

hoogtepunten

2011



SCK • CEN

STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE



“ Met beide voeten in de maatschappij ”

Helemaal in lijn met zijn missie werkt het SCK•CEN rond thema's die belangrijk zijn voor onze maatschappij, nu en in de toekomst: de veiligheid en efficiëntie van nucleaire installaties, de berging van radioactief afval, de bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling, duurzame ontwikkeling ... Zo bouwen we mee aan een leefbare samenleving, voor onszelf en de generaties die na ons komen.



STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

Hoogtepunten 2011



Eric van Walle

Directeur-generaal


Beste lezer

In deze brochure zal u een heel aantal hoogtepunten kunnen ontdekken die het Studiecentrum voor Kernenergie gerealiseerd heeft in 2011. De werkelijkheid gebiedt ons echter deze 'Hoogtepunten 2011' te beginnen met een dieptepunt. Het natuurgeweld dat in maart het noordoosten van Japan teisterde en het ongeval in de kerncentrale van Fukushima Dai-ichi veroorzaakte, heeft de wereld geschokt en een schaduw geworpen op 2011.

Als organisatie die intens samenwerkt met Japanse collega's, voelde het SCK•CEN zich zeer betrokken bij de gebeurtenissen. Erg snel zou blijken dat we ook effectief nauw betrokken zouden worden bij de gevolgen van Fukushima. Vrijwel onmiddellijk overstelpten journa-

listen vanuit de hele wereld ons met vragen in hun zoektocht naar correcte informatie en duiding; vragen waarop we gezien onze opdracht om te informeren, maximaal zijn ingegaan. Ook de overheid deed een beroep op het SCK•CEN, onder meer voor het meten van reizigers die terugkeerden uit Japan. Om de eventuele impact in België te verifiëren, werd bovendien de intensiteit en frequentie van de gebruikelijke analyses fors opgevoerd. Ook voor de ongevals-site zelf heeft het SCK•CEN zijn expertise ter beschikking gesteld. Ik denk dan aan het in kaart brengen van de contaminatie van het zeewater en het voorspellen van de evolutie ervan, of het aanreiken van effectieve alternatieven voor bodemsanering.

Een ander gevolg van Fukushima zijn de stresstests waaraan ook installaties van het SCK•CEN onderworpen zijn. Sinds midden 2011 leggen verschillende werkgroepen zich toe op een grondige analyse van de bestaande veiligheidsfuncties. U kan zich voorstellen dat dit een aanzienlijke inzet van mensen en middelen vereist om tijdig een rapport op te maken voor het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle. Het is nog te vroeg voor conclusies, maar ik zie de resultaten en de beoordeling



ervan met vertrouwen tegemoet. Veiligheid is altijd de eerste prioriteit in de nucleaire wereld dus ook bij het SCK•CEN, waar het streven om de veiligheid voor werknemers en de omgeving continu te verbeteren, één van de fundamenteën is van onze veiligheidscultuur.

Fukushima stemt een mens tot nadenken. Dat geldt a fortiori voor onze medewerkers. Na een gebeurtenis als deze houden we stevast de bestaande procedures en technieken tegen het licht. Ook het ontwerp van onze toekomstige MYRRHA-reactor is opnieuw kritisch bekeken. Er zijn een aantal bijkomende voorzieningen getroffen, maar de finale conclusie is dat onze ontwerpers en ingenieurs jaren geleden al de juiste, innovatieve keuzes hebben gemaakt, waardoor de installatie ook een opeenvolging van extreme evenementen kan opvangen.

Maar - laat daar geen twijfel over bestaan - 2011 telde ook tal van hoogtepunten. Eén ervan betekende zelfs een absolute wereldprimeur. In het kader van het GUINEVERE-project werd in het najaar voor het eerst een deeltjesversneller gekoppeld aan een reactor met een volledige loodkern. Deze geslaagde wereldprimeur effent het pad voor de vergunningsprocedure van MYRRHA.

In afwachting van MYRRHA blijft de BR2-reactor wereldwijd één van de meest performante onderzoeksreactoren en een onmisbaar instrument, zowel voor onderzoek als bijvoorbeeld de productie van medische radio-isotopen. Die bevoorrading blijven verzekeren én omschakelen naar laag aangerijkt uranium als brandstof, een engagement dat is aangegaan in het kader van de non-proliferatie, betekent een grote technologische uitdaging. In 2011 zijn er belangrijke stappen gezet om dit mogelijk te maken.

De toepassing van ioniserende straling in de geneeskunde wordt steeds belangrijker. Dankzij een vroege diagnose met medische beeldvorming of een succesvolle radiotherapie, kunnen almaar meer levens gered worden. Deze evolutie maakt ook het onderzoek naar de gevolgen van lage stralingsdoses voortdurend relevanter. Het SCK•CEN bestudeert bijvoorbeeld al geruime tijd de gevolgen van straling op het brein. Omwille van deze ervaring én de aanwezigheid van de geschikte infrastructuur, coördineert het Studiecentrum voor Kernenergie een nieuw ambitieus Europees project in dit domein. Het onderzoek moet leiden naar een beter inzicht en het verder optimaliseren

“ 2011 was een bewogen jaar. Maar we zijn er opnieuw in geslaagd een aantal grote stappen te zetten. ”

van de doses waaraan patiënten worden blootgesteld, in het bijzonder embryo's in de baarmoeder.

Wat het personeelsaantal betreft, heeft het SCK•CEN in 2011 opnieuw een groeischeut gekregen. Onder meer door de versterking van het MYRRHA-team, telt het Centrum nu 700 medewerkers. Om alle collega's een comfortabele werkplek te bieden, loopt er een omvangrijk renovatieproject. In 2011 werd onder andere de renovatie van de zijvleugels van het gebouw BR1 afgewerkt. Kantoren en labo's ondergingen ingrijpende vernieuwingen met respect voor de waardevolle architectuur uit de fifties. Bij de renovatie is maximaal gebruik gemaakt van energiezuinige technieken en materialen, waardoor nu maar liefst vier keer minder energie verbruikt wordt.

2011 was een bewogen jaar dat bijzondere inspanningen heeft gevegd van onze medewerkers. Maar het doet me plezier u te kunnen tonen dat we er opnieuw in geslaagd zijn een aantal grote stappen te zetten in het waarmaken van onze opdracht; namelijk duurzame oplossingen ontwikkelen voor uitdagingen uit het verleden, het heden en de toekomst. Ik wens u veel leesplezier.

Eric van Walle,
Directeur-generaal



01	Veiligheid als topprioriteit	06
02	Grensverleggend onderzoek	16
03	Innovatieve reactorsystemen	38
04	BR2: motor van duurzame vernieuwing	56
05	2011: een jaar van vernieuwing en uitbreiding	68





**Veiligheid
als
topprioriteit**

01

Veiligheid en preventie na Fukushima

Stresstests in volle voorbereiding

In de nasleep van het ongeval in de kerncentrale van Fukushima Dai-ichi, besloot Europa om de Europese kerncentrales te onderwerpen aan stresstests. België heeft deze weerstandstesten uitgebreid naar alle nucleaire installaties van klasse I. Daartoe horen ook verschillende installaties van het SCK•CEN.

Na de eisen voor de kerncentrales publiceerde het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) in juni 2011 de specificaties van de stresstests voor de overige nucleaire installaties. Deze zijn ook opgelegd aan het SCK•CEN en lopen grotendeels gelijk met de vereisten voor de kerncentrales. Het uiteindelijke doel van de stresstests

is na te gaan hoe de verschillende veiligheidsfuncties van een installatie zich gedragen onder uitzonderlijke omstandigheden en vooral bij combinaties van meerdere extreme gebeurtenissen. Het dramatische ongeval in Fukushima was namelijk het gevolg van drie opeenvolgende zaken: een aardbeving, een tsunami én het uitvallen van de elektriciteit en de noodgeneratoren. België legde daarnaast ook een analyse op van de beveiliging tegen bedreigingen veroorzaakt door de mens, de zogenaamde 'man made events', zoals een vliegtuigcrash of een cyberaank

Meer dan een technische kwestie

Voor de uitvoering van de stresstests is binnen het SCK•CEN een multidisciplinaire stuurgroep gevormd. De eerste opdracht was het in kaart brengen van de installaties van het SCK•CEN die onderworpen zijn aan de stresstests. Al snel werd duidelijk dat het om een zeer aanzienlijk deel van het Studiecentrum ging. Verschillende werkgroepen zijn gestart met een grondige analyse van de bestaande veiligheidsfuncties. Met de tests zal onderzocht

VEILIGHEIDSANALYSES NIET NIEUW

Het is voor het eerst dat de installaties van het SCK•CEN stresstests ondergaan. Toch zijn grondige evaluaties van de veiligheid verre van nieuw. Het SCK•CEN is namelijk bij wet onderworpen aan een 10-jaarlijkse veiligheidsherziening. In dit kader worden de veiligheidsvoorzieningen in de verschillende installaties quasi permanent onderzocht en verbeterd. De onderwerpen die in de vorige controle waren opgenomen zullen eind 2012 afgewerkt zijn. Intussen is al gestart met de voorbereiding van de volgende 10-jaarlijkse herziening.



Fernand Vermeersch

Hoofd Interne Dienst voor
Preventie en Bescherming
op het Werk (IDPBW)



“

Als er geen stresstests opgelegd zouden zijn aan het SCK•CEN, dan zouden we ook zijn gaan onderzoeken wat er in Fukushima exact gebeurd is, en of de veiligheidssystemen van onze installaties zoiets zouden kunnen opvangen. Lessen trekken uit incidenten en gebeurtenissen om de veiligheid continu te verbeteren is een basiselement van onze veiligheidsaanpak.

”

worden welke 'initiating events' of startgebeurtenissen een impact kunnen hebben op de installaties. De focus ligt in de eerste plaats op het voorkomen van bepaalde gevolgen. In een tweede luik van de opdracht wordt verondersteld dat er toch iets misloopt. Dan is het vooral belangrijk om na te gaan hoe de gevolgen maximaal en zo efficiënt mogelijk ingeperkt kunnen worden.

