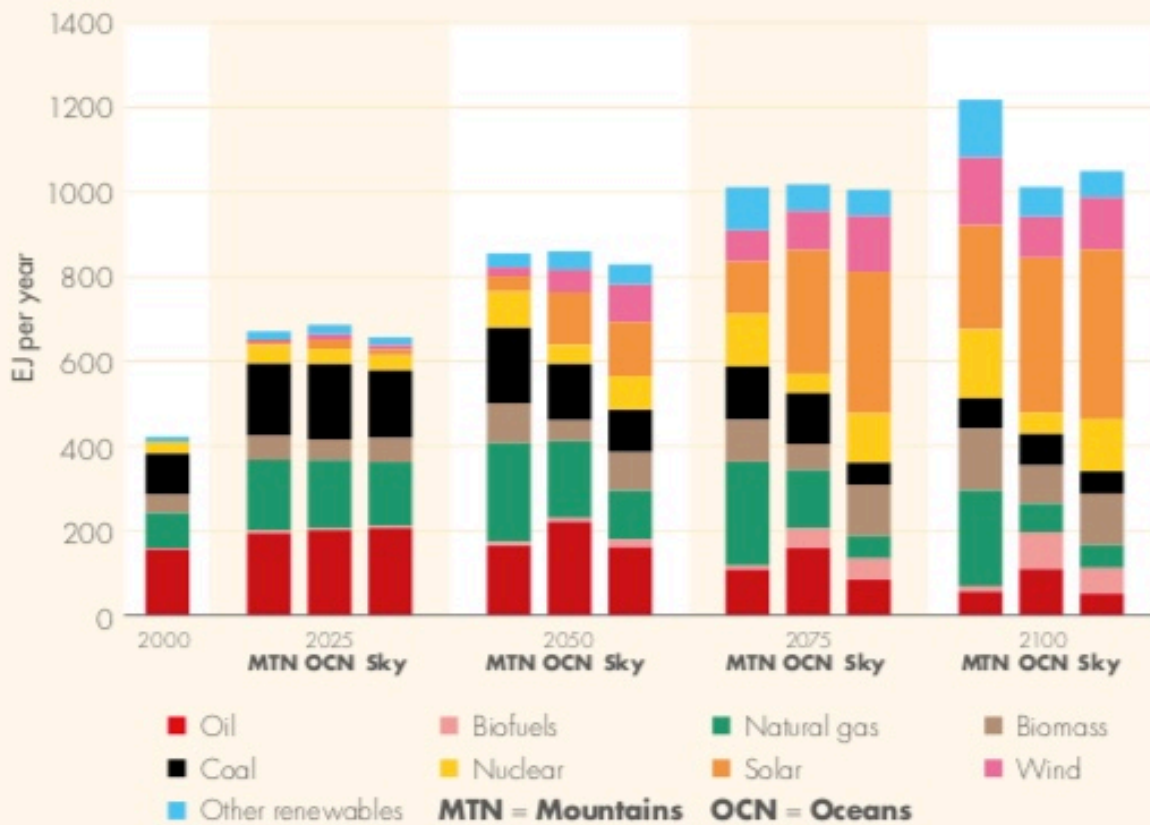
Fossiele brandstoffen leveren wereldwijd ~85% van de energie. In Nederland wordt geen hydro-energie en slechts zeer weinig kern-energie geproduceerd en de bijdrage van hernieuwbare energie is nog beperkt; 95% van de energie wordt opgewekt met fossiele brandstoffen.

Om een uitspraak te kunnen doen over de mix van primaire energiedragers tot aan het einde van deze eeuw heb ik gebruik gemaakt van Shell scenario's

<https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenario-sky.html>

Shell heeft drie scenario's ontwikkeld om mogelijke ontwikkelingen en hun impact op de klimaatontwikkelingen de komende eeuw te beschrijven. In deze scenario's blijven tot 2050 fossiele brandstoffen wereldwijd de belangrijkste energiebronnen. Pas tegen 2075 en het einde van de eeuw worden op mondiale basis fossiele brandstoffen significant gereduceerd tot minder dan de huidige inzet. De belangrijkste redenen voor de persistentie van fossiele brandstoffen zijn het gebruiksgemak en het verbeteren van de welvaart van het grootste deel van de wereldbevolking.

