

Thorium – een goed idee?

Derde en Vierde generatie kernreactoren

Er wordt vaak gesproken over thorium en de vierde generatie kernreactoren. Allereerst: hoe zit het met de vier generaties?

- **Eerste generatie:** de allereerste commerciële kernreactoren vallen onder deze categorie; ze zijn nu uit dienst.
- **Tweede generatie:** Er zijn wereldwijd zo'n 440 commerciële kerncentrales in bedrijf. Hiervan is 95% van de tweede generatie. Ze zijn gebouwd in de jaren '70 en '80 van de vorige eeuw voor een bedrijfsduur van 30 jaar. Dit is bij vrijwel alle centrales opgerekt naar in elk geval 40 jaar, soms langer. Het merendeel van dit type kernreactoren is nu in bedrijf.
- **Derde generatie:** de reactoren van de derde generatie zijn een doorontwikkeling van de tweede generatie kernreactoren. Ze zijn vanaf eind jaren 90 in gebruik genomen en worden in een aantal gevallen ook nu nog gebouwd. De European Pressurized Reactor (EPR) is een voorbeeld van een generatie 3 plus-reactor; er is een 'core-catcher' toegevoegd die er in het geval van een kernsmelting voor moet zorgen dat er minder radioactieve stoffen naar buiten kunnen ontsnappen.
- **Vierde generatie:** er wordt nu onderzoek gedaan naar een aantal nieuwe technieken, waaronder ook de gesmolten-zout-reactor (oftewel thoriumreactor). Dit nieuwe type kernreactor moet een aantal problemen oplossen waarmee de nu gebruikte kerncentrales kampen. Het is zeer de vraag of ze de claims rond bijvoorbeeld veiligheid, kernafval en proliferatie-bestendigheid waar gaan maken.¹

Inherente veiligheid

Tot een jaar of tien geleden pretendeerde de nucleaire industrie nog te gaan komen met een 'inherent veilige reactor' – een ontwerp waarin het niet mis KAN gaan. Die pretentie hebben ze laten varen, het werd duidelijk dat het fysisch onmogelijk is om een reactor te ontwerpen waarvan met 100% zekerheid kan worden gesteld dat "er geen ongeluk met gevolgen buiten het reactorgebouw" kan plaatsvinden. PR-technisch was deze constatering een ramp; er moest erkend worden dat kernenergie niet 100% veilig kan zijn.

¹ Meer info over vierde generatie kernreactoren: <https://wisenederland.nl/generatie-iv-reactoren>

Thorium als oplossing voor het klimaatprobleem

De thoriumreactor bestaat nog niet. Twee van de bekendste Nederlandse experts op het gebied van kernenergie, Wim Turkenburg (emeritus hoogleraar Natuurwetenschap & Samenleving) en Jan Leen Kloosterman (professor voor nucleaire reactorfysica aan de TU Delft en tevens uitgesproken voorstander van de thoriumtechnologie) zijn het er over eens dat een commerciële thoriumreactor er pas over tientallen jaren kan zijn. Tientallen jaren dus, zelfs als we nu in Europees verband alle zeilen bijzetten en volop investeren om deze technologie uit de grond te stampen.² De thorium-technologie staat nog in de kinderschoenen; er moet nog heel veel onderzoek worden gedaan. Wim Turkenburg: *“De ontwikkeling van diverse typen Generatie IV reactoren [daaronder valt de thorium reactor, red.] naar een commercieel product waarvoor door overheden een bouwvergunning wordt afgegeven, kan nog wel een jaar of veertig vergen. We zitten dan voorbij 2050 en het klimaatvraagstuk moet dan al zijn opgelost. Je kunt je dus de vraag stellen of deze nieuwe technologie niet te laat komt.”* Jan Leen Kloosterman: *“Alle voordelen van thorium ten spijt zal het nog wel tientallen jaren duren vooraleer de lifter [een type thoriumreactor, red.] de uraniumcentrale zal hebben vervangen. Er gaan vele honderden miljoenen mee heen om ook maar één thoriumcentrale te bouwen vanaf het punt waar men nu is in de ontwikkeling. Veel van dat geld zal gaan zitten in al het theoretische voorwerk dat gedaan moet worden. Het berekenen en optimaliseren van de temperatuur, druk, dichtheid van materialen; het zuiveren van de brandstof. Kortom, alle fysische en chemische aspecten die we in de vingers moeten krijgen.”*

Thoriumreactor in Nederland?