De werkgroepen omvatten zowat alle disciplines die actief zijn op het SCK•CEN.

Op technisch vlak is alle knowhow aanwezig over de kenmerken van de reactoren, maar ook over de nutsvoorzieningen en de stabiliteit van de gebouwen. Verder is een goed inzicht in de organisatie van het werk en de communicatie in de verschillende installaties van belang, zowel tijdens de normale uitbating als in uitzonderlijke omstandigheden.

Wat als ... ?

Op 15 december 2011 bezorgde het SCK•CEN een voortgangsrapport aan het FANC. Het omschreef de methodologie die het

Studiecentrum voor Kernenergie zal volgen bij het uitvoeren van de stresstests. Mits enkele minimale aanpassingen keurde het FANC het voortgangsrapport goed. Ondertussen was al gestart met de effectieve analyses. Sinds september 2011 wordt de invloed van alle startgebeurtenissen op de verschillende installaties onderzocht. Dit omvat zeer zware aardbevingen, overstromingen en andere extreme weersomstandigheden, man made events, bosbrand, toxische gassen en explosies. Het blijft ook niet beperkt tot een louter technische analyse. Ook de reactie op een noodsituatie wordt onder de loep genomen. Het ongeval in Fukushima levert op dat vlak belangrijke nieuwe inzichten die zullen dienen als basis om de huidige noodplanprocedures te evalueren en waar nodig te versterken.

Voor sommige onderzoeken zijn externe studie bureaus ingeschakeld, maar de eigen diensten van het SCK•CEN voeren het merendeel van de analyses uit. Dit betekent uiteraard een forse inspanning zowel naar inzet van mensen als budget. De stresstests verlopen in nauwe samenwerking met de veiligheidsautoriteiten (FANC en Bel V) en de analyse zit op schema. Ten laatste op 30 juni 2012 zal het SCK•CEN het finale stresstestrapport overmaken aan het FANC.

NUCLEAIR NOODPLAN GETEST

Op 15 december werd het nucleair noodplan van het SCK•CEN getest. Het scenario van de oefening voorzag een lek in reactor BR2 en een bijna gelijktijdig incident op Belgoproces, het naburige verwerkingsbedrijf van radioactief afval. Bij de oefening zijn de federale, provinciale en gemeentelijke noodplannen getest, samen met de interne noodplanprocedures van het SCK•CEN en Belgoproces. De globale evaluatie van de noodplanoefening met alle diensten en overheden wordt in het voorjaar van 2012 afgerond. Het SCK•CEN beoordeelde de interne respons en organisatie alvast positief.



Preventie en veiligheidsmanagement

Gezond werken in een veilige omgeving

In 2011 zette de Interne Dienst voor Preventie en Bescherming op het Werk (IDPBW) de thema's preventie en veiligheid in de kijker. In het kader van een globaal veiligheidsmanagement analyseert IDPBW installaties en werkomstandigheden, doet het aanbevelingen en controleert de dienst de toepassing ervan. Een andere opdracht is het bewustmaken van de medewerkers voor diverse arbeidsrisico's en het aanreiken van oplossingen om ze te vermijden.

In april 2011 stond IDPBW volop in de schijnwerpers tijdens een 'meet & greet', waarbij alle medewerkers van het SCK•CEN konden kennismaken met de verschillende activiteiten van IDPBW. De eenheden Fysische Controle; Industriële Veiligheid en Milieu; Beveiliging, Bewaking en Toegangscontrole; Nucleaire Veiligheid en Intern Medisch Toezicht stelden zich voor in een aantrekkelijke expo. De bezoekers kregen ook handige tips, bijvoorbeeld voor beeldschermwerk. Om de preventieboodschap elke dag onder de aandacht te brengen, zijn mousepads verspreid waarop ook de noodnummers en alarmsignalen gedrukt staan.

De meet & greet heeft ongetwijfeld bijgedragen tot een grotere bekendheid van de functies en taken van IDPBW. Dat was dan ook één van de belangrijkste objectieven van het interne actieplan Veiligheidscultuur.






ALARA in de praktijk

Veiligheid staat voorop bij ingrijpende renovatiewerken in hoogactieve installaties

ALARA is het adagium bij alle operaties in de nucleaire sector. Het letterwoord voor As Low As Reasonably Achievable, geeft aan hoe omgegaan moet worden met stralingsrisico's. Die moeten op elk moment zo laag mogelijk blijven. In 2011 zijn bij het SCK•CEN enkele bijzondere projecten opgestart waarbij ALARA de ingenieurs en onderzoekers verplicht om grenzen te verleggen. Niet zelden vraagt dat een aanzienlijke dosis inzicht én creativiteit.



HOT-CELL M2

ALARA en efficiënte aanpak hand in hand

Hot-cell M2 is een bunker van 3 meter bij 3 en 5 meter hoog. De wanden zijn ongeveer een meter dik en bestaan uit beton en lood. De cel dateert van 1977 en werd gebouwd voor destructieve testen op nucleaire brandstof en hoogradioactieve elementen van de reactorkern en de primaire kring van kerncentrales. Ze bevat historisch en niet-gestandaardiseerd afval. Binnenin zijn hoge alfa-, bèta- en gammawaarden gemeten. De cel vertoont ook een aantal mechanische defecten. Verschillende sassen zijn geblokkeerd. De hot-cell moet over enkele jaren opnieuw volledig operationeel zijn omdat ze een sleutelrol speelt in de controle en kwalificatie van componenten en materialen in nucleaire installaties zoals kerncentrales én MYRRHA.

Veiligheid door creativiteit

Voor deze operatie is een multidisciplinair team samengesteld met specialisten van de eenheid Ontmanteling en Ontsmetting, het Laboratorium voor Hoge en Middelhoge Activiteit en de dienst Fysische Controle. De ploeg van het SCK•CEN is versterkt met collega's van Belgoprocess die een ruime ervaring hebben met het werken met telemanipulatoren. Omwille van de hoge activiteit in de cel, is ze momenteel niet toegankelijk voor operatoren. Na het grondig meten van de straling, begin 2011, is gestart met de eerste herstellingen aan de cel. Aanvankelijk was er een beperkte toegangsoopening van 18 cm om werktuigen naar binnen te brengen. Hier is de creativiteit van het team op de proef gesteld. Ze hebben heel wat gereedschap moeten ontwikkelen, zoals volledig demonteerbaar boorgereedschap en plooibare zaaghouders, die telkens stabiel gemonteerd moesten worden in de cel. Het team is er op die manier in geslaagd het belangrijkste toegangssas en de ventilatie te herstellen. Gaandeweg kon ook het eerste hoogactief afval afgevoerd worden. Grotere stukken, zoals een draaibank en een freesbank werden vanop afstand met telemanipulatoren in kleinere stukken verzaagd voor latere verwijdering

ALARA, overal en altijd

Elke operatie wordt op voorhand uitvoerig gepland en in detail beschreven, inclusief de noodzakelijke veiligheidsmaatregelen. Voor elke handeling worden eveneens alternatieve oplossingen bestudeerd. Elke manipulatie wordt bovendien geoefend met zogenaamde koude testen zonder nucleair materiaal. In het kader van het ALARA-principe zijn interventies beperkt tot het minimum, inclusief de tussenkomst van operatoren. Dat geldt in alle stadia:

de versnijding, de transfer naar een afvalvat en de afvoer. De afscherming van het personeel en de dosis per operatie wordt berekend met Visiplan; een softwarepakket dat ontwikkeld is door het SCK•CEN. Daarnaast zijn rondom de hot-cell verschillende camera's geplaatst om de veiligheid van de operaties te monitoren en te optimaliseren.

Vanop een veilige afstand

Eén van de belangrijkste keuzes was maximaal in te zetten op afstandsbediening. Dankzij het gebruik van manipulatoren en een brug hoeft de mand voor de afvoer van het afval niet langer manueel gevuld te worden. Om dit mogelijk te maken zijn onderhoudsvrije mechanische grijpers ontwikkeld en gemaakt. De bovenzijde van de cel is aangepast voor een veilige afvalverwijdering. Het afval wordt met korven uit de cel opgetakeld en via beveiligde sassen in vaten geplaatst. Het systeem is zo geconcentreerd dat er nauwelijks manipulaties moeten zijn bij de transfer, met minder risico's tot gevolg. In een latere projectfase, wanneer de straling in de cel door de afvoer van afval reeds gereduceerd is, is real-time opvolging van de opgelopen dosis voorzien vanop afstand. Daarnaast wordt ook draadloze telecommunicatie voorzien tussen de operatoren en de persoon die van buitenaf de operatie coördineert, wat een hele uitdaging is in een kooi van Faraday. Het doel is dat de cel weer volledig operationeel is in 2016.



CALLISTO

Minder stralend na grote schoonmaak

Goed verborgen in de BR2-reactor bevindt zich een bijzondere installatie. De CALLISTO-kring is een getrouwe simulatie van een drukwaterreactor, zoals die van de elektriciteitscentrales van Doel en Tihange. De installatie laat onder meer toe om voorspellingen te doen over het gedrag van materialen in die reactoren. Maar elk voordeel heeft zijn nadeel ...

CALLISTO bestaat uit drie kanalen die gebruikt worden om experimenten te doen, zoals het testen van brandstoffen of materialen. Dat gebeurt bij 300 °C en 150 bar; exact dezelfde condities als in een drukwaterreactor of PWR (Pressurized Water Reactor). Omwille van de perfecte gelijkheid, ontstaan in CALLISTO ook dezelfde corrosieproducten als in een normale PWR. Die circuleren mee en slaan uiteindelijk neer over het ganse leidingwerk waarop ze een dunne oxidelaag vormen. Bij passage door de reactorkern worden sommige van deze corrosieproducten zoals kobalt, voor ze neerslaan, geactiveerd zodat doorheen de jaren heel wat radioactiviteit opgebouwd wordt in de kring. Dat zorgt voor extra straling in de nabije omgeving.