## PRIMARY ENERGY BY SOURCE IN THE THREE SCENARIOS



Source: Shell analysis

De bovenstaande figuur geeft het primary energieverbruik aan in 2050, 2075 en 2100 onder ieder van de drie Shell scenario; Mountain, Oceans en Sky

### 3. Hoeveel energie wordt in Nederland gebruikt en waarvoor?

Een samenvatting van de door het CBS gepubliceerde data over 2018 staat in de onderstaande tabel

Bron CBS 2018	Industrie [PJ]	Electriciteit [PJ]	Huishoudens [PJ]	Landbouw [PJ]	Openbaar vervoer [PJ]	Overige sectoren [PJ]	Totaal [PJ]	Percentage
Aardgas	377	317	289	138	11	149	1281	28%
Benzine & diesel	39		260	20	85	142	546	12%
Steenkool	121	226				1	348	8%
Kerosine					190	29	219	5%
Overig fossiel	1009	17	9	7	117	9	1168	26%
Biomassa	101	19	16	15		105	256	6%
Rest warmte	67	21	13	7		12	120	3%
Elektriciteit	137	29	84	38	25	129	442	10%
Kernenergie		38				0	38	1%
Overig	114	24	2	1	3	-35	109	2%
<b>Totaal</b>	<b>1965</b>	<b>691</b>	<b>673</b>	<b>226</b>	<b>431</b>	<b>541</b>	<b>4527</b>	<b>100%</b>
<b>Percentage</b>	<b>43%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>	<b>100%</b>	

Het totale energieverbruik in Nederland in deze tabel bedraagt 4527 PJ in 2018. Dit is ongeveer 1000 PJ hoger dan de in de tabel in paragraaf 1 aan Nederland was toegerekend. Ik ga er vanuit dat dit wordt veroorzaakt doordat Nederland veel export-industrie kent. De grote lijnen van het verhaal veranderen hierdoor niet.

De volgende conclusies kunnen uit de gegevens worden getrokken.