Nieuwe kernenergie maakt geen onderdeel uit van het huidige Nederlandse regeringsbeleid. Ed Nijpels, VVD'er en oud-milieuminister, in 2018 voorzitter van het klimaatberaad (coördinerend overlegorgaan om tot een nationaal Klimaatakkoord te komen) verwoordt zijn ideeën over thorium in een gesprek met de Tweede Kamer: *“Als we het hebben over thorium, hebben we het over de vijfde generatie kerncentrales; we zijn nu bij derde/vierde generatie. Heel veel vragen en problemen die opgelost moeten worden, maar als die vijfde generatie er al komt: als die inherent veilig zijn, als het afvalprobleem dan opgelost is, wat zijn dan de kosten? Alle experts zeggen: kernenergie wordt zo kostbaar dat het nooit de slag kan winnen met duurzame energie. Maar stel dat dat allemaal positief is (‘even een sprookje’) en dat de kosten ‘door miraculeus ingrijpen van de hemel’ even hoog of even laag zijn als duurzame energie, dan heb je nog het tijdsaspect: dan duurt het 25 of 35 jaar ontwikkelingsfase, afhankelijk van de wetenschapper die je daarover spreekt. Daarmee kan het niet ingezet worden voor Parijs. Dat is een tamelijk consistent verhaal. Als het al zou komen komt het in ieder geval te laat.”*³

Zo vervalt het hele ‘klimaat’-argument: als je iets tegen klimaatverandering wilt doen dan zal dat heel snel moeten, en niet pas over tientallen jaren. Bovendien zal het nog vele tientallen miljarden euro's kosten om een thoriumcyclus en -infrastructuur op te bouwen. Als we de klimaatverandering willen stoppen kunnen we dat geld toch echt beter onmiddellijk besteden aan werkelijk schone en eindeloze bronnen uit bewezen technologieën als zon en wind.

Verder is het kortzichtig om de context van de discussie te beperken tot CO₂ en klimaat. Het gaat wat WISE betreft over duurzaamheid in een veel bredere zin. Ook al zou je met

² Wim Turkenburg (www.fluxenergie.nl/niet-doen/). Jan Leen Kloosterman heeft het over 20 jaar in de tweede video op www.janleenkloosterman.nl/

³ Ed Nijpels, video, vanaf 1:11:00, <https://debatgemist.tweedekamer.nl/debatten/voorzitter-klimaatberaad-over-beoogd-proces-en-organisatie-klimaatakkoord-vervolg-van-11>

thoriumcentrales het klimaatprobleem deels oplossen, je creëert wel een aantal andere milieu-problemen, waarover later meer.

Technofix

Futuroloog Adjiej Bakas geeft lezingen in binnen- en buitenland waarin hij voor honderden mensen het thorium-sprookje verkondigt.⁴ Hij zegt in feite dat we niets hoeven te doen. De thoriumreactor gaat alle problemen oplossen. Volgens Reint Jan Renes, lector Crossmediale Communicatie in het Publieke Domein aan de Hogeschool Utrecht, zijn de uitspraken van Bakas ronduit schadelijk: *“Onderzoek van de Universiteit van Amsterdam toont aan dat te optimistische verwachtingen over technologische vooruitgang een negatieve invloed hebben op klimaatvriendelijk gedrag, terwijl gezonde twijfel juist motiveert. Het laatste waar we dus op zitten te wachten zijn sprookjes over onbewezen technologieën.”*⁵

De technologie

Molten Salt Reactor (MSR) is de verzamelnaam van alle typen reactoren waarin de brandstof (of -stoffen) is (zijn) opgelost in zout, chloor- of fluorzouten. De Liquid Fluor Thorium Reactor (LFTR; spreek uit: ‘lifter’) is een specifiek type van deze reactorsoort, namelijk die welke thorium als brandstof heeft.