Dubbel zo snel, ook in besmetting

Een bijkomend probleem is dat CALLISTO de condities in een drukwaterreactor eigenlijk té goed simuleert. De

neutronenflux in BR2 is veel hoger waardoor ook meer activatieproducten ontstaan. Dit betekent dat 10 jaar uitbating van de CALLISTO-kring eenzelfde activiteitsniveau oplevert als 20 jaar uitbating van een normale PWR. Sinds de effectieve ingebruikname begin jaren '90, is het dosisdebiet rond de verschillende componenten blijven stijgen en bijgevolg ook de collectieve dosis voor de mensen die aan de kring werken. Naar aanleiding van de vorige 10-jaarlijkse veiligheidsherziening werd beslist dat de blootstelling van het personeel gereduceerd moest worden.

De moeilijkste optie

Er waren drie opties. De eerste was extra afscherming plaatsen rond de componenten. Maar bij het installeren wordt het personeel ook blootgesteld aan een hoge dosis en veel lood plaatsen zou het moeilijk maken om bepaalde onderdelen nog te bereiken. De tweede optie bestond erin de blootstelling van het personeel te reduceren door ze gedurende een kortere tijd toe te laten bij CALLISTO. Gezien de nauwe werkomgeving en de verplichte onderhoudstaken was dit echter weinig realistisch. Volgens het ALARA-principe bleef er maar één oplossing over; de besmetting verminderen door de oxidelaag met zijn neergeslagen, geactiveerde corrosieproducten selectief te verwijderen door middel van een chemische decontaminatie. Een soortgelijk chemisch proces wordt ook gebruikt in industriële PWR's. Omwille



van de unieke eigenschappen van CALLISTO en de kleine schaal, hebben experts van het SCK•CEN deze operatie zelf uitgevoerd. Ze hadden dan ook al de unieke ervaring van de ontmanteling en bijhorende decontaminatie van de BR3-reactor op hun conto.

Oplossen, circuleren en concentreren

Het chemische proces zorgt voor selectieve verwijdering van de oxidelaag zonder aantasting van het onderliggende metaal. In 2006 is de oxidelaag grondig bestudeerd zodat er duidelijke informatie was over de dikte (in micron) en de samenstelling ervan. Ook de besmettingsniveaus zijn in kaart gebracht. Zo was het mogelijk om te berekenen hoeveel ijzer, nikkel en chroom (de belangrijkste corrosieproducten) chemisch opgelost moest worden voor een efficiënte decontaminatie. Het chemisch proces zelf berust op het cyclisch gebruik van permanganaat en oxaalzuur bij verhoogde temperatuur. De opgeloste corrosieproducten worden maximaal in oplossing gehouden en gecirculeerd over een ionenwisselaar. De harsen van de ionenwisselaar houden de opgeloste corrosieproducten, inclusief de activiteit, vast en worden uiteindelijk afgevoerd als geconcentreerd vast, radioactief afval.

In het kader van ALARA zijn tal van simulaties gemaakt om te bepalen hoeveel afscherming noodzakelijk was rond deze harskolommen. Voor het verwijderen van de harsen is een systeem ontworpen dat toelaat de inhoud van de hoge harskolommen

naar een afvalvat te transfereren zonder complexe, dosisbelastende operaties. Ook de afvoer van het afval naar Belgoprocess is al in de ontwerpfase grondig voorbereid. Na de haalbaarheidsstudie, het design en het opstellen van de nodige werkprocedures, werd de installatie in juni en juli 2011 grondig getest en is de opleiding van de operatoren gestart. Hierna is de decontaminatie-installatie aan CALLISTO gekoppeld, met uitvoering van de nodige dichtheids- en functionele testen. Begin september heeft het FANC het licht op groen gezet voor de operatie. De eigenlijke schoonmaak vond plaats in oktober gedurende één week met drie ploegen van drie personen volcontinu, ondersteund door stralingscontrole en de vaste werknemers.

Properder maar vooral veiliger

Na de geslaagde uitvoering van drie decontaminatiecycli is het dosisdebiet fors gedaald; het ligt gemiddeld een factor 2 tot 2,5 lager. In totaal is 3 à 4 micrometer van de oxidelaag in oplossing gebracht en afgevoerd via de harsen. De hoeveelheid activiteit die op deze manier werd verwijderd, beantwoordt volledig aan de vooropgestelde objectieven. ALARA laat zelden toe de eenvoudigste oplossing te kiezen, maar dankzij een grondige voorbereiding en een zorgvuldige uitvoering van deze schoonmaakoperatie, is de dosis voor het aanwezige personeel voortaan beduidend lager.





**Grens-
verleggend
onderzoek**

naar een optimale
bescherming
van mens & milieu

02

A portrait of Frank Hardeman, a middle-aged man with glasses, a goatee, and a dark suit with a blue tie. He is smiling and standing outdoors next to a tree. The background is blurred, showing greenery and a building.

Frank Hardeman

Instituutsdirecteur
Milieu, Gezondheid
en Veiligheid

“ Een ramp zoals de tsunami in Japan en de gebeurtenissen rond Fukushima moeten ons als mensen nederig doen zijn, maar ook en vooral ons ertoe aanzetten om in de toekomst beter ons best te doen om dergelijk falen te vermijden. En binnen het SCK•CEN moeten we ervoor zorgen dat we de nodige kennis en middelen blijven behouden om de bevolking, de overheid en de industrie betrouwbaar te kunnen ondersteunen als er waar ook ter wereld een probleem ontstaat.

”

Fukushima en de rol van het SCK•CEN

Expertise ten dienste van bevolking en overheid

Zodra de kerncentrale van Fukushima Dai-ichi wereldnieuws werd, stroomden er van overal vragen binnen bij het SCK•CEN. Ook de overheid zocht antwoorden.

Toen bleek dat de toestand in en om de getroffen kerncentrale zeer ernstig was, werd in België een vrijwillige repatriëring van landgenoten georganiseerd. Het SCK•CEN werd ingeschakeld om de mensen die terugkeerden op vrijwillige basis te controleren op een eventuele inwendige of uitwendige besmetting.

Omdat de informatie uit Japan aanvankelijk vrij beperkt was, besliste de overheid een meetcampagne op te zetten in het Militair Hospitaal van Neder-Over-Heembeek. Het Studiecentrum voor Kernenergie en het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) bundelden daarvoor de krachten. Gedurende een week kon iedereen die terugkeerde uit Japan zich vrijwillig laten onderzoeken door specialisten in dosimetrie. 14 mensen lieten hun schildklier controleren op mogelijke sporen van radioactief jodium. Bij niemand werd een spoor van radioactiviteit gevonden. De meetcampagne werd na een week verdergezet op het SCK•CEN in Mol. In de daarop volgende maanden gebeurden er nog een 10-tal schildkliermetingen. Een 30-tal personen liet het hele lichaam meten in de unieke installatie van de dienst Antropogammametrie. Bij deze metingen in een volledig afgeschermd ruimte blijft geen enkele besmetting onopgemerkt. Er waren bijvoorbeeld nogal wat persmensen die in de omgeving van het getroffen gebied verbleven hadden, die zich in deze periode hebben laten onderzoeken. Bij een beperkt aantal personen zijn sporen van radioactiviteit gevonden die duidelijk verband hielden

met hun verblijf in de regio. De gemeten waarden waren echter zo laag dat ze volstrekt geen gevolgen hadden voor hun gezondheid.

Extra metingen in België

Het Studiecentrum voor Kernenergie vervult een specifieke rol in de federale noodplanning. Na het ongeluk in Fukushima is het Belgisch noodplan niet afgekondigd, maar de overheid heeft wel een heel aantal acties gevraagd. Het FANC heeft een toezichtsprogramma dat grotendeels wordt uitgevoerd door het SCK•CEN waarbij radioactiviteit gemeten wordt in de lucht, in het voedsel, in de bodem, en in het water. In de maanden na het ongeval heeft de expertisegroep Lage-radioactiviteitsmetingen een hele reeks bijkomende metingen uitgevoerd. Er zijn sporen van radioactief jodium en cesium gedetecteerd na de overtocht van de wolk van radioactiviteit vanuit Japan. De gemeten niveaus waren zo extreem laag dat men met zekerheid kan stellen dat er in België geen invloed is op mens en milieu. Daarnaast controleerde het SCK•CEN op vraag van het Federaal Agentschap voor de veiligheid van de voedselketen (FAVV) extra stalen van levensmiddelen die ingevoerd werden vanuit Japan.



Op vraag van Greenpeace heeft de expertisegroep Lage-radioactiviteitsmetingen stalen van zeewier en zeevissen geanalyseerd. Deze werden genomen tijdens een missie van de Rainbow Warrior in mei 2011 in de kustwateren nabij Fukushima. Voor een groot aantal stalen was de voedsellimiet voor radioactief jodium en cesium overschreden.

De eenheid Crisisbeheer en Beleidsondersteuning van het SCK•CEN beschikt over verspreidings- en dosismodellen om de besmettings- en blootstellingsniveaus in de getroffen zone in kaart te brengen. Deze modelberekeningen konden ook getoetst worden aan de effectief gemeten verspreiding van radioactiviteit. Dit laat toe deze modellen verder te verbeteren voor de toekomst. De groep bestudeert ook de reactie van de Japanse overheid inzake evacuatie en andere crisismaatregelen.

Een alternatieve oplossing voor de besmette bodems

Deskundigen van het SCK•CEN bestuderen ook de situatie ter plaatse. De eenheid Biosfeer Impactstudies heeft onder meer met doorgedreven onderzoek van het ongeval in Tsjernobyl veel expertise opgebouwd rond het gedrag van radionucliden in het milieu en remediatietechnieken. Na het ongeluk in Fukushima heeft het SCK•CEN deze expertise aangeboden aan de Japanse collega's.

