

# **Wetenswaardigheden kernenergie en het broeikaseffect**

## **Herman Damveld, 4 november 2024**

### **Inleiding**

We lezen vaak dat er bij kernenergie geen uitstoot is van het broeikasgas CO<sub>2</sub>. Dit is echter onjuist. Het klopt dat bij de elektriciteitsproductie in de kerncentrale zelf geen CO<sub>2</sub> vrijkomt. Maar er is wel CO<sub>2</sub>-uitstoot bij kernenergie: onder meer door de bouw van een kerncentrale, de winning van de brandstof uranium en de ontmanteling van de kerncentrale. Dit heet de indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot en die is bij kernenergie zo'n tien keer hoger dan bij windenergie.

### **Inhoudsopgave**

- 1. Kernenergie en klimaat**
- 2. Thema al 48 jaar oud**
- 3. De CO<sub>2</sub>-reis van het uranium voor Borssele**
- 4. Is kernenergie duurzaam?**
- 5. Klimaatpanel IPCC ondergeschikt aan nucleaire IAEA**
- 6. Lage CO<sub>2</sub>-uitstoot kernenergie doorgelicht**
- 7. Huidige CO<sub>2</sub>-uitstoot kernenergie**
- 8. Toekomstige CO<sub>2</sub>-uitstoot kernenergie**
- 9. Conclusie**

### **1. Kernenergie en klimaat**

Kernenergie wordt regelmatig genoemd in verband met klimaatverandering. Enkele voorbeelden. Rob Jetten, de vorige minister voor Klimaat en Energie en lijsttrekker van D66, wil kerncentrales “om klimaatverandering een halt toe te roepen.”<sup>1</sup> De VVD pleit volgens het verkiezingsprogramma voor “tenminste vier grote kerncentrales en de bouw van meerdere kleine kerncentrales met als doel te “zorgen voor een elektriciteitssector zonder CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2035.”<sup>2</sup> Op 7 juli 2023 noemde de eigenaar van de kerncentrale Borssele, de Elektriciteits Produktiemaatschappij Zuid-Nederland (EPZ), “kernenergie een klimaatneutrale oplossing.”<sup>3</sup> Het is van belang onderscheid te maken tussen de directe en de indirecte uitstoot van broeikasgassen. Onder de directe uitstoot verstaan we de gassen die vrijkomen bij de verbranding zelf. Bij de indirecte uitstoot gaat het om de fossiele energie die nodig is voor de bouw van een centrale of een windmolen, voor het transport, etc.

Neem als voorbeeld kernenergie. Bij de verbranding van uranium in de kerncentrale komt geen CO<sub>2</sub> vrij, maar wel bij de winning en bewerking van uraniumerts, bij de bouw van de kerncentrale, het transport van kernbrandstof, de afbraak van de centrale, enzovoort. Bij al deze werkzaamheden zijn machines nodig die benzine of diesel gebruiken en zo CO<sub>2</sub>-uitstoot veroorzaken. De indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot is bij kernenergie zo'n tien keer hoger is dan bij windenergie.<sup>4 5 6 7 8 9 10 11 12</sup>

Is de levenslange CO<sub>2</sub>-uitstoot laag genoeg om kernenergie ‘klimaatneutraal’ te kunnen noemen?

### **2. Thema al 48 jaar oud**

De discussie over kernenergie en het broeikaseffect is niet nieuw. Het was een van de onderwerpen in het boek ‘Uraan of kolen: een kernbeslissing’ van de Stichting Maatschappij en Onderneming uit 1976.<sup>13</sup> In het tijdschrift ‘Bulletin of the Atomic Scientists’ van februari 1978 stond een analyse van tien pagina's over de opwarming van de aarde.<sup>14</sup> Vanaf de jaren tachtig, zoals bijvoorbeeld tijdens de Brede Maatschappelijke Discussie over het

energiebeleid, tot het jaar 2000 speelde dit thema echter een zeer ondergeschikte rol. De afgelopen 48 jaar ging het met pieken en dalen over kernenergie en het broeikaseffect.

### **3. De CO<sub>2</sub>-reis van het uranium voor Borssele**

Om inzichtelijk te maken dat ook bij kernenergie CO<sub>2</sub> vrijkomt, nemen we de kerncentrale Borssele als voorbeeld. Het uranium voor deze kerncentrale wordt in mijnen in Kazachstan gedolven.<sup>15</sup> Ter plekke wordt in een chemische fabriek het bruikbare deel uranium uit het erts gehaald. Vervolgens gaat het per vrachtwagen naar een haven en per schip naar Frankrijk of Engeland om daar per vrachtwagen naar een fabriek te worden gebracht, waar het gasvormig gemaakt wordt. Met een vrachtwagen, een schip en vervolgens weer een vrachtwagen gaat het naar de verrijkingsfabriek van Urenco in Almelo. Het verrijkt uranium gaat per vrachtwagen naar Frankrijk waar het weer omgezet wordt in een vaste stof, het poedervormige verrijkt uranium.

