

Tokamak kernreactor in aanbouw. Beeld CCFE
Energiewinning

Het gestage karwei om de belofte van kernfusie waar te maken

Altijd betrouwbaar, geen afval. Al generaties wordt er gedroomd van kernfusie als de ultieme energiebron. Maar de praktijk blijkt weerbarstig.

Jean-Paul Keulen 5 januari 2024

Elke energiebron kampt met zijn eigen problemen. Bij het verbranden van kolen, aardgas en olie komt koolstofdioxide vrij. De zon schijnt alleen overdag, de wind waait niet altijd. En hoewel de kernenergie de afgelopen jaren een stuk salonfähig

is geworden, blijven zorgen om radioactief afval en de kans op een meltdown à la Tsjernobyl of Fukushima de kop op steken.

Ontvang elke week een overzicht van onze wetenschapsverhalen.

Maar al sinds halverwege de vorige eeuw werken onderzoekers toe naar een alternatief dat die nadelen niet heeft: kernfusie. Daarbij wek je geen energie op door zware atomen zoals uranium te splijten, maar door lichte atomen zoals waterstof aan elkaar te plakken. Kernrampen zijn dan onmogelijk en onderdelen die bestraald raken, zijn na zo'n honderd jaar hun radioactiviteit alweer kwijt.

Een idee van Reagan en Gorbatsjov

Tijd om werk te maken van kerncentrales die draaien om het fuseren in plaats van het splijten van atomen dus, besloten de Amerikaanse president Ronald Reagan en Sovjet-partijleider Michail Gorbatsjov in 1985. Dat vormde het startschot voor de internationale, experimentele fusiereactor Iter, die momenteel wordt gebouwd in Zuid-Frankrijk.

In datzelfde jaar 1985 begon de Nederlandse natuurkundige Tony Donné zich met fusie bezig te houden. Gedurende de daaropvolgende decennia klom hij op tot hoofd van Eurofusion, de organisatie die weliswaar niet verantwoordelijk is voor de bouw van Iter, maar wel het Europese fusieonderzoek coördineert en het geld verdeelt.

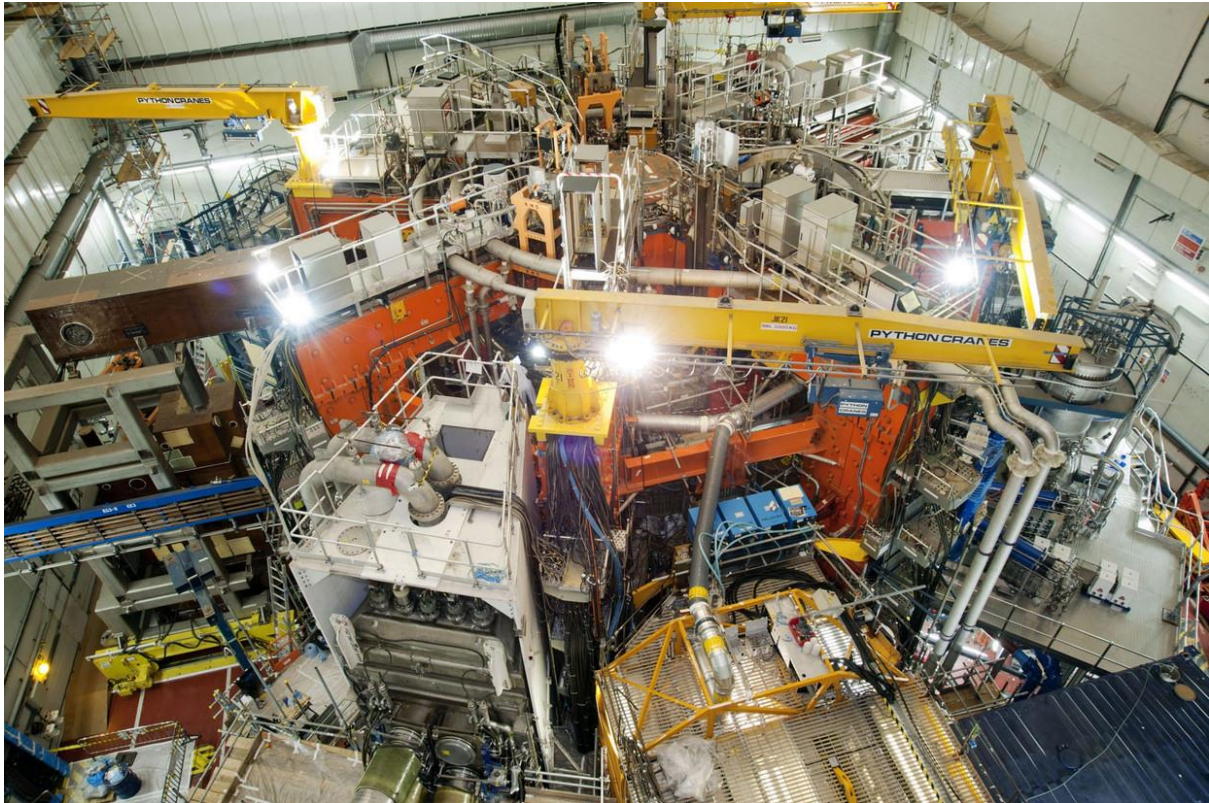
Afgelopen december vond zijn afscheidssymposium plaats aan het energie-instituut Differ op de campus van de TU Eindhoven, in het bijzijn van zijn opvolger, de Zwitser Ambrogio Fasoli. Een mooie gelegenheid om met beide wetenschappers van