De bodem in de regio rond de kerncentrale bevat cesium-137 en cesium-134. Cesium-134 heeft een halfwaardetijd van 2 jaar en zal na 10 jaar nauwelijks of geen impact meer hebben. Maar cesium-137, met een halfwaardetijd van 30 jaar, vraagt wel een doortastende aanpak voor een lange periode. In Japan ligt nu de nadruk op afgraven en decontamineren van de bodem. Experts van het SCK•CEN zien mogelijk heil in andere technieken. Afgraven en verwijderen creëert een aanzienlijke hoeveelheid afval. Er zijn tegenmaatregelen die dit afvalprobleem voorkomen. Afhankelijk van het bodemtype en het besmettingsniveau kan diep ploegen een oplossing bieden, of het bemesten van de bodem met kalium waardoor de opname van cesium door planten in het



Steun aan de Verenigde Naties

Het SCK•CEN is nauw betrokken bij een uitgebreide studie van de stralingsniveaus in en om Fukushima en de effecten ervan. Dit onderzoek wordt verricht door een groot team onderzoekers in opdracht van het UNSCEAR-comité (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) van de Verenigde Naties. Experts in verschillende disciplines voeren dit onderzoek uit in samenwerking met de Japanse autoriteiten. Het SCK•CEN levert een belangrijke bijdrage aan de studie van de impact op het mariene ecosysteem. Omdat er lange tijd radioactief water in zee werd geloosd, wordt er veel aandacht besteed aan onderzoek van het zeewater. Zodra er een duidelijk beeld is van de besmettingsniveaus, wordt het mogelijk een inschatting te maken van de gevolgen voor de fauna en flora op korte en langere termijn. Op basis van de eerste bevindingen wordt niet uitgesloten dat er effecten kunnen zijn bij bepaalde organismes met betrekking tot voortplanting. Het is noodzakelijk om dit te verifiëren door observatie en opvolging.

algemeen vermindert. Een andere optie is gewassen te telen die zeer weinig cesium opnemen. Mocht de concentratie aan cesium in de voedingsgewassen dan nog te hoog zijn, is het nog altijd mogelijk om gewassen te telen die niet gebruikt worden voor voedselconsumptie, maar voor hun vezels of energieproductie. Experts van het SCK•CEN gaan die inzichten delen met Japanse collega's. Of deze benadering ingang vindt hangt sterk af van de perceptie van overheid en bevolking rond deze tegenmaatregelen.

De eenheid Biosfeer Impactstudies werkte in samenwerking met KU Leuven een training uit voor vijf Japanse onderzoekers in de karakterisatie van Japanse bodems naar gevoeligheid voor cesiumopname door planten. Daarnaast biedt het SCK•CEN ook de kans aan een Japanse student om in België te doctoreren in het onderzoek naar de gevoeligheid van de Japanse bodems voor de transfer van cesium naar voedingsgewassen. Beide initiatieven lopen in samenwerking met de KU Leuven en worden deels mogelijk gemaakt dankzij de steun van de Vlaamse regering.

Intussen is de verontreiniging meer verspreid. Kort na het ongeluk waren er in zee verhoogde waarden gemeten, maar na een maand waren de meeste kortlevende radionucliden verdwenen en bleven hoofdzakelijk cesium en jodium over. Een bijkomend probleem is dat er door de aardbeving en tsunami ook andere, niet-radioactieve vervuiling in zee is terechtgekomen. Het is een complex mengsel van verschillende stoffen wat het zeer moeilijk maakt om de gevolgen goed in te schatten. Binnen het SCK•CEN bestaat heel wat expertise over dynamische modellen voor de opname van radionucliden in mariene fauna en flora. Die modellen zijn nu van grote waarde omdat ze toelaten betrouwbare voorspellingen te doen. In de loop van 2013 zal er een volledig rapport voorgesteld worden aan de Algemene Vergadering van de Verenigde Naties.

Hulp aan Japan

Ook al heeft Japan in de loop van 2011 nog geen rechtstreekse hulp gevraagd aan het Studiecentrum voor Kernenergie, toch heeft het ongeval in de kerncentrale van Fukushima het werk van tientallen onderzoekers en andere medewerkers van het SCK•CEN al sterk beïnvloed. Ook voor Hildegarde Vandenhove, Jordi Vives i Batlle en Johan Camps zal Fukushima nog jarenlang een belangrijk studieonderwerp blijven.

Interview met

Jordi Vives i Batlle (links), marien radio-ecoloog, **Hildegarde Vandenhove** (midden), adjunct-instituutsdirecteur Milieu, Gezondheid en Veiligheid en hoofd Biosfeer Impactstudies, **Johan Camps** (rechts), hoofd Crisisbeheer en Beleidsondersteuning



Wat was jullie eerste reactie toen jullie het nieuws hoorden?

Jordi Vives i Batlle: Ik wist meteen dat het een grote invloed zou hebben op mijn job als marien radio-ecoloog omdat het waarschijnlijk één van de ergste ongevallen was met lozingen in zee. En dat bleek de waarheid. Bij Tsjernobyl waren er geen rechtstreekse lozingen in zee. Maar in Fukushima blies de wind vooral richting de oceaan waardoor het eigenlijk het eerste nucleaire ongeval met belangrijke lozingen aan zee is.

Hildegarde Vandenhove: Als ze mij op dat moment gevraagd hadden om ter plaatse hulp te bieden, dan had ik dat gedaan. Straling kan je meten en dus kan je de opgelopen stralingsdosis controleren. Alleen voor de aardbevingen had ik toch wel angst en of de conditie van de reactoren stabiel genoeg was. Maar je hebt die expertise en je bent betrokken met de mensen en wetenschappers in Japan.

Je bent uiteindelijk toch naar Japan gegaan?

Hildegarde Vandenhove:

Inderdaad. Ik was uitgenodigd voor workshops rond de lessen van Tsjernobyl en rond besmetting van het milieu en mogelijkheden voor remediëring. In Tsjernobyl ben ik geweest zes jaar na het ongeluk, in Fukushima was dat slechts zes maanden later. Je meet dan de verspreiding van de radioactiviteit maar je wordt ook geconfronteerd met de bezorgdheid van de mensen. Mijn gevoel als wetenschapper was dat er, gezien de mate van besmetting, andere mogelijkheden waren voor remediëring in plaats van de vervuilde bodemlaag af te graven en te stockeren. Maar staat de bevolking open voor voedingsgewassen uit de getroffen streek ook al zijn de cesiumconcentraties onder de voedselnorm? Een alternatief is om te kiezen voor niet-voedingsgewassen, bijvoorbeeld bio-energiegewassen of vezelgewassen. Dankzij bepaalde verwerkingsprocessen zou er geen of nauwelijks besmetting zijn in de afgewerkte producten. Maar de aversie tegen besmetting is groot en dus is de vraag: wil de bevolking die producten wel gebruiken? Mensen willen geen melk met contaminatieniveaus onder de voedinglimiet, ze willen melk zonder cesium. Dat is één van de dingen die het meest frappant waren. Als expert bekijken we de situatie vanuit het principe van aanvaardbare risico's en denken we misschien dat hun benadering niet optimaal is. Maar stel dat we zoiets hier in België zouden meemaken? Hoe zouden wij reageren als je de keuze hebt tussen aardappelen zonder of met een beetje cesium?

Gaat Fukushima op korte of langere termijn veel nieuwe inzichten opleveren?

Hildegarde Vandenhove: Het is inderdaad zo dat hier bijzonder veel informatie uit voort kan komen die je kan gebruiken voor toekomstige onderzoeken. Het probleem is dat Japan veraf is en ook zijn grenzen redelijk gesloten houdt. Anders zouden we er nog veel meer bij betrokken zijn.

“
Inzake noodplanning is Fukushima een case waaruit veel lessen getrokken zullen worden.”





Johan Camps: Ook inzake noodplanning is Fukushima een case waaruit veel lessen getrokken zullen worden. Eén van de belangrijkste inzichten is dat de nucleaire noodplanning ook moet functioneren na een zeer zware natuurramp. Bij een ongeval gaat het er om zo snel mogelijk metingen te doen om de wolk te volgen, de blootstelling van de omwonenden en de besmetting van de omgeving te bepalen. Maar daar zijn instrumenten en vaak ook elektriciteit voor nodig. In Fukushima was er geen elektriciteit meer waardoor er heel wat middelen wegvielen op het moment dat er radioactiviteit ontsnapte uit de centrale. Als een nucleair ongeval het gevolg is van een grote natuurramp, zijn de beschikbare middelen dan toereikend en nog inzetbaar? Die kernvraag is het vertrekpunt voor wat je de stresstest voor het noodplan zou kunnen noemen.

Jordi Vives i Batlle: We leren altijd van voorbije ongevallen. Die kennis kunnen we gebruiken om ons beter voor te bereiden op nieuwe noodgevallen, ook al hopen we dat die nooit zullen gebeuren.

Bio-informatica neemt een hoge vlucht

Nieuwe technieken versnellen genetisch onderzoek

Bij heel wat research naar de effecten van ioniserende straling op levende organismen worden de genetische bouwstenen onderzocht. Dat betekent onderzoek van hun desoxyribonucleïnezuur (DNA) en ribonucleïnezuur (RNA). Een groot deel van het DNA wordt overgeschreven naar boodschapper RNA dat dient om eiwitten aan te maken. Dit proces is gekend als 'genexpressie' en kan experimenteel gevolgd worden. De studie van de genexpressie levert bijzonder veel data op. Omwille van die

massa aan gegevens is de moleculaire biologie aangewezen op zeer geavanceerde informaticasystemen.

Omdat studies van het DNA en RNA belangrijk zijn voor tal van onderzoeksprojecten heeft het SCK•CEN heel wat expertise opgebouwd in bio-informatica. De moleculaire biologie werkt al geruime tijd met microarrays (microroosters) om genexpressie te meten op grote schaal, met name voor vele duizenden genen in parallel. Een microarray bestaat uit een glazen plaatje waarop RNA op gen-specifieke wijze kan vastgehecht worden. Dit aangehecht RNA is gemarkeerd met kleurstoffen zodat men de hoeveelheid gebonden RNA kan meten, wat een indicatie geeft in welke mate een eiwit wordt aangemaakt.