Dit poeder wordt in Duitsland tot tabletten verwerkt in een splijtstofstavenfabriek. Daarna bereiken de splijtstofstaven per vrachtwagen of trein de kerncentrale Borssele.

Als de splijtstofstaven uitgewerkt zijn, worden ze per trein of vrachtwagen naar een opwerkingsfabriek in Frankrijk vervoerd. Een opwerkingsfabriek is een chemische fabriek, waar het in de kerncentrale ontstane plutonium en het niet gebruikte uranium uit de brandstofelementen worden gehaald. De restproducten van de opwerking zijn radioactief afval, zoals het hoogradioactieve, warmteafgevend en giftige kernsplijtingsafval. Alle stoffen die vrijkomen bij de opwerking - inclusief plutonium en uranium - zijn eigendom van de kerncentrale en worden - uitgezonderd plutonium en uranium - per trein of vrachtwagen teruggestuurd voor bovengrondse opslag bij de COVRA, dicht bij de kerncentrale Borssele. Uiteindelijk zal al het radioactieve afval ook nog vervoerd moeten worden naar een definitieve berging in zout of klei.<sup>16 17</sup> Tot zover dit voorbeeld.

Voor alle kerncentrales geldt dat bij genoemde werkzaamheden en transporten machines en motoren nodig zijn die benzine of diesel gebruiken en zo CO<sub>2</sub>-uitstoot veroorzaken, net als bij de bouw en het bedrijf van een kerncentrale. In tabel 1 staan de resultaten van de berekeningen.

### **4. Is kernenergie duurzaam?**

Kernenergie wordt duurzaam genoemd, omdat men veronderstelt dat het broeikasgas CO<sub>2</sub> niet of nauwelijks vrijkomt bij kernenergie. Zo stelde de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) op 7 september 2022: “Over de klimaatimpact van kernenergie bestaat in de wetenschap brede overeenstemming: er is sprake van slechts beperkte CO<sub>2</sub>-uitstoot, ook wanneer we kijken naar de gehele levenscyclus van een kernreactor. Qua CO<sub>2</sub>-uitstoot is kernenergie vergelijkbaar met windenergie. Vergeleken met zonne-energie presteert kernenergie beter.”<sup>18</sup>

De Raad baseert deze conclusie, die we hier bestrijden, op rapporten van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en van de Europese Economische Commissie van de Verenigde Naties (UNECE).<sup>19 20</sup> Andere rapporten komen er niet in voor, terwijl die er wel zijn. Deze laatstgenoemde rapporten hebben we gebruikt in dit artikel en voor het samenstellen van tabel 1.

### **5. Klimaatpanel IPCC ondergeschikt aan nucleaire IAEA**

Het IPCC valt onder de Verenigde Naties (VN), net als het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA). Volgens een overeenkomst van 28 mei 1959 is het IAEA, dat de bevordering van kernenergie als doel heeft, maatgevend. Andere VN-organisaties moeten zich daaraan conformeren en mogen daarom geen andere visie op kernenergie hebben dan die van het IAEA.<sup>21</sup>

## 6. Lage CO<sub>2</sub>-uitstoot kernenergie doorgelicht

De studies over de CO<sub>2</sub>-uitstoot noemen voor fossiele brandstoffen allemaal vrijwel hetzelfde getal. Bij kernenergie zijn er grote verschillen. Vanwege de grote complexiteit van de kernenergiecyclus is het lastig om heel nauwkeurig de werkelijke CO<sub>2</sub>-uitstoot van kernenergie uit te rekenen. Het resultaat is ongeveer als volgt.

In een tabel bij het in 2014 verschenen klimaatrapport van de Verenigde Naties (IPCC) werd een uitstoot van CO<sub>2</sub> genoemd van bijna 4 tot 110 gram CO<sub>2</sub> per kilowattuur (kWh), met als gemiddelde 12 gram CO<sub>2</sub> per kWh.<sup>22 23</sup> Dit gemiddelde wordt sindsdien vaak genoemd.