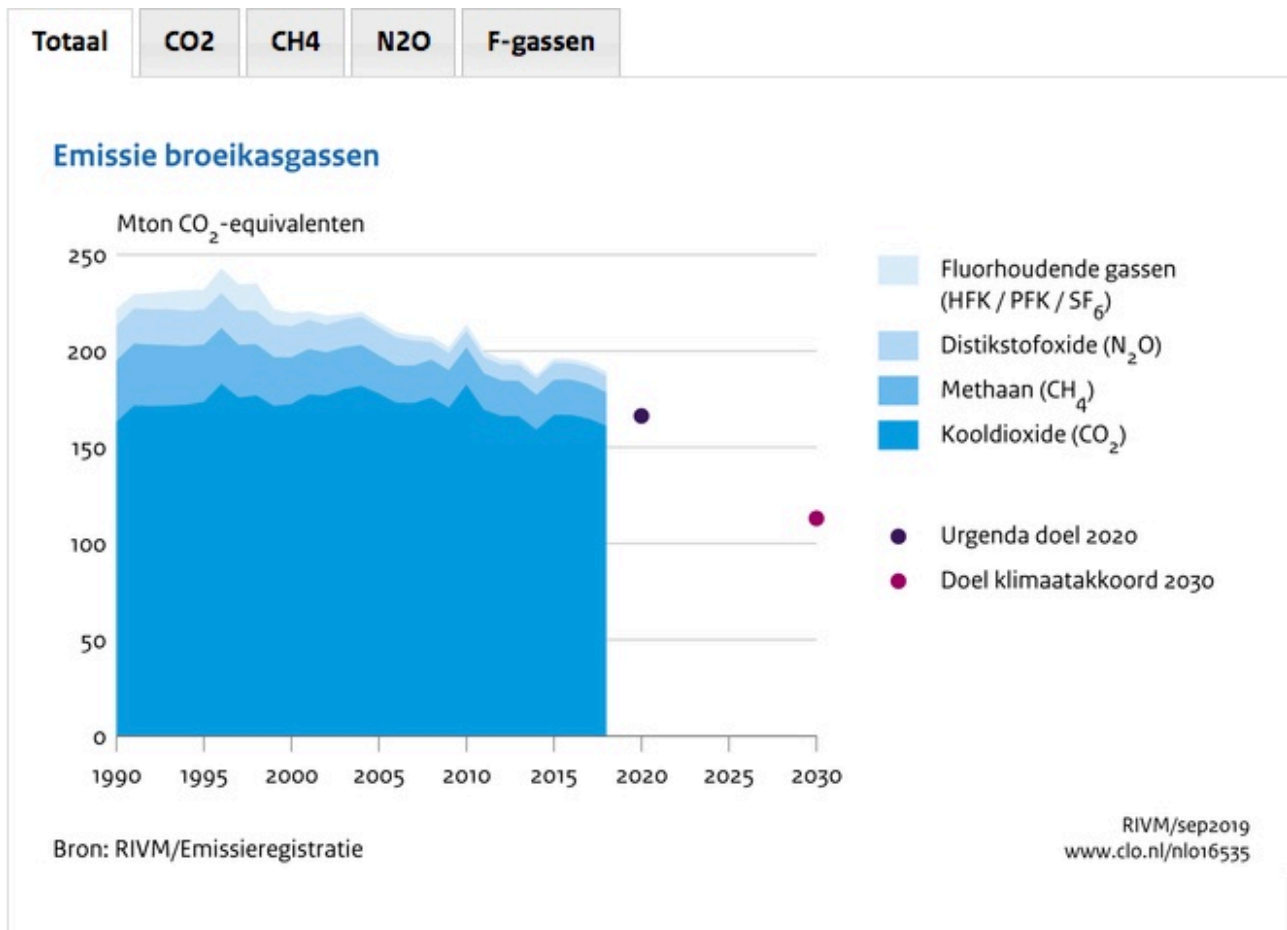
- De sector industrie gebruikt de meeste energie (43%) en meer dan 80% fossiele energiedragers
- Elektriciteit levert in Nederland slechts een bescheiden bijdrage (15%) aan de energiemix
- De opwekking van deze elektriciteit geschied voornamelijk door kolen en aardgas; in 2018 was de bijdrage van biomassa nog gering. Deze is nu gestegen ten koste van steenkool  
N.B. in 2020 was de bijdrage van groene stroom ongeveer 25% van de elektriciteit, het grootste deel hiervan werd opgewekt door verbranding van biomassa (15% van de 25%)
- Huishoudens gebruiken ongeveer 15% van alle energie in Nederland. Het overgrote deel hiervan wordt gebruikt als aardgas voor verwarming en koken en benzine en diesel voor de automobilititeit. Elektriciteit is goed voor ongeveer 12% van het energieverbruik van huishoudens
- Landbouw verbruikt relatief veel aardgas; naar verwachting vooral voor verwarming en CO<sub>2</sub>-productie in de glastuinbouw
- Openbaar vervoer (exclusief kerosine voor de luchtvaart) gebruikt ongeveer evenveel energie als automobilititeit

#### 4. Hoeveel draagt Nederland bij aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot?

Wereldwijd werd in 2018 ~51.9 miljard ton CO<sub>2</sub> uitgestoten.

De Nederlandse bijdrage bedroeg 189.5 miljoen ton, ongeveer 0.37% van het totaal.

Hoewel in Nederland 0.61% van de wereldwijde energieconsumptie plaats vindt, is de Nederlandse bijdrage aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 0.37% relatief laag. Dit komt doordat Nederland relatief weinig kolen en relatief veel aardgas gebruikt.