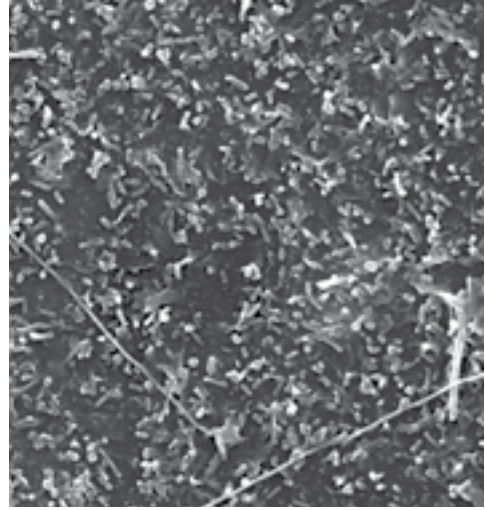
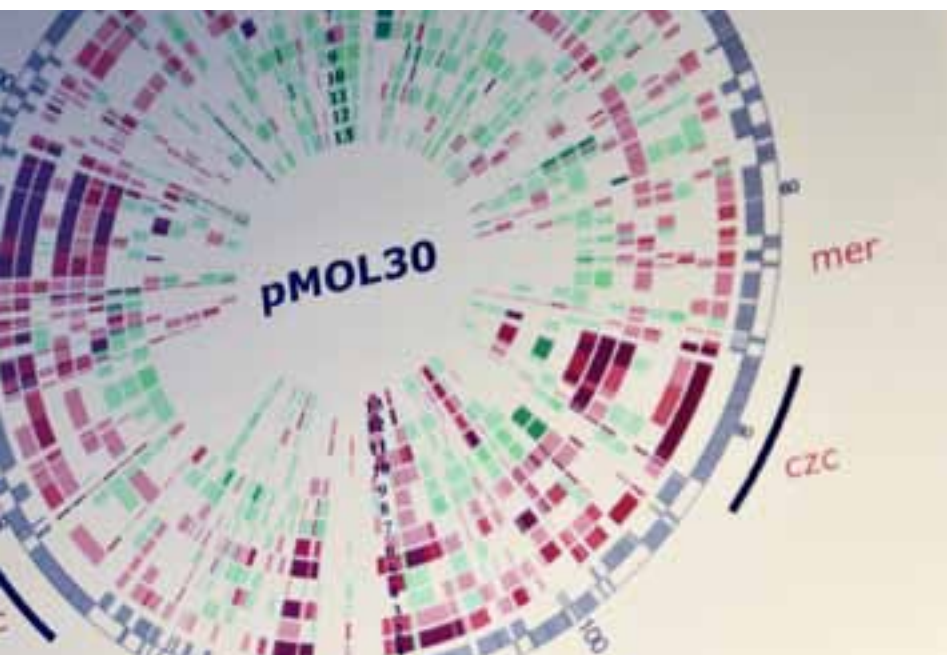


Van een jaar naar een week

In 2011 hebben bio-informatici van het SCK•CEN een nieuwe technologie gebruikt waardoor het bepalen van het DNA veel sneller kan gebeuren. Waar een internationaal consortium in 1995 een volledig jaar nodig had en tientallen miljoenen dollars voor de sequencing van een bacterieel genoom, is de huidige technologie in staat ditzelfde genoom volledig te ontrafelen in enkele uren of dagen, met één machine, en voor een fractie van de prijs. Zelfs voor een menselijk genoom dat enkele duizenden keren groter is dan dat van een bacterie, kan men binnen één week meer dan 90% van de sequentie achterhalen.

Gidsen doorheen een massa data

De nieuwe sequencingtechnologie levert echter gigabytes aan data op. Voor de analyse van deze grote hoeveelheid gegevens zijn geavanceerde bio-informaticamethoden noodzakelijk. Ook het SCK•CEN maakt gebruik van deze nieuwe technieken, in eerste instantie voor onderzoek naar de resistentie van bacteriën voor bepaalde metalen en in het ruimtevaartonderzoek. Een analyse van deze data geeft belangrijke aanwijzingen voor de mogelijke functie van genen en eiwitten.



BACTERIËN IN BOOMSE KLEI GEVEN GEHEIMEN PRIJS

De voordelen van de sequencing-techniek komen helemaal tot hun recht bij een studie die momenteel wordt uitgevoerd in het kader van het onderzoek naar de berging van radioactief afval in Boomse klei. Tot voor kort kon men enkel de bacteriën uit een bodemstaal isoleren en ze apart opkweken in het laboratorium. Daarna kon dan het DNA bepaald worden van de verschillende bacteriën. Helaas kunnen niet alle bacteriën uit bodemstalen in een labo gekweekt worden.

Dankzij sequencing kan nu de volledige bacteriële populatie die aanwezig is in de kleilaag geanalyseerd worden. Dit is van belang om de mogelijke gevolgen van bacteriële inwerking in te schatten bijvoorbeeld voor de langdurige berging van hoogradioactief materiaal in de ondergrond. Zo wil men achterhalen of bacteriële populaties bij de geologische berging aanleiding kunnen geven tot gas- of zuurvorming. Het SCK•CEN werkt in dit kader samen met collega's van het internationale Mont Terri-project in Zwitserland waar gelijkwaardig onderzoek gebeurt.

Wat doet een lage stralingsdosis met het brein?

SCK•CEN coördineert internationaal CEREBRAD-project

Het SCK•CEN levert al 30 jaar een belangrijke bijdrage in het onderzoek naar de effecten van ioniserende straling op de hersenen. Met de start van het Europese onderzoeksproject CEREBRAD wordt een nieuwe belangrijke stap gezet die duidelijkheid moet geven over de impact van lage stralingsdoses op het brein.

Meer dan 60 jaar onderzoek

De effecten van hoge stralingsdoses zijn uitvoerig beschreven op basis van epidemiologische gegevens die verzameld werden bij de slachtoffers van nucleaire ongevallen en van de atoombombardementen op Hiroshima en Nagasaki, meer dan 65 jaar geleden. Dankzij deze data is een model uitgewerkt dat de gevolgen van hoge stralingsdoses op een betrouwbare manier kan voorspellen. Voor lage stralingsdoses daarentegen is er nood aan meer en betere gegevens. Onder een bepaalde waarde zijn er onvoldoende meetgegevens beschikbaar om betrouwbare voorspellingen te doen. Er is sprake van een lage dosis bij 0,1 Sievert en lager. Bij hogere doses is er duidelijk bewijs dat er

kankereffecten kunnen voorkomen. Daarnaast kan ioniserende straling andere aandoeningen veroorzaken, vooral cardiovasculaire en cerebrovasculaire, maar bijvoorbeeld ook de oogziekte cataract. Sommige van die effecten treden bij inwoners van Hiroshima en Nagasaki of de omgeving van Tsjernobyl pas op 20 tot 30 jaar na de blootstelling.

Duidelijke bewijzen zijn essentieel

Een goed begrip van de gevolgen van lage stralingsdoses is niet alleen van belang voor wie blootgesteld wordt in buitengewone omstandigheden zoals een nucleair ongeval

of voor astronauten in de ruimte. De belangrijkste reden is zonder twijfel de voortdurende stijging van het aantal medische onderzoeken met X-stralen of andere bestralingstypes. Zo is er geen duidelijk bewijs of een CT-scan wel of niet effecten veroorzaakt bij zwangere vrouwen of jonge kinderen. In België ontvangen we jaarlijks een dosis van 2 mSv (milliSievert) ten gevolge van de natuurlijke radioactiviteit rondom ons. Door



medische onderzoeken worden we intussen gemiddeld nog eens blootgesteld aan 2 mSv. Duidelijke bewijzen van het eventuele effect van deze lage stralingsdoses zijn dus essentieel.

Het eerste onderzoek naar het effect van ioniserende straling op de hersenen startte meer dan 65 jaar geleden na de bombardementen van Hiroshima en Nagasaki. Bij kinderen die destijds bestraald waren in de baarmoeder in een bepaalde periode van hun ontwikkeling, is een verhoging van mentale achterstand vastgesteld. Om deze hypothese te staven, is onder meer op het SCK•CEN onderzoek gedaan met muizen die tijdens de dracht werden blootgesteld aan straling. Uit gedragstesten na de geboorte, waarbij het geheugen en het leervermogen van de muizen gemeten werd, blijkt dat exact dezelfde effecten optreden als bij de kinderen. De stelling werd hiermee bevestigd.

CEREBRAD: een project met drie pijlers

Het SCK•CEN bestudeert al meer dan 30 jaar de effecten van ioniserende straling op de hersenen. Het onderzoek kreeg in oktober 2011 een nieuwe impuls met de start van CEREBRAD (Cognitive and Cerebrovascular Effects Induced by Low Dose Ionizing Radiation). Aan dit ambitieuze Europese project, dat deel uitmaakt van het zevende kaderprogramma, participeren 11 onderzoeksinstituten en universiteiten.

CEREBRAD omvat drie pijlers. Eerst en vooral is het de bedoeling om de statistische kracht te versterken van de epidemiologische data verkregen in Hiroshima en Nagasaki. Daarvoor worden gegevens verzameld van patiënten die radiotherapie ondergingen, waarbij de hersenen zijn blootgesteld aan een vrij lage stralingsdosis. Het gedrag van deze mensen en hun cognitieve functies worden tijdens het project grondig bestudeerd. Daarnaast is er de opvolging van een steekproef van inwoners uit Tsjernobyl die net na het ongeval zijn geboren en die allemaal in de baarmoeder of tijdens hun eerste levensjaar werden bestraald. Met deze gegevens hopen de onderzoekers

meer inzicht te krijgen in mentale achterstand of cognitieve effecten bij mensen ten gevolge van straling.