gedachten te wisselen over de energiebron waar ze hun carrières aan hebben gewijd. Wat zijn de grootste te nemen hordes? Wanneer gaan we eindelijk stroom opwekken met fusie? En hoeveel?

Voor zowel Donné als Fasoli was Iter altijd h t grote fusieproject op de achtergrond. Gebouwd door de VS, Rusland, China, Japan, Zuid-Korea, India en de Europese Unie, moet Iter voor een geschatte prijs van zo'n 20 miljard euro de grootste fusiereactor tot nu toe worden. Een ambitieus project dat decennialang werd geplaagd door vertragingen en kostenoverschrijdingen. Hoe kijken ze daar nu tegenaan?

“Een mooi moment was toen alle betrokken partijen het Iter-verdrag eindelijk hadden ondertekend, in 2006”, zegt Donné. “Maar je komt er in de loop der jaren ook wel achter dat de politieke kant van zo'n project leidt tot compromissen die problemen opleveren.”

Zo werden belangrijke onderdelen voor de reactor niet door een van de betrokken partijen gebouwd. In plaats daarvan bouwde elke partij een stukje. Aan de ene kant heel begrijpelijk, zegt Donné. “Na Iter wil elke partij in staat zijn om een eigen reactor te bouwen. Dus willen ze allemaal betrokken zijn bij elk aspect.” Maar ja: dan moet je in Frankrijk dus wel aan de slag met onderdelen die zijn geproduceerd in alle hoeken van de wereld. En die sluiten vaak een stuk minder goed op elkaar aan dan onderdelen uit  en en dezelfde fabriek.



Beeld CCFE

Een van de meest complexe apparaten die de mensheid ooit heeft bedacht

Toch leek de bouw eind jaren 2010 op stoom te komen. Technici ter plekke leken ervan overtuigd dat de reactor in 2025 van start kon gaan. Inmiddels is duidelijk dat ook die deadline niet wordt gehaald. Wanneer Iter dan wel met zijn eerste experimenten kan beginnen? Waarschijnlijk wordt het nieuwe streefjaar dit voorjaar bekendgemaakt, zeggen Fasoli en Donné. Maar feit is dus dat de reactor waar Gorbatsjov en Reagan midden in de Koude Oorlog al van droomden n g wat langer op zich zal laten wachten.

Waar ligt dat aan? “We zijn een van de meest complexe apparaten in elkaar aan het zetten die de mensheid ooit heeft bedacht”, zegt Fasoli. “Als je tien miljoen onderdelen moet samenvoegen, waarvan de meeste state of the art zijn, is dat een

extreem ingewikkelde exercitie. En dan loop je aan het eind van het bouwproces aan tegen allerlei problemen die je niet had kunnen voorzien.”

“Ook speelde covid een rol”, vult Donné aan. “Door de pandemie konden we geen mensen naar fabrieken verspreid over de wereld sturen voor inspecties. Daardoor werden er onderdelen afgeleverd die niet aan de specificaties voldeden. Die moeten nu dus worden teruggenomen en aangepast. En dat kost tijd.”