Voor de onderbouwing werd verwezen naar studies van Lenzen en van Warner en Heath.<sup>24</sup> Lenzen concludeerde dat het ging om gemiddeld 65 gram CO<sub>2</sub> per kWh.<sup>25</sup> Warner en Heath noemden 12-110 gram CO<sub>2</sub> per kWh.<sup>26</sup>

In een artikel in *The Ecologist* wordt de conclusie van Warner en Heath tot in de details nader onderzocht.<sup>27 28</sup> Waarom de conclusie dat 12 gram CO<sub>2</sub> per kWh juist zou zijn, wordt volgens de auteurs van dit artikel niet navolgbaar uiteengezet. Daar komt nog bij dat Warner en Heath zelf wezen op de onvolledigheid van rapporten waarvan ze voor hun studie gebruik maakten.

## 7. Huidige CO<sub>2</sub>-uitstoot kernenergie

Wel nauwkeurig en navolgbaar beargumenteerd zijn andere studies. In rapporten van onder meer de energie-analist Jan Willem Storm van Leeuwen, die in juni 2020 en juli 2023 verschenen zijn, berekende hij 139-190 gram CO<sub>2</sub> per kilowattuur (kWh).<sup>29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40</sup> Op 2 juni 2023 noemde Mark Z. Jacobson, Professor of Civil and Environmental Engineering en directeur van het Atmosphere/Energy Program van de Stanford University, 78-178 gram CO<sub>2</sub> per kilowattuur.<sup>41</sup>

## 8. Toekomstige CO<sub>2</sub>-uitstoot kernenergie

Op dit ogenblik worden uraniumertsen gewonnen met gemiddeld zo'n 0,1% uranium: in 1000 kilo gesteente zit een kilo uranium. Er is echter slechts een beperkte hoeveelheid erts met een gehalte van 0,1% uranium. Wanneer - bijvoorbeeld vanwege het broeikas effect - meer kerncentrales gebouwd worden, zal men over tien tot vijftien jaar moeten overgaan op erts met een lager gehalte aan uranium. Dan moet veel meer gesteente afgegraven en verwerkt worden voor eenzelfde hoeveelheid uranium. Daardoor stijgt de indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot. Bij een ertsgehalte van 0,02% is de indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot door een kerncentrale 300 gram CO<sub>2</sub> per kWh. Bij nog armere erts van 0,01% is een kerncentrale verantwoordelijk voor meer CO<sub>2</sub>-emissie dan wanneer dezelfde hoeveelheid elektriciteit verkregen zou zijn door aardgas direct te verbranden.<sup>42 43 44</sup> Met behulp van onder meer deze studies is tabel 1 samengesteld.

**Tabel 1**

**Totale (directe en indirecte) CO<sub>2</sub>-uitstoot in gram per kilowattuur**<sup>45 46 47 48 49 50 51 52 53 54</sup>

Brandstof	Uitstoot
Aardgas	490
Aardgas met afvang CO <sub>2</sub>	78
Olie	740
Steenkool	820
Steenkool met afvang CO <sub>2</sub>	110
Uranium ertsgehalte 0,1%	78-190
Uranium ertsgehalte 0,02%	300
Zon	15-55
Wind	10-12

## 9. Conclusie

Door diverse onderzoekers en politici wordt ervan uitgegaan dat kernenergie niet alleen veilig genoeg is, maar ook als klimaatneutrale (aanzienlijke) energiebron kan dienen voor de toekomst van Nederland. Deze opvatting berust op een te smalle kennisbasis en een zekere mate van politiek wensdenken. Bovenstaand overzicht laat zien dat er wel degelijk een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-uitstoot is. De stelling dat kernenergie een klimaatneutrale oplossing zou zijn, is dan ook onjuist.