De tweede pijler zijn dierproeven met prenatale en postnatale blootstelling van muizen. Ze ondergaan bestraling op dag 12 van de dracht en op dag 10 na de geboorte. Daarna worden de effecten op de dieren bestudeerd. Een belangrijk deel van het onderzoek bestaat uit gedragsstudies. Het opzet is om op basis van de informatie verzameld bij inwoners van Hiroshima en Nagasaki, een vergelijkbare externe blootstelling te simuleren. Dit is mogelijk door bestraling met X-stralen of gammastralen. Voor Tsjernobyl gebeurt een gelijkaardige simulatie van de interne besmetting veroorzaakt door cesium.

Naast deze effecten focust het onderzoeksproject op de impact van radiotherapie bij muizen. Onder meer de bloeddoorstroming van de hersenen en het zuurstofgehalte in het bloed worden bestudeerd. Medische beeldvorming met magnetische resonantie op 3, 10 en 40 weken na de geboorte, heeft intussen al vroege data opgeleverd die duidelijk aantonen dat bij de bestraalde dieren de cerebrale cortex, een belangrijk onderdeel van de hersenen, kleiner is.

De laatste pijler van CEREBRAD is het zoeken naar de ultieme mechanismes achter de vastgestelde stralingseffecten. Deze uitdaging omvat een gedetailleerde analyse van de cellulaire en moleculaire processen. Die kennis kan dienen als basis om aanbevelingen te formuleren voor regelgevers in verband met blootstellingslimieten, bijvoorbeeld de optimale en maximale doses voor radiotherapie.





Interview met
Rafi Benotmane,
coördinator
CEREBRAD-project
en verantwoordelijke
neurobiologie in de
eenheid Radiobiologie

CEREBRAD

CEREBRAD is een internationaal onderzoeksproject waarin het SCK•CEN het voortouw neemt. Volgens coördinator Rafi Benotmane is dat enkel mogelijk dankzij de jarenlange ervaring met studies naar stralingseffecten op het brein.

Rafi Benotmane: Bij het Studiecentrum voor Kernenergie zijn we daarmee gestart in de jaren '80. Intussen is er al zeer veel kennis opgebouwd in dit domein en zijn er nieuwe technologieën geïmplementeerd op het vlak van genoomonderzoek en bio-informatica. Dat is ook de reden waarom het SCK•CEN dit project coördineert. Wij zijn de leider in onderzoek naar stralingseffecten op de hersenen. Er zijn weinig instellingen met zoveel expertise.

Binnen het SCK•CEN werken acht van de onderzoekers aan CEREBRAD. Waarop ligt de focus in dit Europees project?

Rafi Benotmane: Wij concentreren ons op de dierenstudies waarvoor we voornamelijk onze X-stralingsfaciliteit zullen gebruiken. We gaan de beeldvorming en gedragsstudies doen in samenwerking met onze collega's van de KU Leuven. Een troef is dat het SCK•CEN de knowhow en de infrastructuur heeft om de effecten op DNA-niveau te onderzoeken. Wij zullen al het genetisch onderzoek voor onze rekening nemen met ons genoomplatform. Daarmee zullen we de genexpressie doen van onze eigen stalen en die van de andere onderzoeksgroepen. Ook

het meten van de exacte stralingsdosis gebeurt in Mol. Net als bij mensen hebben we ook bij dieren geen goed bewijs van lage dosiseffecten. Daarom betrekken we op het SCK•CEN de discipline dosimetrie om hetzelfde te doen zoals bij mensen, bijvoorbeeld bij radiotherapie. Daar weten we exact welke dosis bepaalde organen hebben opgelopen. Tot voor kort hadden we niet de knowhow om dat ook voor dieren te meten. Nu kunnen we dankzij de collega's van dosimetrie berekenen wat de effectieve dosis is die het brein van de muizenfoetus ontvangt. Dat is heel belangrijk want onze enige referentie is de totale externe dosis, maar dat is niet hetzelfde als de effectief opgelopen dosis. In de meeste studies die we tot nu toe uitvoerden, werkten we met 1 Sievert. Dat is nog een relatief hoge dosis, maar we



weten niet hoeveel het embryo ontvangen heeft. Misschien is er maar een derde geabsorbeerd. Daar leggen we veel nadruk op in het onderzoek want nu kunnen we wél bepalen welke dosis echt geabsorbeerd wordt.

Wat hopen jullie eigenlijk te vinden?

Rafi Benotmane: Als we effecten bij lage stralingsdoses vaststellen, dan hoop ik dat we de onderliggende mechanismes kunnen begrijpen. Met die kennis kunnen we aan de regelgevers aanbevelingen doen in verband met limieten voor blootstelling, bijvoorbeeld de optimale doses voor radiotherapie. Als er geen effecten zijn bij lage doses is dat nog beter. Maar er is altijd een zekere behoedzaamheid om te zeggen 'wees voorzichtig'.

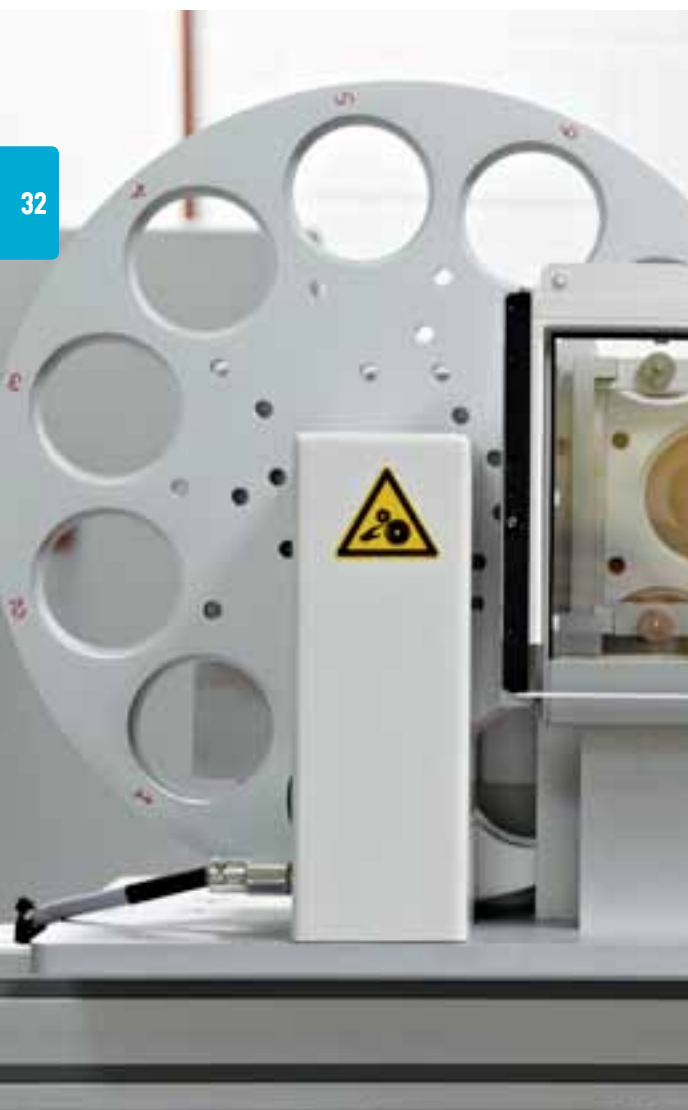
Wat we ook missen is de individuele gevoeligheid. Zelfs als we informatie hebben dat er geen effect is van lage doses kunnen er altijd individuen zijn die gevoeliger zijn dan anderen. We moeten voorzichtig zijn en de stralingsniveaus zo laag mogelijk houden volgens de universele regel in het domein van de stralingsbescherming 'ALARA'. Straling moet zo laag zijn als redelijkerwijs haalbaar

(As Low As Reasonably Achievable). We moeten ook de regelgevende instanties informeren over de drempelwaarden waarbij er bepaalde effecten optreden. De resultaten van het onderzoeksproject gaan daarom allicht leiden tot nieuwe regels voor dosislimieten. We willen ook in het bijzonder de foetus in de baarmoeder en jonge kinderen beschermen. We weten dat de stralingsgevoeligheid bij deze deelpopulatie drie keer hoger is dan bij volwassenen waardoor bepaalde effecten duidelijker naar voren komen. Maar je kan natuurlijk geen regels maken voor elk type populatie. Het beste is dus dat we de doses in het algemeen kunnen verlagen. 'As low as reasonably achievable', dat blijft het credo.

ISO-17025 certificaat voor radiotherapie kalibraties

Nauwkeurige kalibraties voor Belgische ziekenhuizen

Het Laboratorium voor Nucleaire Kalibraties van het SCK•CEN heeft in 2011 de vruchten kunnen plukken van een jarenlange inspanning. Dankzij de aanwezige kennis en de toepassing van strikte Quality Assurance, beschikt het nu als enige Belgische laboratorium over een ISO-17025 certificaat voor de kalibratie van ionisatiekamers voor radiotherapie. Dit is in de eerste plaats van belang voor de Belgische ziekenhuizen die verplicht zijn de referentie-instrumenten van hun afdeling radiotherapie periodiek te laten kalibreren in een erkend laboratorium.





Het SCK•CEN biedt deze dienst aan in samenwerking met de Universiteit Gent (UGent) en onder toezicht van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC). In 2008 heeft het Studiecentrum voor Kernenergie een belangrijk deel van de activiteiten van het labo voor standaarddosimetrie van de UGent overgenomen. Sindsdien is een programma opgesteld om de dienstverlening aan de Belgische ziekenhuizen te optimaliseren. Bij radiotherapie worden patiënten blootgesteld aan een aanzienlijke dosis straling. Het is dan ook uitermate belangrijk dat de toegediende dosis exact wordt opgevolgd. Het succes van de behandeling hangt in sterke mate af van de accuraatheid van de blootstelling aan de voorgeschreven dosis. Hiervoor is een toestel dat correcte metingen uitvoert essentieel.

