



De BR1, de eerste Belgische reactor, is een luchtgekoelde, grafiëtgemodereerde reactor. Het is een flexibel instrument voor fundamenteel onderzoek, opleiding en vorming. Hij werd voor het eerst kritisch op 11 mei 1956. Kritisch zijn is de toestand van een reactor waarin een zichzelf onderhoudende kettingreactie plaatsvindt. De kritieke toestand is een normale bedrijfstoestand van een reactor in werking.

Na de opstartfase werd de BR1 voornamelijk gebruikt voor onderzoek in reactor- en neutronenfysica. Tot na de opstart van de BR2 in 1964 werden er ook radio-isotopen geproduceerd. De reactor werkte in een continu systeem, 24 op 24 u, 7 dagen op 7. De reactor heeft een thermisch vermogen van 4 MW (4000 kW of 4 000 000 W). Ter vergelijking: een strijkijzer heeft 2500 W.

Vandaag werkt de reactor alleen op aanvraag van de experimentatoren voor maximaal 8 u per dag, aan een maximum vermogen van 700 kW (kortstondige periodes tot 1 MW zijn eveneens mogelijk).

## Waarvoor wordt de reactor gebruikt?

### Neutronenactiveringsanalyse

Eén van de meest precieze technieken om de samenstelling van bepaalde materialen te kennen, is neutronenactiveringsanalyse. Het te onderzoeken materiaal wordt met neutronen bestraald, waardoor alle aanwezige elementen radioactief zijn en gammastralen uitzenden. Door het analyseren van deze gammastralen, die karakteristiek zijn voor ieder scheikundig element, kunnen tegelijk een zestigtal elementen bepaald worden. Zowel het hoofdbestanddeel van het monster als sporenelementen (zeer kleine hoeveelheden, tot 1 deeltje per miljard) kunnen precies bepaald worden. Deze techniek is voor vaste materialen veel gevoeliger dan de meeste chemische analyses. Ze wordt voornamelijk toegepast bij medisch onderzoek, bij procesbewaking in de industrie, in de certificatie van referentiematerialen, in archeologische studies en in forensisch onderzoek. Een belangrijk voordeel van neutronenactiveringsanalyse is dat geen monstervoorbereiding nodig is. Het monster blijft bewaard in zijn oorspronkelijke vorm en kan achteraf, indien nodig, opnieuw gemeten, geanalyseerd of onderworpen worden aan andere onderzoeken.

### Neutrografie

Dit is een beeldvormingstechniek die veel gelijkenis vertoont met X-stralenfotografie: men gebruikt een neutronenbundel in plaats van X-

stralen. Bij neutrografie wordt een voorwerp "doorgelicht" met thermische neutronen.

Doordat sommige stoffen (zoals waterstof) gemakkelijk neutronen absorberen en andere niet of nauwelijks (zoals bijvoorbeeld aluminium), ontstaat net als bij röntgendiagnostiek een beeld waarin verschillende stoffen te onderscheiden zijn. Aangezien neutronen niet ioniserend zijn kunnen ze geen beeld vormen op een fotografische plaat. Men moet deze neutronen eerst converteren naar ioniserende straling. Hierbij wordt veelal gebruikt gemaakt van gadolinium, dat de neutronen heel sterk absorbeert en hierbij bètastraling genereert, waarvoor een fotografische plaat gevoelig is. Het beeld is echter sterk verschillend van een röntgenfoto. Zo zijn kunststoffen (die vrij veel waterstof bevatten) heel goed te onderscheiden omdat ze zwarter kleuren dan verscheidene metalen. Bij röntgenopnamen bepaalt de dichtheid van het materiaal hoeveel straling geabsorbeerd wordt: zwaardere elementen absorberen meer dan lichte elementen.

### Kalibratie en validatie

De instrumenten die gebruikt worden voor de meting van stralingen (neutronen, gamma's, enz.) moeten vooraf gekalibreerd worden in referentie neutronen- of fotonenvelden waarvan de karakteristieken goed gekend zijn. De BR1 reactor levert dergelijke referentievelden die voor deze toepassing worden gebruikt.

Om de stralingskarakteristieken (in een exploitatiereactor, voor medische toepassingen) te bepalen, worden ingewikkelde berekeningen gebruikt die aan de hand van experimentele waarden gevalideerd worden. Hiervoor worden de gekarakteriseerde velden van BR1 gebruikt.

### Opleiding

De reactor wordt ook gebruikt voor opleiding, o.a. voor de studenten van de BNEN cursus. BNEN is het interuniversitaire opleidingsprogramma en staat voor Belgian Nuclear Higher Education Network.

### Toekomst

Het voortbestaan van de reactor is nagenoeg verzekerd omdat er geen budgettaire of veiligheidsproblemen zijn. De uitbatingskosten zijn vrij laag omdat de BR1 reactor nog altijd werkt met de oorspronkelijke splijtstof, waarmee we nog tientallen jaren verder kunnen.

Ook de personeelskosten zijn beperkt. Een uitbatingsploeg bestaat uit 5 personen: de uitbatingsingenieur, een adjunct, een piloot en twee operatoren. Deze staan in voor de uitbating van de reactor op vraag van onze klanten (laden/ontladen van een experiment, opstarten van de reactor, uitvoeren van metingen...). Ze doen ook de periodieke controles en onderhouden de reactor en de bijhorende installaties, opdat de reactor te allen tijde klaar staat voor een veilig gebruik. Het SCK•CEN tracht zijn verschillende interne en externe klanten de hoogst mogelijke flexibiliteit te garanderen, hen stabiele bestralingscondities aan te bieden en hen bij te staan in de ontwikkeling van nieuwe experimentele opstellingen.