De daling van de emissie van broeikasgassen (CO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub>-equivalenten) is sinds 1990 voornamelijk gerealiseerd door een halvering van de uitstoot van CO<sub>2</sub>-equivalenten. Door efficiency verbeteringen is de uitstoot van CO<sub>2</sub> zelf, sinds 1990, ongeveer constant gebleven terwijl de economie sinds 1990 met 65% is gegroeid.

De doelstelling van het Urgenda vonnis, 25% reductie in 2020 vergeleken met 1990, is in 2020 niet gehaald.

Met nog 8 jaar te gaan tot 2030 staan we nu voor de taak een CO<sub>2</sub>-emissie reductie van 90 miljoen ton CO<sub>2</sub>-emissie per jaar te realiseren; meer dan in de afgelopen 30 jaar. Dit betekent dat we nu moeten inzetten op bewezen, grootschalig toepasbare, oplossingen.

## 5. Kunnen we niet beter inzetten op echte verduurzaming om CO2 te reduceren?

Een aantal van de reacties die ik kreeg suggereerden dat we in Nederland beter kunnen inzetten op echte verduurzaming dan op CO2-afvang en opslag om CO2-emissies structureel te reduceren.

Ik loop hieronder een aantal opties langs:

- Huizen van het gas af door isolatie en inzet van warmtepompen, geothermie en warmtenetten.
  - in het Klimaatakkoord is een ambitieus plan afgesproken om de gebouwde omgeving te verduurzamen door tot 2030 1.5 miljoen huizen van het gas af te halen.
  - Als dit slaagt levert het een CO2-emissie reductie op van 8 miljoen ton CO2 in 2030.
  - De laatste berichten zijn dat voor de hiervoor benodigde elektrificatie de komende 20 jaar een investering van ruim 100 miljard Euro in het elektriciteitsnetwerk nodig is.
  - De voorzitter van de Klimaatoverleg, Ed Nijpels, heeft al opgeroepen tot spoedwetgeving omdat de huidige regels deze investeringen in de weg staan.
- Productie van groene waterstof door elektrolyse.
  - De processen om groene waterstof te maken d.m.v. elektrolyse bestaan maar moeten nog verder ontwikkeld worden om economisch en grootschalig ingezet te kunnen worden. Men verwacht nog kostenreducties van 65% te kunnen realiseren wat aangeeft dat de technologie nog sterk in ontwikkeling is.
  - Eerste projecten om groene waterstof te produceren uit wind-op zee zijn in ontwikkeling door o.a. Shell.
  - Import van groene waterstof uit b.v. het Midden-Oosten of Chili is een optie die op middel-lange en lange termijn interessant is
  - Het North2 project wil, in 2030 ongeveer 400 duizend ton groene waterstof en tegen 2040, 1 miljoen ton groene waterstof produceren voor de industrie. De hiervoor benodigde hoeveelheid elektriciteit is ongeveer gelijk aan de totale doelstelling voor wind-op-zee in 2030.
  - De ge-associeerde CO2-emissie reductie in 2030 is 4 miljoen ton CO2 per jaar
- Elektrische auto's zijn nog de meest veelbelovende mogelijkheid CO2-emissies de komende jaren te reduceren.
  - In de huidige plannen van het Klimaatakkoord rijden er in 2030 ~1 miljoen elektrische auto's.
  - De eerder genoemde verbetering van het elektriciteitsnet is hiervoor een noodzakelijke randvoorwaarde.
  - Autofabrikanten willen inzetten op elektrificatie en per 2030 zijn er waarschijnlijk in de EU geen 'normale' auto's meer te koop.
  - Rond 2040 kan dan het volledige autopark vervangen zijn door elektrische auto's
  - De CO2-emissie reductie daarvan is 5 miljoen ton per jaar.

Bovenstaande gebieden kunnen per 2030 een CO2-emissie reductie van  $8+4+5= 17$  miljoen ton CO2 geven. De overige 73 miljoen ton moeten dan nog worden gevonden.

## 6. Is CO<sub>2</sub>-afvang en hergebruik of opslag een veilige en structurele oplossing en zo ja voor hoelang of slechts tijdelijk?