Erkende deskundigheid

Om de toegediende doses te kunnen meten, worden in ziekenhuizen ionisatiekamers gebruikt als meetinstrumenten. Deze ionisatiekamers moeten regelmatig gekalibreerd worden om de nauwkeurigheid van de metingen te garanderen. Dit dient te gebeuren in een gecertificeerd kalibratielaboratorium. In 2011 heeft het SCK•CEN als enige instelling in België het felbegeerde ISO-17025 certificaat ontvangen van de Belgische Accreditatie-instelling (BELAC) voor kalibratie van ionisatiekamers voor radiotherapie.

Betrouwbare instrumenten

Voortaan kunnen de Belgische ziekenhuizen daardoor in eigen land terecht voor de verplichte periodieke kalibratie van hun referentie-instrumenten voor radiotherapie. Het laboratorium in Gent beschikt over een bron die een goed gekarakteriseerde stralingsbundel genereert, waarvan het dosistempo zeer precies gekend is. De ionisatiekamer die een ziekenhuis aanbiedt voor kalibratie, wordt in deze stralingsbundel geplaatst. Daarna wordt het gemeten dosistempo vergeleken met het gekende referentiedosistempo. In het ideale geval is er geen afwijking. Op deze manier wordt het instrument van het ziekenhuis gekalibreerd zodat de betrouwbaarheid ervan gegarandeerd is.

Historisch afval in bitumen

Geschikt voor ondergrondse berging?

Deze vraag houdt de expertisegroep Afval en Berging al enige tijd bezig. In 2011 zijn de voorbereidingen gestart van een reeks grootschalige testen. Het onderzoek, dat al vele jaren loopt, zal nog enkele decennia in beslag nemen. Maar daar zijn dan ook gegronde redenen voor.

Gebitumineerd afval is een mix van bitumen met vloeibaar afval verpakt in stalen vaten. In dit geval gaat het om radioactief afval afkomstig van de heropwerking van gebruikte brandstofelementen bij het voormalige Eurochemic in Dessel. Daar waren grote hoeveelheden middelactief afval opgeslagen in tanks met het oog op de verwerking ervan. Bitumen is wat overblijft na de distillatie van cokes en is nog het best te vergelijken met asfalt. De techniek werd vooral toegepast van eind jaren '70 tot in de eerste helft van

de jaren '80. De vaten zijn opgeslagen in bunkers bij Belgoprocess dat zich na de sluiting over de installaties en het afval van Eurochemic heeft ontfermd. Omwille van de levensduur en de aard van de aanwezige radionucliden is geologische berging de meest aangewezen oplossing voor dit afval. Alvorens het daarvoor in aanmerking komt, moet deze afvalvorm aanvaard worden door de Nationale Instelling

voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen (NIRAS). Het Studiecentrum voor Kernenergie verricht daarvoor het nodige onderzoek.

De eerste tests

Al in de jaren '80 werden op het SCK•CEN de eerste tests uitgevoerd naar het zogenaamde uitloggedrag van bitumen. Bitumen is een ondoordringbaar materiaal voor water en in bepaalde mate ook voor gas. Men ging ervan uit dat dit ideaal was om water af te stoten. Het mengsel van bitumen en afval bevat echter enorm veel zout, met concentraties van 20% tot 30% van het gewicht. Een belangrijke eigenschap van die zouten, voornamelijk natriumnitrat (NaNO_3), is dat ze water aanzuigen, net zoals keukenzout. Het gevolg is dat het bitumen

gaat zwellen als er water in de omgeving is. Als er geen ruimte is om te zwellen, zal er een druk uitgeoefend worden op het vat. Het natriumnitraat zal ook stilaan uitlogen in de klei.

Contact met water is onvermijdelijk bij ondergrondse berging in klei. Als het bitumen in contact komt met water, gaat het druk opbouwen en als die druk te hoog wordt ontstaan er barsten in de kleilaag. Langs die barsten kan radioactiviteit in theorie sneller verspreid geraken. Dat moet uiteraard verhinderd worden. Op basis van de huidige kennis wordt een barst niet meteen als een groot probleem beschouwd. De Boomse klei is een plastische

klei en als er breuken optreden, worden die weer gedicht door de druk van de klei zelf. Toch wil de expertisegroep Afval en Berging deze fenomenen beter begrijpen en in kaart brengen om dan via modellen te voorspellen wat de mogelijke drukopbouw zou zijn voor een bepaald bergingsontwerp. Het gaat dan bijvoorbeeld om het bepalen van het aantal vaten dat in een ondergrondse galerij geborgen kan worden.





**Steven Smets, Wim Verwimp
en Elie Valcke, Onderzoek &
Ontwikkeling Afvalcolli**

Bellen zonder risico?

Een ander fenomeen dat experts van het SCK•CEN van nabij onderzoeken, is een belangrijke gasproductie. Koolwaterstofmoleculen, waaruit bitumen is opgebouwd, vormen bij bestraling waterstof. Bij ondergrondse berging kan dat waterstofgas niet weg. Het kan wel gedeeltelijk oplossen in kleiwater. Zodra er een saturatie bereikt is, ontstaan er kleine waterstofgasbellen die uiteindelijk samen grotere bellen gaan vormen. Omdat er geen zuurstof is, bestaat er geen onmiddellijk explosiegevaar, maar als de druk van de gasbel te groot wordt, stijgt

de kans op de vorming van barsten in de kleilaag waarlangs het gas kan ontsnappen. De combinatie van beide gebeurtenissen; de zwelling van vaten door de opname van water én de stress als gevolg van de drukopbouw door gasgeneratie, kan wel een probleem vormen. De impact van beide verschijnselen wordt op dit moment bestudeerd.

Testopstellingen simuleren verschijnselen in de ondergrond

De voorbije jaren is er een belangrijke vooruitgang gemaakt in het begrijpen van de zwelling, wateropname en zoutuitloging, zowel op kwalitatief als kwantitatief vlak. Dat gebeurt onder meer met testopstellingen waarbij het materiaal in contact gebracht wordt met een oplossing die vergelijkbaar is met die waaraan het materiaal zou blootstaan in een kleilaag. Verschillende instrumenten meten de




zwellung. Hefbomen en gewichten zorgen voor een welbepaalde druk en dan wordt de zwellung bestudeerd in functie van de tijd. Ook de samenstelling van de oplossing varieert om de effecten te bestuderen. Daarom spreekt men van een chemo-hydraulisch mechanisch model. De uitgeoefende druk gaat tot 44 bar, wat overeenkomt met de totale druk op de diepte van een mogelijke bergingssite in klei.

De verspreiding van grote hoeveelheden zouten (natriumnitraat NaNO_3) in de klei vraagt nog bijkomend onderzoek. Klei heeft een aantal gunstige eigenschappen voor de berging van radioactief afval. Eén ervan is dat de radionucliden zich minder snel gaan verspreiden in klei. Onderzoek zonder de aanwezigheid van bacteriën heeft uitgewezen dat het natriumnitraat nauwelijks of geen negatieve impact heeft op deze gunstige eigenschap. Het

is evenwel niet uitgesloten dat bacteriën deze processen wél kunnen beïnvloeden. Dat wordt nog verder onderzocht.

In 2011 zijn ook de voorbereidingen gestart van een reeks grootschalige testen in dit domein. Om de evolutie op langere termijn op te volgen, zal het onderzoek naar afvalbitumen wellicht nog 30 tot 40 jaar lopen. Eerder dan alle inspanningen te concentreren op een korte termijn, levert het spreiden van deze research in de tijd het voordeel op dat de kennis in dit domein bewaard blijft en doorgegeven kan worden aan de komende generaties onderzoekers.





**Innovatieve
reactor-
systemen**

03

Deeltjesversneller en reactor succesvol gekoppeld

GUINEVERE nieuwe wereldprimeur voor SCK•CEN

In 2011 heeft GUINEVERE geschitterd. Het project omvat de koppeling van een deeltjesversneller (GENEPI-3C) met de vernieuwde onderzoeksreactor VENUS-F van het SCK•CEN. GUINEVERE is het allereerste demonstratiemodel van een reactor met een volledige loodkern die aangedreven wordt door een deeltjesversneller werkend in continue en gepulseerde modus.

In januari 2011 werd de reactor voor de eerste keer kritisch gemaakt. Daarmee functioneerde er voor het eerst een reactor met snelle neutronen op het SCK•CEN. De vernieuwde VENUS-F-reactor heeft een loodkern terwijl de voorbije 40 jaar gewerkt werd met een water-gemodereerde reactor.

Kritisch zonder problemen

Het eerste luik van de inwerkingstelling is probleemloos verlopen. De reactor was in deze kritische modus bijzonder stabiel en eenvoudig te controleren. In het voorjaar van 2011 is een experimenteel programma uitgevoerd om de kern te karakteriseren. Experts hebben verschillende parameters gemeten zoals de maximum neutronenflux in de reactor,

de fluxverdeling (de verdeling van de neutronen in functie van de plaats), de reactortemperatuur en de manier waarop de reactor reageert bij veranderingen in de kern of bij wijzigingen van het vermogen. Deze tests kaderen in de commissie-oning-fase waarbij moet aangetoond worden of de installatie functioneert zoals beschreven. Voor het GUINEVERE-project bestaat de commissioning uit drie fasen: de niet-nucleaire testen zonder brandstof, de kritische fase met brandstof en dan de subkritische fase. De installatie moet voor alle onderdelen slagen. De testen in de kritische fase zijn eind april

2011 afgerond. In augustus kwam er groen licht van de veiligheidsautoriteiten om de laatste en subkritische fase te starten.

De laatste rechte lijn naar een wereldprimeur

De essentie van de subkritische fase is het koppelen van de deeltjesversneller GENEPI-3C aan de VENUS-F-reactor. De kern van de reactor werd eerst gewijzigd om de verticale bundellijn van de versneller in de reactor te brengen. Daarvoor werden enkele brandstofassemblages verwijderd. De versneller was vóór de kritische fase al uitgebreid getest, weliswaar zonder brandstof in de reactor. Ook voor de koppeling gebeurden nog testen om de nodige referentiemetingen uit te voeren met de geladen reactor. 10 oktober 2011 was de dag van de waarheid. Voor de eerste keer werd de versneller opgestart wat een bron van neutronen creëerde in de subkritische kern. De controlestaven van de reactor werden op het referentieniveau gebracht waardoor de koppeling een feit was. Voor de allereerste keer werkte een subkritische reactor met een volledige loodkern aangedreven door een continue deeltjesversneller.