- 
- <sup>1</sup> <https://d66.nl/nieuws/nieuwe-energie-voor-nederland/>, 2 september 2023.
- <sup>2</sup> <https://www.vvd.nl/wp-content/uploads/2023/09/Verkiezingsprogramma-VVD-2023-2027.pdf>, 1 september 2023.
- <sup>3</sup> <https://www.epz.nl/actueel/100-positieve-energie/>, 7 juli 2023.
- <sup>4</sup> [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf).
- <sup>5</sup> <http://www.nature.com/articles/s41560-017-0032-9>; <https://www.pv-magazine.de/2017/12/11/indirekte-photovoltaik-emissionen-kein-hindernis-fuer-dekarbonisierung/>, 12 december 2017.
- <sup>6</sup> <http://www.dont-nuke-the-climate.org/> Jan Willem Storm van Leeuwen, Climate change and nuclear power. An analysis of nuclear greenhouse gas emissions. Commissioned by the World Information Service on Energy (WISE) Amsterdam 24 oktober 2017.
- <sup>7</sup> [http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc\\_ML-LCE%26Emissions.pdf](http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc_ML-LCE%26Emissions.pdf), 8 april 2008.
- <sup>8</sup> <https://jaspervis.wordpress.com/2019/03/03/hoeveel-co2-kost-al-dat-staal-van-een-windmolen-eigenlijk-2019-update/>, 3 maart 2019.
- <sup>9</sup> <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/NuclearVsWWS.pdf>, 15 juni 2019.
- <sup>10</sup> Jan Willem Storm van Leeuwen, Nuclear Monitor #886, June 8, 2020; CO<sub>2</sub> emissions of nuclear power: the whole picture; <http://nuclearfreenw.org/climate.htm>.
- <sup>11</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521002330?via%3Dihub>, Energy Policy, Volume 155, August 2021, 112363 Nuclear energy - The solution to climate change?
- <sup>12</sup> <https://www.tno.nl/whitepaper-duurzaamheid-zonne-energie>, december 2021.
- <sup>13</sup> [https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.1.50/03\\_uraan-of-kolen-een-kernbeslissing](https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.1.50/03_uraan-of-kolen-een-kernbeslissing), 1976.
- <sup>14</sup> <https://thebulletin.org/2014/04/the-bulletins-authoritative-climate-change-coverage-from-1978>, 2 april 2014.
- <sup>15</sup> <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-30000-42.html>, 1 november 2006.
- <sup>16</sup> [https://www.wisenederland.nl/sites/default/files/images/WISE\\_klimaat-energie-rapport\\_A4%20definitief\\_0.pdf](https://www.wisenederland.nl/sites/default/files/images/WISE_klimaat-energie-rapport_A4%20definitief_0.pdf), 9 november 2018.
- <sup>17</sup> <https://wisenederland.nl/wp-content/uploads/2020/05/Fact-sheet-Kerncentrale-Borssele.pdf>, mei 2020.
- <sup>18</sup> <https://www.rli.nl/publicaties/2022/advies/splijtstof?advies=samenvatting>, pagina 46, 7 september 2022.
- <sup>19</sup> <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>, 2014.
- <sup>20</sup> <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>, november 2021.
- <sup>21</sup> <https://www.globalresearch.ca/the-health-risks-of-nuclear-radiation-toxic-link-the-who-and-the-iaea/13767>, 28 mei 2009.
- <sup>22</sup> [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf), Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser, 2014: Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- <sup>23</sup> Het gaat hier om de zogeheten mediaan. Dat is het middelste getal als je de getallen op volgorde van klein naar groot zet ([https://nl.wikipedia.org/wiki/Mediaan\\_\(statistiek\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Mediaan_(statistiek))). Waarom de mediaan gebruikt wordt en niet het rekenkundig gemiddelde, wordt niet uitgelegd.
- <sup>24</sup> [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-ii.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-ii.pdf).
- <sup>25</sup> [http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc\\_ML-LCE%26Emissions.pdf](http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc_ML-LCE%26Emissions.pdf), 8 april 2008.
- <sup>26</sup> <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1530-9290.2012.00472.x>, 17 april 2012.
- <sup>27</sup> <https://theecologist.org/2015/feb/05/false-solution-nuclear-power-not-low-carbon>, Keith Barnham, 5 februari 2015.
- <sup>28</sup> Technische toelichting. In hun rapport gaat het om 99 berekeningen in 274 artikelen, die volgens Warner en Heath onafhankelijk van elkaar zouden zijn. Dat is echter niet juist, vele artikelen zijn niet onafhankelijk van elkaar. Daarom gaat het om 27 artikelen in plaats van 274. En slechts in acht artikelen zijn alle stappen van de brandstofcyclus meegenomen.

---

In twee gevallen met de laagste CO<sub>2</sub>-berekening voor kernenergie, is de spreiding van de uitkomsten het kleinst. Verschillende andere berekeningen die Warner en Heath aanhalen, komen uit op een soms aanzienlijk hogere CO<sub>2</sub>-uitstoot, zoals in het artikel in The Ecologist tot in de details wordt geanalyseerd.

<sup>29</sup> Jan Willem Storm van Leeuwen, Nuclear Monitor #886, June 8, 2020

CO<sub>2</sub> emissions of nuclear power: the whole picture; in: <http://nuclearfreenw.org/climate.htm>;

<sup>30</sup> Jan Willem Storm van Leeuwen, Energy from Uranium, Oxford Research Group, juli 2006,

[http://www.oxfordresearchgroup.org.uk/publications/briefing\\_papers/energy\\_security\\_and\\_uranium\\_reserves\\_secure\\_energy\\_factsheet\\_4](http://www.oxfordresearchgroup.org.uk/publications/briefing_papers/energy_security_and_uranium_reserves_secure_energy_factsheet_4).

