

Kernenergie op thorium in plaats van aardgas en windenergie?

Herman Damveld

Met enige regelmaat komt er een pleidooi om over te stappen op kerncentrales die draaien op thorium in plaats van uranium.^{1 2 3} Steeds vaker sluiten tegenstanders van windenergie zich hierbij aan en noemen thoriumcentrales ook dé oplossing voor aardbevingen door de gaswinning.^{4 5} Ze beweren dat deze vorm van kernenergie goedkope elektriciteit levert, al op korte termijn beschikbaar komt, dat thorium overvloedig aanwezig is, weinig kernaafval veroorzaakt, CO₂-vrij is en niet geschikt voor de aanmaak van kernwapens.

We zullen hier laten zien dat deze beweringen niet juist zijn of stoelen op verwachtingen. Overigens, als de beweringen over thoriumreactoren wel zouden kloppen, waarom zijn die reactoren dan niet allang massaal gebouwd?

Wat is thorium?

De stof thorium zelf is niet splijtbaar, maar kan via het invangen van zogeheten langzame neutronen omgezet worden in een vorm van uranium die wel splijtbaar is en in 160.000 jaar de helft van de radioactiviteit verliest: uranium-233.⁶ Die neutronen komen van verrijkt uranium. Om de omzetting van thorium in splijtbaar uranium in gang te zetten heeft men uranium nodig. Deze omzetting gebeurt in een paar technisch ingewikkelde stappen. Thorium heet daarom een kweekmateriaal en is niet de splijtstof zelf: dat is uranium. We kunnen daarom net zo goed spreken van een uraniumkerncentrale.

Om uranium-233 te maken is een speciale installatie nodig. De energie-analist Jan Willem Storm van Leeuwen laat in een studie van mei 2016 zien dat een dergelijke installatie nu niet bestaat of gepland is.⁷

Thoriumcentrales goedkoop?

De afgelopen vijftig jaar is in verschillende landen onderzoek geweest naar kerncentrales op basis van thorium en zijn verschillende proefcentrales een aantal jaren in bedrijf geweest.^{8 9}

Door de sterke gammastraling is dit uranium moeilijk te hanteren. Dat was een belangrijke reden voor het stopzetten van deze proefcentrales.¹⁰ In 1980 stelde het Internationaal Atoom

1

http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2664/Nieuws/article/detail/3373762/2013/01/08/Azie-werkt-aan-energie wonder van-thorium_dhtml, 8 januari 2013.

2 <http://www.baaz.nl/content/groene-stroom-door-koude-oorlog-technologie>, 22 december 2016.

3

<http://www.tudelft.nl/en/current/latest-news/article/detail/thoriumreactor-schonere-veiligere-en-duurzame-kernen-ergie-in-zicht/>, 1 april 2016.

4

<http://overijssel.vvd.nl/nieuws/14615/ir-theo-wolters-kritisch-op-kostbaar-symboolbeleid-maak-nou-eerst-eens-h-et-sommetje>, 19 mei 2016.

5 <http://groenekernenergie.nl/>; <http://groenekernenergie.nl/gronings-aardgas/>.

6

<https://noah.dk/wp-content/uploads/2016/05/J.W.-Storm-van-Leeuwen-Thorium-for-fission-power-May-2016.pdf>, mei 2016.

7

<https://noah.dk/wp-content/uploads/2016/05/J.W.-Storm-van-Leeuwen-Thorium-for-fission-power-May-2016.pdf>, mei 2016, p 5.

8 <http://www.laka.org/info/publicaties/2008-thorium.pdf>.

9 <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7301-uranium-2016.pdf>, november 2016, p 41.

10 „These technical developments were halted in the 1970s, apparently due to various problems. One of these problems is the presence of uranium-232, a strong gamma-emitter, which makes U-233 difficult to handle.“ Zie:

Energie Agentschap (IAEA) dat kort na het jaar 2000 een thoriumcentrale op de markt te koop zou zijn.¹¹ Dat is echter niet het geval. Nog steeds is veel onderzoek en ontwikkeling nodig en het is onduidelijk of en zo ja wanneer een thoriumcentrale te koop is, terwijl ook vraagtekens gezet kunnen worden bij de veiligheid van thoriumreactoren.^{12 13 14 15}

Het meest genoemde type thoriumreactor heet ook wel een Molten Salt Reactor (MSR) of gesmolten-zoutreactor. Dat is een reactor met een blok grafiet, waar kanalen in zitten waar het gesmolten zout doorheen gaat. Het gesmolten zout is het koelmiddel. De splijtstof uranium-233 is in het vloeibare zout opgelost. De kernsplijting geeft warmte die via tussenstappen wordt omgezet in elektriciteit.