Tony Donné en Ambrogio Fasoli.
Beeld Eurofusion

Stompzinnig touwtrekken

En hoe gaan Iter en Eurofusion ervoor zorgen dat de meest recente vertragingen er niet voor zorgen dat fusie als praktische energiebron nog verder de toekomst in schuift? Onder andere door sneller van start te gaan met echt relevante experimenten, vertelt Donné. “Het oorspronkelijke plan was om in 2025 een ‘politiek plasma’ in de reactor te hebben: een heel kortstondig plasma om te laten zien dat de machine werkt, om daarna een nieuwe bouwphase in te gaan. De huidige Iter-directeur wil van start gaan met een plasma waar je daadwerkelijk experimenten mee kunt doen.”

Daarnaast wordt de volgende stap naar voren gehaald: het werk aan de opvolgers van Iter. Dat zijn de zogenoemde Demo-reactoren, die in tegenstelling tot Iter daadwerkelijk elektriciteit aan het net gaan leveren en waarvan de meeste Iter-partijen, waaronder Europa, een eigen variant gaan bouwen. “We moeten Demo zo snel mogelijk van start laten gaan”, zegt Fasoli. “Daarbij zijn de lessen die we van Iter kunnen leren essentieel. Maar we hoeven niet te wachten totdat alle Iter-experimenten voltooid zijn voordat we met Demo beginnen.”

Als voorbeeld noemt Fasoli d  grote mijlpaal die Iter moet gaan vestigen: kernfusiereacties die tien keer zoveel energie produceren als de reactor gebruikt. “Hebben we de informatie die dat oplevert echt nodig om Demo te kunnen ontwerpen?”, zegt Fasoli. “Het antwoord op die vraag is nee, als we bereid zijn wat risico’s te nemen – en dat zullen we hoe dan ook moeten doen.”

De vraag is dan hoe lang Demo op zich gaat laten wachten, met de agressievere aanpak die Fasoli voor ogen heeft. “Wij gaan ervan uit dat er zo’n twintig jaar zit tussen de echte start van het project en het moment waarop de reactor in werking treedt”, zegt het nieuwe Eurofusion-hoofd. En volgens hem zal het ook niet lang meer duren voordat Europa serieus werk gaat maken van haar eigen Demo.

“Van belang is dan wel dat we snel een goede locatie kiezen voor de reactor”, waarschuwt Donné. “Als precies één land als gastheer wil optreden, zou dat fantastisch zijn. Maar misschien zijn er wel vijf landen die interesse hebben. En dan gaat er tijd verloren aan een stompzinnig potje touwtrekken om wie de site krijgt.”

Van principe naar productie

Nu is Demo, zoals de naam al zegt, vooral bedoeld als demonstratiereactor. Een reactor, met andere woorden, die aan de wereld moet laten zien dat het kán: een kerncentrale die lichte atoomkernen fuseert in plaats van zware te splijten. Een grote hoeveelheid op die leest geschoeide energiecentrales is dan weer voor dáárna.

Ook op dat punt hoopt Fasoli de plannings ‘ineen te kunnen schuiven’. Hij wil de industrie nauw betrekken bij het bouwen van Demo, zodat die al kan beginnen met eigen fusiecentrales voordat Demo daadwerkelijk stroom levert. “Dan kunnen die centrales relatief snel daarna al in werking treden; rond 2060.”

Dat wil zeggen: de eerste van die centrales. Een beperkende factor is tritium. Deze vorm van waterstof is een cruciaal

ingrediënt van het beoogde plasma: het gas van geladen deeltjes waarin de fusiereacties plaatsvinden. Wereldwijd is echter maar genoeg tritium beschikbaar om op zijn best een handvol kernfusiecentrales op te kunnen starten. Er zal dus meer tritium moeten worden gemaakt, willen we op termijn wereldwijd grote hoeveelheden kernfusiecentrales laten draaien.

Een kweekdeken voor tritium

Bij kernfusie wek je energie op door atomen samen te smelten van het lichtste en **meest voorkomende element van het heelal**: waterstof. Dat doet vermoeden dat de brandstof voor zo'n reactor in overvloed aanwezig is, maar dat valt tegen.