<sup>31</sup> <http://www.peopleplanetprofit.be/beelden/oko-instituut.pdf>, maart 2007.

<sup>32</sup> <https://www.dont-nuke-the-climate.org/>: Jan Willem Storm van Leeuwen, Climate change and nuclear power. An analysis of nuclear greenhouse gas emissions, 24 oktober 2017;

<https://www.laka.org/nieuws/2018/kernenergie-niet-co2-vrij-10068>.

<sup>33</sup> <http://www.nature.com/articles/s41560-017-0032-9>; <https://www.pv-magazine.de/2017/12/11/indirekte-photovoltaik-emissionen-kein-hindernis-fuer-dekarbonisierung/>, 12 december 2017.

<sup>34</sup> [http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc\\_ML-LCE%26Emissions.pdf](http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc_ML-LCE%26Emissions.pdf), 8 april 2008.

<sup>35</sup> <https://jaspervis.wordpress.com/2019/03/03/hoeveel-co2-kost-al-dat-staal-van-een-windmolen-eigenlijk-2019-update/>, 3 maart 2019.

<sup>36</sup> <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/NuclearVsWWS.pdf>, 15 juni 2019.

<sup>37</sup> <https://www.leonardodicaprio.org/the-7-reasons-why-nuclear-energy-is-not-the-answer-to-solve-climate-change/>, 20 juni 2020.

<sup>38</sup> Jan Willem Storm van Leeuwen, Nuclear Monitor #886, June 8, 2020

CO<sub>2</sub> emissions of nuclear power: the whole picture; in: <http://nuclearfreenw.org/climate.htm>;

<sup>39</sup> <https://www.stormsmith.nl/nuclearco2.html>.

<sup>40</sup> <https://www.annales.org/re/2023/re111/2023-07-09.pdf>, 9 juli 2023.

<sup>41</sup> <https://www.samuellawrencefoundation.org/post/first-friday-series-june-2nd-2023>, 2 juni 2023.

<sup>42</sup> Jan Willem Storm van Leeuwen, Energy from Uranium, Oxford Research Group, juli 2006,

[http://www.oxfordresearchgroup.org.uk/publications/briefing\\_papers/energy\\_security\\_and\\_uranium\\_reserves\\_secure\\_energy\\_factsheet\\_4](http://www.oxfordresearchgroup.org.uk/publications/briefing_papers/energy_security_and_uranium_reserves_secure_energy_factsheet_4).

<sup>43</sup> <http://www.peopleplanetprofit.be/beelden/oko-instituut.pdf>, maart 2007.

<sup>44</sup> Jan Willem Storm van Leeuwen, Nuclear Monitor #886, June 8, 2020

CO<sub>2</sub> emissions of nuclear power: the whole picture; in: <http://nuclearfreenw.org/climate.htm>;

<sup>45</sup> [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf).

<sup>46</sup> <http://www.nature.com/articles/s41560-017-0032-9>; <https://www.pv-magazine.de/2017/12/11/indirekte-photovoltaik-emissionen-kein-hindernis-fuer-dekarbonisierung/>, 12 december 2017.

<sup>47</sup> <http://www.dont-nuke-the-climate.org/> Jan Willem Storm van Leeuwen, Climate change and nuclear power. An analysis of nuclear greenhouse gas emissions. Commissioned by the World Information Service on Energy (WISE) Amsterdam 24 oktober 2017.

<sup>48</sup> [http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc\\_ML-LCE%26Emissions.pdf](http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc_ML-LCE%26Emissions.pdf), 8 april 2008.

<sup>49</sup> <https://jaspervis.wordpress.com/2019/03/03/hoeveel-co2-kost-al-dat-staal-van-een-windmolen-eigenlijk-2019-update/>, 3 maart 2019.

<sup>50</sup> <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/NuclearVsWWS.pdf>, 15 juni 2019.

<sup>51</sup> Jan Willem Storm van Leeuwen, Nuclear Monitor #886, June 8, 2020; CO<sub>2</sub> emissions of nuclear power: the whole picture; <http://nuclearfreenw.org/climate.htm>.

<sup>52</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521002330?via%3Dihub>, Energy Policy, Volume 155, August 2021, 112363 Nuclear energy - The solution to climate change?

<sup>53</sup> <https://www.tno.nl/whitepaper-duurzaamheid-zonne-energie>, december 2021.

<sup>54</sup> <https://www.annales.org/re/2023/re111/2023-07-09.pdf>, 9 juli 2023.