In mijn notitie heb ik hier aandacht aangegeven en de betreffende paragrafen verbeterd.

Kort samengevat:

Technisch wordt CO<sub>2</sub>-afvang, transport en hergebruik of opslag in gasvelden onder de zeebodem reeds toegepast. In Nederland vindt afvang en hergebruik b.v. plaats tussen Shell Pernis en de glastuinbouwgebieden in Zuid-Holland. Er is behoefte aan meer CO<sub>2</sub> om meer tuinbouwbedrijven aan te sluiten en bij de tuinbouwers levert dit een mooie synergie met de toepassing van geothermie op.

CO<sub>2</sub> opslag onder de zeebodem vindt in Nederland al plaats sinds 2005 bij een gasveld in de Noordzee waar teveel CO<sub>2</sub> in het aardgas zit. Deze technologie is ook al jaren in gebruik bij de secundaire oliewinning.

De IPCC heeft over de technische en veiligheidsaspecten van CO<sub>2</sub>-afvang, transport en opslag een rapport geschreven dat vaststelt dat CO<sub>2</sub>-opslag onder de zee bodem veilig en betrouwbaar is.

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs\\_summaryforpolicymakers-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_summaryforpolicymakers-1.pdf)

CO<sub>2</sub>-afvang is energie-intensief en zal bij elektriciteitscentrales naar schatting 20 - 25% van de elektriciteitsproductie verbruiken. Deze 'prijs' kan echter betaald worden als we onze bestaande kolencentrales ook gaan inzetten in plaats van ze te willen sluit in 2030. Zolang elektriciteit niet kan worden opgeslagen zal er een back-up regelbaar vermogen moeten zijn (fossiel) dat ongeveer net zo groot is als alle huidige kolen- en gascentrales samen.

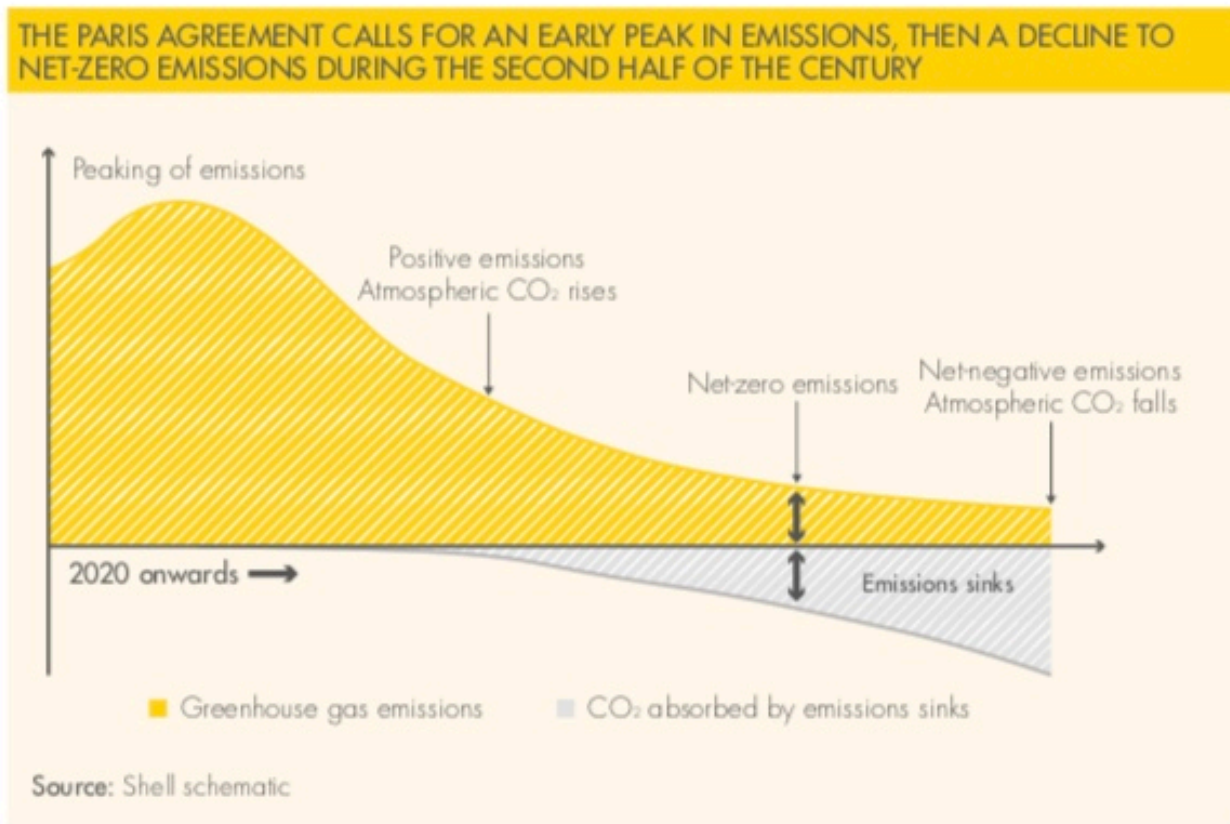
Volgens de Shell scenario's waar ik al eerder aan refereerde wordt het, voor de mondiale balans, de komende decennia steeds belangrijker om CO<sub>2</sub>-emissie opslagmogelijkheden te hebben om te compenseren voor het gebruik van fossiele brandstoffen in ontwikkelingslanden. De ontwikkelde landen kunnen CO<sub>2</sub>-opslag toepassen zonder grote inbreuk op hun welvaartsniveau en zijn m.i. moreel verplicht deze bijdrage te leveren; immers klimaatproblemen zijn mondiaal en grotendeels veroorzaakt door de ontwikkelde landen.