Er zijn namelijk drie varianten of isotopen van waterstof: 'gewoon' waterstof, het zwaardere deuterium en het nog zwaardere tritium. In de meeste reactorontwerpen vinden de fusiereacties plaats in een plasma – een gas van geladen deeltjes – van deuterium en tritium. Nu is deuterium uit zeewater te winnen, dus daar is goed aan te komen. Maar tritium is een radioactieve stof die **van nature nauwelijks is te vinden op aarde**. Wel ontstaat tritium als afvalproduct bij reguliere kerncentrales, maar dat is te weinig om een grote hoeveelheid fusiecentrales op te laten draaien.

Het alternatief: de binnenwand van een fusiereactor bekleden met **een breeding blanket**, een 'kweekdeken'. Daarin zitten lithiumatomen die, wanneer ze worden getroffen door neutronen die bij de kernfusiereacties vrijkomen, uiteenvallen in helium en tritium. Zo produceert een fusiereactor, als hij eenmaal werkt, zijn eigen tritium.

Fusiewetenschappers hopen dat te gaan doen door de reactorwand te bekleden met een zogenoemde blanket: een materiaal dat, als de fusiereacties eenmaal in gang zijn gezet, zelf tritium aanmaakt. Na zeven jaar zou zo'n blanket genoeg

tritium moeten opleveren om én de centrale zelf te bedruipen, én een nieuwe centrale van een 'tritiumstartkapitaal' te voorzien, vertelt Donné. Zeven jaar daarna hebben dan zowel de oorspronkelijke als de nieuwe centrale genoeg tritium opgewekt voor elk n g een centrale. Enzovoort.

Probleem is dat die tritium-producerende blanket nog moet worden ontwikkeld. "Ik kan zo de kernreacties opschrijven die tritium opleveren en bedenken wat er moet gebeuren om die reacties te laten plaatsvinden", zegt Fasoli. "Maar dat is niet genoeg. De blanket is een van de meest complexe onderdelen van een fusiereactor. En die moeten we nu heel snel gaan ontwikkelen. Want zonder werkende blanket is er geen fusie-economie."

Een prototype in 2030?

En wat is dan de ultieme stip op de horizon, aangenomen dat die blanket er komt en er voor de rest ook geen onoverkomelijke barrières opdoemen? In hoeveel van onze energiebehoefte gaat fusie dan op termijn voorzien? Zowel Donné als Fasoli noemt hier een percentage van 25 tot 30 procent. "Daarnaast blijven we dan wind- en zonne-energie gebruiken", zegt Donné. "Die zijn fantastisch. Je kunt er alleen niet op elk moment een heel land draaiende mee houden."

Voordat we aan die 25 tot 30 procent zitten, zijn we wel in de eerste decennia van de volgende eeuw aanbeland, schat Donné in. Ondertussen zijn er ook allerlei bedrijven die claimen al rond 2030 een werkend prototype van een fusiereactor te hebben. Hoe kijken hij en zijn opvolger daartegenaan?

Donné: “Er is een aantal bedrijven dat gebakken lucht verkoopt, maar er zijn er ook die serieus aan de weg timmeren en enorme budgetten bij elkaar weten te krijgen. Het grootste fusiebedrijf, Commonwealth Fusion Systems, heeft bijvoorbeeld twee miljard dollar opgehaald.” En zulke bedrijven komen soms met indrukwekkende resultaten, zegt Fasoli. “Commonwealth heeft bijvoorbeeld, tegen alle verwachtingen in, in een paar jaar tijd magneetspoelen ontwikkeld die een extreem sterk magneetveld kunnen opwekken. Niemand had verwacht dat ze daarin zouden slagen.”

Toch betwijfelt zowel Donné als Fasoli dat zulke krachttoeren op korte termijn zullen leiden tot een werkende reactor met alles erop en eraan. Die extreem sterke magneten van Commonwealth moeten bijvoorbeeld een compactere reactor mogelijk maken, zegt Donné. “Maar in zo’n kleinere reactor krijgt de wand veel meer neutronen te verstouwen (neutrale deeltjes die ontstaan bij fusiereacties, red.). Die wand zul je dus moeten maken van materialen die nóg meer kunnen hebben dan de materialen die wij moeten gaan ontwikkelen voor Demo. Dus ik geloof nooit dat ze over tien jaar een reactor hebben.”