

Visie op nucleaire innovatie in Nederland
Prof. Dr. Ir. Jan Leen Kloosterman, TU Delft

Momenteel produceren meer dan 400 kerncentrales wereldwijd jaarlijks meer dan 2500 Terawattuur aan koolstofvrije elektriciteit. Dat is 25 keer het Nederlands elektriciteitsverbruik.

De meeste kerncentrales die momenteel in bedrijf zijn, zijn zogenaamde lichtwaterreactoren (LWR). Dit type kerncentrale is oorspronkelijk ontworpen voor de voortstuwing van onderzeeërs, maar is dankzij continue innovatie en de ruime operationele ervaring wereldwijd het veilige en solide werkpaard van de nucleaire industrie en tevens de eerste keus voor nieuwbouw van kerncentrales in Nederland.

We zijn er aan TU Delft echter van overtuigd dat het nog beter kan. De huidige lichtwaterreactoren (LWR) kampen met twee uitdagingen die we kunnen verbeteren:

- 1) Nieuwbouw kerncentrales zijn in de afgelopen jaren steeds groter geworden en vergen steeds meer budget om te kunnen worden gerealiseerd. Dit geeft een hoge toetredingsdrempel voor nieuwe nucleaire industrie.
- 2) De technologie van lichtwaterreactoren (LWR) kan worden verbeterd op hedendaagse waarden als duurzaamheid en circulariteit. De LWR gebruikt slechts 1% van het uranium en de gebruikte splijtstof kan maar ten dele worden gerecycleerd.

Als antwoord op de eerste vraag is de trend naar kleine modulaire reactoren ingezet. Door reactoren kleiner te maken en het ontwerp te standaardiseren, kunnen er meer worden gebouwd, wat voordelen moet opleveren voor de toeleveringsketen, de toezichthouder, de investeerders en de exploitanten. Grote leveranciers maar ook startups wereldwijd ontwerpen kleine modulaire reactoren op basis van LWR-technologie. Deze kunnen na 2030-2035 op grote schaal worden ingezet.

Om de duurzaamheid van kernenergie te verbeteren, kan meer energie uit uranium worden gehaald door de niet-splijtbare uraniumisotoop (uranium-238) om te zetten in plutonium en dat vervolgens te versplijten. Dit kan slechts in beperkte mate in huidige lichtwaterreactoren. Voor een gesloten splijtstofcyclus waarbij uranium maximaal wordt omgezet en het gevormde plutonium in zijn geheel wordt verspleten, hebben we geavanceerde generatie-IV kernreactoren nodig.

De meest innovatieve van deze is de gesmolten zout reactor (MSR). In dit reactortype wordt gebruik gemaakt van een fluoride- of chloridezout met daarin opgelost het uranium en plutonium. Deze splijtstof is vloeibaar wat voordelen moet opleveren voor de recycling en reactorveiligheid. Er is nog veel onderzoek nodig, bijvoorbeeld naar geavanceerde reactorontwerpen, veiligheidsanalyses en -beoordeling en naar de eigenschappen van de vloeibare splijtstof, de constructiematerialen en de interactie

tussen deze twee. Ook het afscheiden van radionucliden uit de vloeibare splijtstof is nog geen gangbare technologie.

De introductie van de MSR kan echter worden versneld door het reactorontwerp modulair op te bouwen. In plaats één grote reactor met een lange levensduur van 60 jaar, zoals bij lichtwaterreactoren, kan een MSR reactorkern worden opgebouwd uit kleinere modules die slechts 5-10 jaar meegaan en regelmatig worden vervangen. Op deze wijze kan de MSR worden toegepast zonder dat de nucleaire veiligheid in het geding komt. Dit is de aanpak van de Nederlandse startup Thorizon. In deze reactor kan het huidige plutonium uit lichtwaterreactoren worden verspleten, maar kan ook uranium worden omgezet in plutonium en vervolgens worden verspleten.

Intussen vindt in Nederland een andere veelbelovende innovatie plaats. Zeer kleine reactoren met een vermogen van slechts enkele tientallen megawatt zouden industrieën en andere grote installaties (data centers, defensie, ...) van stroom en/of warmte kunnen voorzien. Zij kunnen op land bij bedrijven, op pontons in havens, of op schepen voor voortstuwing worden toegepast. De microreactor die voor dit doel door Allseas wordt ontwikkeld is gebaseerd op hoge-temperatuur gasgekoelde reactortechnologie die gebruik maakt van speciale ingekapselde splijtstofkorrels in grafiet. Dat maakt deze reactor voor gebruik op land inherent veilig, terwijl dit voor gebruik op zee nog moet worden aangetoond. Het onderzoek richt zich dan met name op dit aspect, alsmede op het verkleinen van de afvalstroom door hergebruik van het grafiet.

Het is voor TU Delft moeilijk te voorspellen wanneer deze innovaties op de markt kunnen komen, omdat deze termijn naast kennis- technologieontwikkeling ook afhangt van niet-technische factoren als financiering, locatiekeuze, draagvlak en vergunningstraject. Echter nu al werkt de nucleaire innovatie in Nederland als een magneet op studenten. Om kernenergie in Nederland te kunnen realiseren, hebben we veel nieuwe nucleaire experts en ingenieurs nodig. Innovatie trekt studenten aan, die vervolgens weer werken aan nieuwe innovatie. De TU Delft is de enige universiteit in Nederland met een nucleair onderwijs- en R&D-programma en we nemen onze verantwoordelijkheid serieus. We ondersteunen de overheid in haar ambitie om nieuwe kerncentrales te kunnen beoordelen, bouwen en op veilige wijze te exploiteren en we ondersteunen de Nederlandse nucleaire industrie. Met dit doel voor ogen hebben we recent ons nucleaire onderwijsprogramma kunnen uitbreiden met vier nieuwe leerstoelen.

Deze nucleaire innovatie leidt tot een sterke Nederlandse nucleaire industrie die tevens bijdraagt aan de verduurzaming van ons energiesysteem. Dit vergt echter ook grote investeringen van de overheid voor kennisontwikkeling en innovatie bij universiteiten en onderzoeksinstellingen (bijv TU Delft, NRG-PALLAS en DIFFER), en voor de ondersteuning van de Nederlandse industrie bij de ontwikkeling van innovatieve reactoren en de bouw van demonstratiereactoren.