De thoriumreactor mag dan voortborduren op eerder werk, de onderzoeksopgave is nog enorm. Er is vooral veel onduidelijkheid over de levensduur van de materialen die in de reactor gebruikt moeten worden. De chemie van gesmolten zout moet beter bestudeerd worden. Nikkel is een van de materialen die hoge ogen gooit voor het leidingenwerk in de reactor. Dit materiaal is onderhevig aan een hoge temperatuur. Het zout is 700 graden Celsius, dat is de helft van de smelttemperatuur van nikkel en daar komt het continue bombardement van radioactieve deeltjes op nikkel nog bij.^{16 17}

Professor Wim Turkenburg, die veel optreedt in media-programma's, stelde in juli 2015 over deze reactor: "Aan de ontwikkeling van de MSR is in de jaren zestig van de vorige eeuw al gewerkt. Om diverse redenen is men daarmee gestopt. Een van die redenen was de complexiteit van de technologie die bij de gesmolten-zoutreactor wordt toegepast. Werken met een vloeibaar zout waarin splijtstof is opgelost die overal netjes over de vloeistof verdeeld moet zitten, is niet makkelijk. Bovendien is werken met een vloeibaar zout dat zeer heet en uiterst radioactief is, technologisch gezien geen pretje. Er zijn daarom veel vraagstukken waarvoor oplossingen gevonden moeten worden, bijvoorbeeld op het gebied van materiaalgebruik, corrosie, verontreiniging van het zout en verwijdering van de splijtingsproducten uit het circulerende zout."¹⁸

Kortom, de bewering dat een thoriumcentrale goedkope elektriciteit levert is geen feit maar een verwachting.

Thoriumcentrales snel te koop?

Minister Kamp van Economische Zaken schreef op 12 juni 2014 aan de Tweede Kamer dat er "tot op heden geen infrastructuur is voor het op grote schaal produceren van thorium als brandstof. Er is al vele jaren ervaring met de hele cyclus voor het gebruik van uraniumsplijtstof, van mijnbouw tot afvalverwerking. Bij een overstap naar thorium zou deze

<https://noah.dk/wp-content/uploads/2016/05/J.W.-Storm-van-Leeuwen-Thorium-for-fission-power-May-2016.pdf>, mei 2016, p 4.

¹¹ International Nuclear Fuel Cycle Evaluation, Working Group 8: Advanced Fuel Cycle and Reactor Concepts, Wenen, 1980, p. 38, <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull222/22204883033.pdf>.

¹² <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Thorium/>, 16 november 2013.

¹³ <http://www.pressenza.com/2014/03/thorium-solve-nuclear-weapons-problem/>, Thorium does not solve nuclear weapons problem, 4 maart 2014.

¹⁴ <http://www.inl.gov/technicalpublications/Documents/4480296.pdf>, september 2009. (The INL is a U.S. Department of Energy National Laboratory operated by Battelle Energy Alliance): "the choice between uranium-based fuel and thorium-based fuels is seen basically as one of preference, with no fundamental difference in addressing the nuclear power issues."

¹⁵ http://www.ucsusa.org/assets/documents/nuclear_power/thorium-reactors-statement.pdf.

¹⁶

<http://www.tudelft.nl/en/current/latest-news/article/detail/thoriumreactor-schonere-veiligere-en-duurzame-kernen-ergie-in-zicht/>, 1 april 2016.

¹⁷ <http://delta.tudelft.nl/artikel/de-toekomst-van-kernenergie/29846>, 27 april 2015.