Hij werkt als volgt:

In een reactorvat wordt in een grafietblok met koelkanalen een mengsel gebracht van vloeibaar thoriumfluoride (Th-232) opgelost in fluorzouten, die ook als koelvloeistof dienen. De temperatuur in het vat is desondanks hoog, wat de boel goed vloeibaar houdt. Er wordt om te beginnen ook een beetje uranium (U-235) bijgemengd, want thorium is op zichzelf niet splijtbaar; de reactie moet op gang worden gebracht met uranium. Kort door de bocht: het U-235 schiet een neutron af op het Th-232, dat daardoor Th-233 wordt, wat snel vervalt tot protactinium-233, wat verder vervalt tot U-233. Die stof is splijtbaar en valt uiteen, waarbij energie vrijkomt alsmede een neutron, dat weer Th-233 aanmaakt uit de aanwezige Th-232, waardoor de reactie in principe eindeloos doorgaat, zolang productie en consumptie van U-233 maar in evenwicht blijven.⁶

Wim Turkenburg geeft commentaar op de MSR-technologie: *“Aan de ontwikkeling van de MSR is in de jaren zestig van de vorige eeuw al gewerkt. Om diverse redenen is men daarmee gestopt. Eén van die redenen was de complexiteit van de technologie die bij de gesmolten zout reactor wordt toegepast. Werken met een vloeibaar zout waarin splijtstof is opgelost dat 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.”*⁷

4 <https://www.youtube.com/watch?v=samgQkSCab8&feature=youtu.be>

5 Rein Jan Renes in Communicatie Magazine NR. 01/02

6 Kloosterman, refererend naar stuk van Chris Pangers, Intermediair, http://www.janleenkloosterman.nl/intermediar_20110603.php

7 <https://www.fluxenergie.nl/niet-doen/>

Oak Ridge National Laboratory

In de jaren 60 draaide aan het 'Oak Ridge National Laboratory' in de VS vier jaar lang een wetenschappelijk experiment waarin stroom werd geproduceerd met een gesmolten-zout-reactor (ook wel 'molten salt reactor, MSR) waarin inderdaad thorium werd gebruikt. Uranium en plutonium waren onmisbaar om de kettingreactie op gang te brengen.⁸ Van een commerciële toepassing was geen sprake. Het experiment kreeg geen vervolg, onder andere omdat een ander type kernreactor, de lichtwaterreactor die uranium als brandstof gebruikte, al breed toegepast werd en gold als de 'winnende' technologie.

In het Duitse Hamm draaide vanaf 1985 tot 1988 de 'thoriumreactor' THTR-300. Maar bij nader inzien was ook deze reactor de facto een uraniumreactor. Uranium (U-235) was nodig om de reactor te laten functioneren. Thorium zorgde er voor minder dan 25% van de energieopwekking.⁹

Reactorveiligheid

MSR-thoriumreactoren zitten heel anders in elkaar dan de huidige uraniumreactoren en zijn - aldus de voorstanders van deze techniek - veel veiliger. In een MSR wordt de splijtstof niet als vaste stof verwerkt, maar opgelost in een gesmolten fluoridezout. Dat gesmolten zout wordt tegelijkertijd als koelstof en als splijtstof gebruikt. Het blijft op hoge temperaturen stabiel en controleerbaar. De voorstanders claimen dat 'het op hol slaan van de reactor in een thoriumcentrale' onmogelijk is. Een 'meltdown' zou uitgesloten zijn: het splijtbaar materiaal is immers al gesmolten. En als de temperatuur te hoog oploopt, zet de vloeistof uit, waardoor er minder van in het reactorvat overblijft en de radioactieve kettingreactie afneemt. Ook als de stroom uitvalt stroomt het zout vanzelf in opslagreservoirs onder de reactor, waar het kan afkoelen.¹⁰

Op papier lijkt de thoriumtechnologie hier voordelen te hebben ten opzichte van de huidige kernreactoren die uranium als basis voor de brandstof gebruiken. Toch blijft ook de thoriumreactor gevaarlijk: er wordt gewerkt met hoogradioactieve stoffen, lekkages blijven mogelijk.