## Technische bijzonderheden

### Splijfstof

De splijfstof is natuurlijk uranium in metallische vorm (ongeveer 25 ton). Het uranium is afkomstig uit het voormalige Belgisch Kongo (nu Democratische Republiek Congo) waar de uraniumvoorraden een belangrijke rol hebben gespeeld in de ontwikkeling van de nucleaire sector in België (zie onze Geschiedenisbrochure). Opmerkelijk is het feit dat de brandstof die momenteel in de BR1 zit nog steeds de oorspronkelijke splijfstof is: de versplijtingsgraad (burn-up) is na meer dan 50 jaar werking minder dan 1 % (burn-up = hoeveelheid opgebrand splijtbaar materiaal in vergelijking met de hoeveelheid splijtbaar materiaal van de verse splijfstof)

### Grafiet

De moderator van de reactor is grafiet (koolstof). Een moderator is nodig om energetische splijtingsneutronen (2,5 MeV) af te remmen tot ze nog een thermische energie hebben van 0,02 eV. De kans op kernsplijting is namelijk 600 maal groter via neutronen die een thermische energie hebben. Er zitten 14 500 grafietblokken in de reactor (ongeveer 500 ton). De reactor wordt omgeven door een betonconstructie van 2 m dik.

Die doet voornamelijk dienst als biologische afscherming tegen de straling, wat toelaat om experimenten uit te voeren op en rond de reactor zonder enige dosis op te lopen.

### Kanalen

Er zijn 829 kanalen (afm. 50 x 50 mm) voor splijfstof, waarvan er maar 569 geladen zijn. Naast deze splijfstofkanalen zijn er nog een 70-tal kanalen, bestemd voor experimentele doeleinden, van diverse afmetingen: rechthoekige van 10 x 10 cm, 18 x 18 cm, 24 x 24 cm, en ronde van 8 cm diameter. Voorts heeft de reactor ook 2 thermische zuilen: dit zijn plaatsen waar het grafiet zich verder uitstrekt tot aan het beton en waarin specifieke experimentele opstellingen opgesteld staan.

Om bepaalde monsters te laden of te ontladen tijdens de werking van de reactor, heeft de BR1 ook een aantal pneumatische monsterwisselaars.

### Koeling

De BR1 wordt gekoeld met lucht. Dit gebeurt door een geforceerde convectie met behulp van een ventilator en afvoer van de warme lucht via de schouw.

Vanzelfsprekend zijn er filters geplaatst aan de ingang en aan de uitgang van het koelcircuit om te verhinderen dat er bijvoorbeeld stofdeeltjes in de reactoren zouden komen en om de lozing van radioactief materiaal via de schouw te verhinderen.

### Controle

De controle van de reactor gebeurt met veiligheidsstaven. Dit zijn buizen in een legering van zilver-indium en cadmium in een aluminium huls. Ze worden door elektrische motoren in verticale kanalen bediend. In totaal zijn er 18 dergelijke staven: 6 veiligheidsstaven, 5 paar controlestaven en 2 fijnregelstaven. Deze staven absorberen de neutronen, waardoor er minder beschikbaar zijn voor het verder zetten van de kettingreactie en daardoor, afhankelijk van hun positie, de kettingreactie vertragen of stillleggen.

### Controlezaal

De reactor wordt bestuurd door de piloot. Eenmaal de reactor op vermogen kan hij automatisch gestuurd worden. Dit zorgt ervoor dat het vermogen stabiel kan blijven tot op 0,2 % nauwkeurig. Net zoals de reactor en de splijfstof is een deel van de apparatuur in de controlezaal nog steeds origineel en operationeel. We hebben trouwens nog de nodige wisselstukken. In de loop der jaren zijn er de nodige modernisering uitgevoerd, vooral met betrekking tot de elektronische nucleaire meetketens en de mogelijkheid van data-acquisitie via PC.

### Veiligheid

De veiligheid van de reactor wordt opgevolgd en verzekerd via diverse mechanismen. Zo is er o.a. een snuiversysteem dat de vrijkomende radioactiviteit meet als één van de splijfstofstaven defect is. In de controlezaal volgt men ook constant de temperatuur op van diverse componenten via thermokoppels. De maximum temperatuur voor uranium mag niet hoger liggen dan 250 °C en voor het grafiet 104 °C. Het vermogen dat opgewekt kan worden, is begrensd door middel van alarmniveaus op de nucleaire meetketens. De reactor en het reactorgebouw staan voortdurend in onderdruk d.w.z. dat de druk in het gebouw lager is dan buiten om eventuele radioactieve lekken naar buiten toe te voorkomen. De reactor heeft een negatieve temperatuurcoëfficiënt, dit betekent dat als het vermogen van de reactor stijgt, de reactiviteit zal dalen waardoor, als de piloot niet ingrijpt, het vermogen van de reactor automatisch zal dalen.

### Contact

Anne Verledens  
Informatie-uitwisseling en Media contacten  
[anne.verledens@sckcen.be](mailto:anne.verledens@sckcen.be)  
[www.sckcen.be](http://www.sckcen.be)