¹⁸ <http://www.fluxenergie.nl/niet-doen/>, 2 juli 2015.

cyclus anders moeten worden ingericht. Zo komt er bij het opwerken (het chemisch scheiden van de nog bruikbare splijtstof van het radioactieve afval) meer straling vrij dan bij de cyclus voor uraniumsplijtstof. Gezien deze nadelen acht ik het onwaarschijnlijk dat thorium op korte termijn ingezet kan worden voor energieproductie.”¹⁹ Op 13 juli 2015 voegde deze minister in een brief aan de Tweede Kamer daar nog een nadeel aan toe, namelijk “het feit dat thorium alleen zinvol gebruikt kan worden in combinatie met verrijkt uranium.” Toch is hij voor onderzoek en hij noemde in dat verband het SAMOFAR-project (Safety Assessment of the Molten Salt Fast Reactor) dat tot doel heeft “om een theoretische reactor te ontwikkelen als opmaat naar een demonstratiereactor, waarin de veiligheidsaspecten goed worden onderzocht. De Technische Universiteit Delft is coördinator van dit project en werkt daarbij samen met tien andere kennisinstellingen en industriële partijen uit Frankrijk, Italië, Duitsland, Zwitserland en Mexico. De Hoge Flux Reactor in Petten zal in dit project worden benut voor het uitvoeren van stralingsexperimenten.”²⁰ Prof. Jan Leen Kloosterman is de coördinator van dit project.²¹ Volgens hem duurt het 20 jaar voordat een commerciële MSR beschikbaar komt als we er vanaf nu fors in investeren.²² Het kost “vele honderden miljoenen (...) om ook maar één thoriumcentrale te bouwen vanaf het punt waar men nu is in de ontwikkeling.”²³ Op 9 oktober 2015 concludeerde minister Kamp in de Nationale Energieverkenning 2015: “Benodigde ontwikkelingstijd thoriumreactoren maakt grootschalige toepassing daarvan in 2050 onwaarschijnlijk.”²⁴

Thorium overvloedig?

Het Nuclear Energy Agency (NEA) bracht in november 2016 de plannen met thorium in kaart. Zeldzame aardmetalen, niobium, tantalum en uranium bevatten vaak ook thorium. Daarom was thorium tot nu toe een bijproduct bij de winning van genoemde stoffen. Er zijn geen mijnen waar alleen thorium wordt gewonnen. De geringe vraag maakte dat er lange tijd geen noodzaak was om onderzoek te doen naar de voorraad thorium. Dat gebeurde pas vanaf het jaar 2011 met als conclusie dat de wereldwijde voorraad thorium 6,2 miljoen ton bedraagt, inclusief de onontdekte maar wel mogelijke voorraden.²⁵ Dat is minder dan de door het NEA geïdentificeerde voorraad uranium van 7,7 miljoen ton. De bewering dat de voorraad thorium drie tot vijf keer die van uranium is, wordt niet onderbouwd. Hoelang gaat de voorraad thorium mee? Dat wordt bepaald door de hoeveelheid thorium die een kerncentrale gebruikt en het aantal centrales dat op thorium draait. De gegevens daarover zijn niet eenduidig. Volgens sommige bronnen gebruikt een

¹⁹ 33 930 XIII, Jaarverslag en slotwet Ministerie van Economische Zaken 2013, Nr. 6 Lijst van vragen en antwoorden, Vastgesteld 12 juni 2014, <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-342362.pdf>.

²⁰ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-34000-XIII-153.pdf>.

²¹

<http://www.tudelft.nl/en/current/latest-news/article/detail/thoriumreactor-schonere-veiligere-en-duurzame-kernen-ergie-in-zicht/>, 1 april 2016.

²² <http://www.janleenkloosterman.nl/>, zie tweede film op zijn site, interview met de Belgische tv.

²³ http://www.janleenkloosterman.nl/intermediair_20110603.php: “Het berekenen en optimaliseren van de temperatuur, druk, dichtheid van materialen; het zuiveren van de brandstof”, zegt Kloosterman. ‘Kortom, alle fysische en chemische aspecten die we in de vingers moeten krijgen. Zo zal zelfs gestudeerd moeten worden op de samenstelling van de wanden van de vaten en leidingen die de uiterst agressieve fluorzouten moeten bevatten. En die dat tientallen jaren aaneen moeten doen, want doordat de brandstof in een MSR vloeibaar is, hoeft je het splijttingsproces niet stil te leggen om afgewerkte brandstof te ontladen en nieuwe brandstof aan te voeren.”

²⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2015/10/09/nationale-energieverkenning-2015>, 9 oktober 2015.

²⁵ <https://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2016/7301-uranium-2016.pdf>, november 2016, p 39.

thoriumcentrale van 1000 Megawatt (MW) jaarlijks 1 ton thorium.²⁶ Begin 2016 hadden alle centrales ter wereld een gezamenlijk elektrisch vermogen van 6.353.000 MW en ze waren goed voor 37,4% van het totale energiegebruik.²⁷ Om alle centrales ter wereld op thorium zouden draaien zou vorig jaar 6.353 ton thorium nodig zijn geweest.

Andere bronnen gaan uit van uranium-233. We kunnen dan uitrekenen dat jaarlijks 2510 ton uranium-233 nodig zou zijn voor alle elektriciteitscentrales ter wereld.²⁸ De aanname daarbij is dat 1 ton thorium gelijk staat aan 1 ton uranium-233. Zo begrijpen we de uitspraak van Kloosterman: “In een MSR wordt bijna al het uranium verspleten. We hebben jaarlijks 2500 ton thorium nodig om alle elektriciteit te produceren die wereldwijd wordt gebruikt.”²⁹

Jan Willem Storm van Leeuwen toont aan dat de visie van Kloosterman uitgaat van een ideale situatie, waarbij alles voor 100% perfect werkt, alle uranium wordt verspleten etc.. Dat is volgens de Tweede Hoofdwet van de Thermodynamica onmogelijk.³⁰ Wat het thoriumgebruik in de praktijk zal zijn en hoelang de voorraad meegaat, zal nog moeten blijken.

Overigens stelt het NEA dat bij de huidige marktomstandigheden de winning van thorium economisch niet levensvatbaar is.³¹

Thorium weinig kernafval?

De vaak gehoorde mening dat bij thoriumreactoren de hoeveelheid kernafval te verwaarlozen zou zijn, blijkt niet te kloppen. Het bedrijf Transatomic Power Corporation heeft in juli 2016 technische informatie verstrekt over het ontwerp van de geplande thoriumreactor TAP molten salt reactor (MSR). Daaruit volgt dat er 53% minder radioactief afval is dan bij de bestaande kerncentrales.³² Kloosterman stelt hierover: “In een thoriumreactor ontstaan dezelfde splijtingsproducten als bij de bestaande kerncentrales. In een MSR met thorium ontstaat echter maar heel weinig plutonium.” Hij legt uit dat tijdens het bedrijf van de reactor de splijtingsproducten uit het zout worden gehaald: “Er vinden dus geen transporten plaats van opgebrande splijstofelementen naar een opwerkingsfabriek. De afgescheiden splijtingsproducten zullen op locatie worden ingekapseld in glas.”³³

²⁶ Zie bijvoorbeeld <http://www.2112design.com/blog/lfr/>.

²⁷ <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS-1-36Web-28008110.pdf>, 2016 edition.

²⁸ 1 ton uranium-233 geeft 8,7 Terawattuur (Terawattuur staat voor een 1 met 12 nullen); bron: <http://energyfromthorium.com/2009/08/08/save-the-uranium-233/>. Het elektriciteitsgebruik in 2015 was wereldwijd 21.856 Terawattuur; bron:

<http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS-1-36Web-28008110.pdf>, 2016 edition. Om deze elektriciteit op te wekken met uranium-233 zou dan 21.856 gedeeld door 8,7 ton uranium-233 nodig zijn geweest, dat is 2510 ton uranium-233.

²⁹

<http://www.tudelft.nl/en/current/latest-news/article/detail/thoriumreactor-schonere-veiligere-en-duurzame-kernen-ergie-in-zicht/>, 1 april 2016.

³⁰

<https://noah.dk/wp-content/uploads/2016/05/J.W.-Storm-van-Leeuwen-Thorium-for-fission-power-May-2016.pdf>, mei 2016, p 7.

³¹ <https://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2016/7301-uranium-2016.pdf>, november 2016, p 43.

³² <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Molten-salt-reactor-neutronics-data-released-0807167.html>, 8 juli 2016.