Een nadelig aspect dat door de voorstanders van de thoriumtechnologie meestal niet wordt genoemd betreft het voortraject dat nodig is om de benodigde brandstof voor een thoriumreactor te verkrijgen. Thorium is namelijk geen splijtstof en moet eerst in splijtbaar uranium (U-233) worden getransformeerd. Hiervoor zijn snelle kweekreactoren en opwerkingsfabrieken nodig, allebei zeer problematische technologieën die om uiteenlopende redenen internationaal in een slecht daglicht zijn komen te staan.¹¹

Kernwapens

Met de kennis en materialen uit de 'civiele' nucleaire industrie (kerncentrales) kun je ook kernwapens maken. Dat is ook één van de redenen waarom er in de jaren '50 voor gekozen

8 https://en.wikipedia.org/wiki/Molten-Salt_Reactor_Experiment

9 Hoofdstuk historie is grotendeels gebaseerd op Dr Rainer Moorman, 'Thorium – a better fuel for nuclear technology?' <https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/858/thorium-%E2%80%92-better-fuel-nuclear-technology>

10 http://www.janleenkloosterman.nl/intermediair_20110603.php

11 Dr Rainer Moorman, 'Thorium – a better fuel for nuclear technology?'

<https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/858/thorium-%E2%80%92-better-fuel-nuclear-technology>
Lees meer hierover in het hoofdstuk 'Opwerken' op pagina 41.

is om kerncentrales met een uraniumcyclus te gaan bouwen: men wilde juist kernwapens produceren! Voorstanders van de thoriumtechnologie beweren dat er met thorium als grondstof geen kernwapens kunnen worden gemaakt. Dat is niet waar. Met een paar chemische trucs haal je er zó de vulling voor een kernbom uit, stellen 5 fysici in een commentaar in het wetenschappelijke magazine Nature.¹² Ze zetten zelfs een handleiding op internet waarin wordt uitgelegd hoe je een kernbom gebaseerd op de thoriumtechnologie kunt maken.¹³

Waarschuwingen komen ook van Dr. Rainer Moormann, een Duitse expert voor reactorveiligheid: *“Het proliferatieaspect weegt zwaar. Hier (met de thorium technologie, red.) ontstaat een ingrijpende verslechtering van de actuele situatie omdat de barrières om effectieve nucleaire explosieven te bouwen heel significant omlaag gaan.”*¹⁴

Gevaarlijke verspreiding van de technologie

Als één van de voordelen van de thoriumreactor wordt vaak ook genoemd dat de benodigde installatie veel kleiner kan zijn dan bij een traditionele kerncentrale. Er wordt gesproken over een thoriumreactor in de vorm van een ‘Small Modular Reactor’ met een vermogen van bijvoorbeeld 10 megawatt (MW).¹⁵ Zo’n kleine kerncentrale zou kleinere investeringen vergen en makkelijker overal ter wereld ingezet kunnen worden. En door de veel kleinere omvang zou de veiligheid automatisch toenemen. Maar dan zijn er dus wel veel meer centrales nodig, op veel meer plekken. En dat leidt tot een grotere kans op proliferatie van kennis en materiaal die ook voor kernwapens geschikt zijn. De huidige beveiliging en regelmatige internationale controle van alle circa 440 kerncentrales in 30 landen vergt al enorme inspanningen. Een nóg grotere verspreiding van de kerntechnologie via vele kleine centrales zou leiden tot een grote toename van het risico dat de technologie in verkeerde handen terecht komt.

Thorium en kernafval

In theorie produceert een thoriumcentrale in vergelijking met uraniumcentrales weinig langlevend radioactief afval. De hoeveelheid langlevende radioactieve isotopen met een levensduur van zo’n 240 000 jaar (de zogenaamde actiniden) zou nog maar een zeer geringe fractie zijn van wat er geproduceerd wordt in de uraniumcyclus. De radioactiviteit van het merendeel van het afval uit de thoriumcyclus zou binnen 300 jaar verminderd zijn tot een zeer laag niveau.