Ook McKinsey ziet CO<sub>2</sub>-afvang en hergebruik of opslag als een van de noodzakelijke technologieën om de klimaatproblematiek langjarig en structureel aan te pakken. Zie b.v. onderstaande link voor een analyse van de situatie in de VS

[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Driving%20CO<sub>2</sub>%20emissions%20to%20zero%20and%20beyond%20with%20carbon%2](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Driving%20CO2%20emissions%20to%20zero%20and%20beyond%20with%20carbon%2)



[0capture%20use%20and%20storage/Driving-CO2-emissions-to-zero-and-beyond-with-carbon-capture-use-and-storage.pdf](#)



*schematische opbouw van de behoefte aan CO<sub>2</sub>-opslag*

## 6. Kunnen we niet beter inzetten op kernenergie?

Hier verwijs ik eerst naar paragraaf 2 en de belangrijke maar beperkte rol die kernenergie speelt in de diverse Shell scenario's. Echter slechts als de gehele samenleving geëlektrificeerd zou kunnen worden en alle fossiele brandstoffen uitgebannen worden kunnen we de 'geen CO<sub>2</sub>-emissie' doelstelling voor 2050 en later halen met grootschalige inzet van kernenergie.

In Nederland is de huidige bijdrage van kernenergie vanuit Borsele voldoende voor ~1% van de energiebehoefte. De EPZ heeft voorgesteld twee nieuwe kerncentrales te bouwen met ieder een capaciteit van drie keer Borsele (dus ~ 1500 MW). De geschatte kosten bedragen ~10 miljard Euro per centrale en deze centrales kunnen in 2035 draaien als alles soepel loopt. In dit scenario wordt het aandeel van kernenergie in de Nederlandse mix uitgebreid van 1% tot 4%.

Het grootschalig uitbouwen van de bijdrage van kernenergie in de Nederlandse energiemix is, hoe je ook over de wenselijkheid daarvan denkt, vooral een kwestie van timing. Tot 2030 is het praktisch ondenkbaar en we moeten nu iets doen. Laten we met CO<sub>2</sub>-opslag de "brand blussen" en dan de gewonnen tijd gebruiken om te kijken welke alternatieven verder nog ontwikkeld kunnen worden.