³³ Email Prof. Jan Leen Kloosterman aan Herman Damveld, vrijdag 20-5-2016 17:19; volledig citaat: “In een thoriumreactor ontstaan dezelfde splijtingsproducten als bij de bestaande kerncentrales. In een MSR met thorium ontstaat echter maar heel weinig plutonium en hogere actiniden, omdat dit uitgaande van u-233 veel meer neutronvangst reacties zou vergen dan uitgaande van U-238 zoals in gewone splijstof (...) De splijtingsproducten worden uit het zout gehaald tijdens reactorbedrijf. Er vinden dus geen transporten plaats van opgebrande splijstofelementen naar een opwerkingsfabriek. De afgescheiden splijtingsproducten zullen op locatie worden ingekapseld in glas”.

De vooronderstelling hierbij is dat alle langlevende radioactieve stoffen zoals uranium en plutonium in de MSR blijven circuleren in het gesmolten zout totdat ze geheel verspleten zijn. Kloosterman: “Alleen de afgescheiden splijtingsproducten worden verglaasd. Deze hebben een levensduur van 300 jaar, afgemeten aan de radiotoxiciteit van de splijtingsproducten.”³⁴ Kortom, behalve een MSR moet er naast de reactor een fabriek voor de verglazing van radioactief afval gebouwd worden. Tot nu toe zijn er uitsluitend grootschalige verglazingsfabrieken bij opwerkingsinstallaties in Frankrijk en Engeland. Of kleinschalige verglazingsfabrieken technisch mogelijk en economisch levensvatbaar zijn, zal nog moeten blijken.

Of het lukt om 100% van alle langlevende stoffen te versplijten is niet aangetoond. Ervaringen bij bestaande kerninstallaties tonen aan dat 100% niet gerealiseerd wordt. Als dat bij een thoriumcentrale ook niet lukt, blijven er radioactieve stoffen over die vele tienduizenden jaren een risico opleveren. De stelling dat thorium kernafval geeft dat 300 jaar (dus tot het jaar 2317) gevaarlijk blijft is derhalve een aanname en geen bewezen feit.

Met thorium bestaand kernafval opbranden?

Voorstanders van thorium beweren dat het bestaande kernafval in een MRS opgebrand kan worden.³⁵ De gebruikte brandstof van bijvoorbeeld de kerncentrale Borssele gaat volgens de contracten naar de opwerkingsfabriek in La Hague in Frankrijk. Het hoogradioactieve afval dat langdurig gevaarlijk is wordt daar ingesmolten in glas. Daardoor is het niet meer geschikt voor welke behandeling dan ook en kan het niet opgebrand worden in een thoriumcentrale.³⁶

Thorium CO₂-vrij?

Kernenergie via thorium draagt ook bij aan het broeikaseffect. Het gaat dan om CO₂ dat vrijkomt bij de winning en bewerking van thoriumerts, 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 CO₂-uitstoot veroorzaken. Dit heet de indirecte CO₂-uitstoot. In die zin is geen enkele vorm van energieopwekking CO₂-vrij.³⁷

Ons zijn geen berekeningen bekend over de omvang van de indirecte CO₂-uitstoot van een MSR.

Thorium niet geschikt voor kernwapens?

Om een kernbom te maken is ongeveer evenveel uranium-233 nodig als wanneer plutonium wordt gebruikt.³⁸ Tussen 1955 en 1968 zijn er verschillende kernproeven geweest met uranium-233. In 1998 hield India een kernproef met een geringe hoeveelheid uranium-233.³⁹

³⁴ Email Prof. Jan Leen Kloosterman aan Herman Damveld, vrijdag 20-5-2016 17:19.

³⁵ <http://groenekernenergie.nl/tien-vragen-over-thorium/>.

³⁶ <http://www.co2ntramine.nl/kernafval-en-kernenergie-20-argumenten/>, 16 december 2016, paragraaf 9.

³⁷ <http://www.co2ntramine.nl/kernafval-en-kernenergie-20-argumenten/>, 16 december 2016, paragraaf 14.

³⁸ <http://www.americanscientist.org/issues/pub/2010/5/a-thorium-future>, september 2010.

³⁹

<https://noah.dk/wp-content/uploads/2016/05/J.W.-Storm-van-Leeuwen-Thorium-for-fission-power-May-2016.pdf>, mei 2016, p 4.