Een thoriumcentrale levert dus nog steeds afval op dat 240.000 jaar gevaarlijk blijft en van mens en milieu volledig afgeschermd opgeslagen moet worden. Het probleem van hoogactief kernafval is niet zozeer het de hoeveelheid, maar de toxiciteit en stralingsintensiteit. Of je nu voor 1 of 500 kilo hoogradioactief materiaal een oplossing moet zoeken is niet zo relevant. Het grote probleem is dat er nog steeds geen definitieve en geaccepteerde methode bestaat om dit gevaarlijke afval voor alle eeuwigheid (of in elk geval voor 240.000 jaar) veilig te bergen.

12 <http://www.nature.com/articles/492031a>

13 <https://www.c2w.nl/nieuws/hoe-je-een-kernwapen-maakt-van-thorium/item14049>

14 Dr Rainer Moorman, Thorium – a better fuel for nuclear technology? <https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/858/thorium-%E2%80%92-better-fuel-nuclear-technology>

15 Ter vergelijking, een nieuwe traditionele kerncentrale heeft meestal een vermogen van rond de 1.000 MW

Beschikbaarheid van Thorium

In promotiefilmpjes voor thorium zie je weleens mannen langs het strand lopen die beweren dat thorium oneindig beschikbaar zou zijn, bijvoorbeeld in het zand waar ze op lopen. En het klopt: in lage concentraties wordt thorium in zand en ook in veel gesteenten aangetroffen. Dat is misschien ook winbaar, maar tegen zeer hoge kosten. De belangrijkste thoriumbronnen voor commerciële winning zijn de mineralen thoriëet, thorianiet en monaziet die tot wel 12% thoriumoxide bevatten. Zowat de helft van de huidige, commercieel winbare wereldreserves van 1,9 miljoen ton aan thorium bevinden zich in India.¹⁶ Ook de Verenigde Staten en Australië bezitten aanzienlijke voorraden thorium in hun ondergrond. Afgezien van het feit dat je niet zomaar zand in een thoriumreactor kunt scheppen lijkt de thoriumlobby hier dus een punt te hebben. De beschikbaarheid van thorium lijkt voorlopig geen probleem te vormen. Het is wel een feit dat er slechts enkele landen zijn waar thorium commercieel gewonnen wordt. Een toekomstige afhankelijkheid van deze landen is dus voorgeprogrammeerd.

Dubieuze voortrekkersrol Delftse onderzoekers

De nucleaire industrie zit met een 'catch-22': wie nu volop pleit voor een volledig nieuwe cyclus gebaseerd op thorium erkent dat de problemen met de huidige (uranium-)cyclus te groot zijn. De eigenaren van de honderden nu werkende kerncentrales, de bouwers van de op uranium gebaseerde centrales, de vele duizenden mensen die hun boterham verdienen met het uit de grond halen van uranium zullen niet gaan pleiten voor een thoriumindustrie. En zo doet de situatie zich voor dat de mensen die geloven in de thoriumcyclus tegenover de mensen die geloven in de uraniumcyclus komen te staan. En zijn eigenlijk alleen de wetenschappers die vooral nieuwe onderzoeksterreinen willen exploreren degenen die pleiten voor thoriumcentrales; dan kunnen ze nog zeker enkele decennia lang uitdagend onderzoek doen.

Op de Technische Universiteit Delft is een groep wetenschappers rond Jan Leen Kloosterman actief met onderzoek naar de thoriumcyclus. In 2015 heeft de TU Delft 2 miljoen euro aan Europese subsidie ontvangen voor onderzoek gericht op de veiligheidsanalyses van gesmolten-zout-reactoren. Het onderzoek valt onder het SAMOFAR-project (Safety Assessment of the Molten Salt Fast Reactor).¹⁷ Dit vierjarige Europese project valt wederom onder het Horizon 2020 Euratom-programma en heeft tot doel 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.

Wim Turkenburg: *“Alles overziende is de vraag op zijn plaats of het verstandig is dat (...) Nederland, via de TU-Delft, een voortrekkersfunctie wil spelen bij de ontwikkeling van de gesmolten zout reactor voor het winnen van energie uit thorium.”*¹⁸

¹⁶ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Thorium>

¹⁷ <http://samofar.eu/>

¹⁸ <https://www.fluxenergie.nl/niet-doen/>