GUINEVERE

GUINEVERE (Generator of Uninterrupted Intense NEutrons at the lead VENus Reactor) is een demonstratiemodel van een systeem dat aangedreven wordt door een deeltjesversneller, ook Accelerator Driven System (ADS) genoemd. De vernieuwde VENUS-F-reactor van het SCK·CEN is gekoppeld aan de GENEPI-3C deeltjesversneller die werd gebouwd door het Franse Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Het Franse Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA) heeft de uitwerking van het concept en de infrastructuur mee ondersteund en leverde de brandstof. Aan het project participeren ook een tiental andere Europese laboratoria en de Europese Commissie.

In maart 2010 vond de plechtige inhuldiging van GUINEVERE plaats op het SCK·CEN in Mol. Gedurende het eerste jaar werden de deeltjesversneller, de ventilatiesystemen en de verschillende ondersteunende systemen van de installatie grondig getest. In februari 2011 startte de reactor op in de klassieke kritische modus voor een uitvoerige reeks karakterisatietesten. In oktober 2011 gebeurde de effectieve koppeling tussen de versneller en de VENUS-F-reactor waardoor het systeem subkritisch werd.

GUINEVERE is een testinstallatie met een beperkt vermogen die ontworpen is om het MYRRHA-project te ondersteunen. Ze is van groot belang voor het op punt stellen van de werking en controle van toekomstige subkritische reactoren, zoals MYRRHA. Dit type reactoren is bijzonder veilig omdat het reactorgedeelte van een ADS voor zijn werking afhangt van een deeltjesversneller. Als deze wordt uitgeschakeld, valt de reactor onmiddellijk stil.





De koppeling van een deeltjesversneller aan een reactor in het GUINEVERE-project was groot nieuws, niet alleen in de Belgische en Franse media. De primeur ging via de gespecialiseerde informatiekkanalen meteen de wereld rond. Maar waarom is met GUINEVERE eigenlijk een wereldprimeur gerealiseerd en wat is de betekenis ervan voor de ontwikkeling van toekomstige Accelerator Driven Systems (ADS)?

De waarde van een wereldprimeur

Interview met Peter Baeten, Instituutsdirecteur Geavanceerde Nucleaire Systemen

Peter Baeten: In het kader van het ADS-verhaal is GUINEVERE zeer belangrijk. Er zijn verschillende landen die werken aan systemen aangedreven door een deeltjesversneller, maar niemand heeft een ADS met een hoog vermogen. Dat is de bedoeling van MYRRHA. De stap die daaraan vooraf gaat, is een schaalmodel. Er zijn al kleine ADS-en ontwikkeld in het verleden. Dat is op zich niks speciaal. Ook op het SCK•CEN hadden we vroeger een ADS. Maar deze installaties zijn niet te vergelijken met een grote ADS.

Waarom volstonden die bestaande systemen niet?

Peter Baeten: Wij hadden nood aan een ADS die relevant is voor de vergunning van MYRRHA. Veel kleine ADS-en zijn weinig nuttig voor de vergunningsprocedure van een echte ADS. Voor een licensing moet je iets hebben dat representatief is en daar zijn twee aspecten aan. Enerzijds moet je rekencodes valideren in representatieve omstandigheden om de veiligheidsmarges correct te kunnen bepalen. Anderzijds moet je een betrouwbare methode hebben om de subkriticiteit van de reactor te meten en dat is nog nooit ergens systematisch aangepakt. De eerste stap werd gezet in MUSE, een FP5-project in het Franse Cadarache waarbij de versneller GENEPI gekoppeld werd met de MASURCA-reactor. Het experiment leverde informatie op, maar niet voldoende. De



FREYA

Voor de realisatie van het GUINEVERE-project heeft het SCK·CEN zeer intensief samengewerkt met het Franse Centre National de Recherche Scientifique (CNRS). Ook voor het vervolg werken beide partijen nauw samen. In maart 2011 is een nieuw Europees onderzoeksproject opgestart met de naam FREYA. FREYA (Fast Reactor Experiments for hYbrid Applications) is het experimentele programma dat wordt uitgevoerd met de VENUS-F-reactor en de deeltjesversneller GENEPI-3C uit het GUINEVERE-project. FREYA zal de komende vier jaar nieuwe gegevens opleveren die erg belangrijk zijn voor de ontwikkeling van ADS-systemen.

conclusie van MUSE was dat je een systeem nodig hebt zoals GUINEVERE als je echt experimenten wil uitvoeren die relevante resultaten opleveren voor een vergunningsprocedure.

Waarom is met GUINEVERE dan een wereldprimeur gerealiseerd?


Peter Baeten: Er zijn wereldwijd veel koppelingen van iets met een reactor. Maar daarmee kan je eigenlijk niets doen in het kader van een vergunningsproces voor een grote ADS. Dat zijn academische experimenten, geschikt voor studenten om zaken op te meten. Ons objectief was informatie verzamelen voor validatie van rekencodes en een gevalideerde methode voor de meting van de subkritikaliteit. Daarvoor heb je een installatie nodig waarmee je in aanvaardbare, representatieve omstandigheden dezelfde experimenten kan doen als later in MYRRHA. Anders zeggen de veiligheidsautoriteiten: "En wat is nu de extrapolatiebaarheid?". En dan stopt het verhaal.

We hadden een versneller nodig die werkt zoals in een echte ADS. De versneller in MUSE was een gepulseerde versie. Een versneller van een ADS met hoog vermogen gaat nooit gepulseerd zijn. Die heeft een continue bundel. Ten tweede moet ook de kern van het schaalmodel representatief zijn. Dit betekent een snelle kern met het materiaal van een industriële ADS; dus lood of lood-bismut en geen natrium of water. Die twee condities moet je hebben

Door de karakterisatie van de reactorkern die bestaat uit lood en uranium, kunnen de neutronencodes die gebruikt zullen worden voor MYRRHA, voor het eerst experimenteel getoetst worden. Die codes geven een beeld van de neutronenverdeling in de reactor, wat essentieel is voor de controle en veilige werking van het systeem.

Binnen het FREYA-project zal ook de invloed van de positie van de neutronenbron onderzocht worden. Op het einde van de versneller staat een target van tritium. Op dat punt worden de neutronen geproduceerd die nodig zijn om de reactor te voeden. In MYRRHA is het target vloeibaar en is de positie dus variabel. Het FREYA-project biedt de mogelijkheid om te onderzoeken of deze fluctuaties een invloed hebben op de werking van de reactor.

om de standaardtechnieken die we in MUSE al bestudeerd hebben, opnieuw te bekijken. Dat kunnen we nu voor het eerst demonstreren met GUINEVERE. Daarom is het effectief een wereldprimeur die de bouw van een ADS met een hoog vermogen zal mogelijk maken. Met andere woorden, onze baby-MYRRHA met een nul-vermogen is een cruciale stap voor het vergunningsproces van de uiteindelijke versie op ware schaal.



Interview met
Hamid Aït Abderrahim,
directeur van MYRRHA

MYRRHA in 2011

“ Door het MYRRHA-project ontmoet ik veel collega's uit heel de wereld. Geregeld zijn er ook buitenlandse delegaties te gast bij het SCK•CEN. In alle eerlijkheid moet ik zeggen dat er elke keer weer vol bewondering naar ons wordt gekeken. Ik hoor vaak zeggen dat we buitengewoon werk leveren met een ploeg van 700 mensen, wat op internationaal vlak bekeken zeer bescheiden is. Dat kan je alleen maar realiseren als je zeer toegewijde en gedreven medewerkers hebt.

”

MYRRHA in een bewogen jaar

Innovatieve onderzoeksinstallatie overtuigt de wereld

Het ongeval in de kerncentrale van Fukushima Dai-ichi heeft ook een impact gehad op MYRRHA-project. Al van bij het eerste ontwerp van de installatie lag de focus op het maximaal uitsluiten van elk risico. Na de gebeurtenissen in Japan besteedde het MYRRHA-team opnieuw enkele maanden aan de revisie van het bestaande ontwerp.

Er werd nagegaan of er aanpassingen nodig waren aan de veiligheidssystemen of andere belangrijke onderdelen. Ook was het afwachten of Fukushima een invloed zou hebben op de vorming van het internationale consortium dat MYRRHA zal financieren en beheren.

Hamid Aït Abderrahim: 11 maart was onwaarschijnlijk. Niemand had zoiets verwacht. In het MYRRHA-team was de eerste reactie; laten we onderzoeken wat er gebeurd is en kijken welke lessen we kunnen trekken voor ons ontwerp. Maar we moesten natuurlijk ook een idee hebben van de mogelijke impact op de voortgang van het project. In maart en april waren de mensen van MYRRHA, en vooral het Management Team, nauw betrokken bij de studie die het SCK•CEN uitvoerde van het ongeval in Fukushima en de gevolgen ervan. Dan zijn we gaan kijken of zo'n ongeval mogelijk zou kunnen zijn in MYRRHA. Wat als de stroom uitvalt? Kan de kern dan ook smelten? Dit scenario was al voorzien in het design, maar als zo'n ongeval gebeurt, ga je terug naar de tekentafel om nog eens na te kijken of alles echt klopt. En het is zo, als

we alle actieve koelsystemen verliezen, dan nog zal de kern van MYRRHA niet smelten. Dus het ergste wat in Fukushima gebeurd is, kan bij ons niet. We hebben uiteraard ook andere aspecten verder in detail bestudeerd. Bijvoorbeeld voor de impact van zeer zware aardbevingen zijn er nieuwe aanbevelingen en die nemen we natuurlijk mee in het ontwerp.

Verder is het afwachten welke keuzes Europa gaat maken voor de financiering van het onderzoek naar reactoren van de vierde generatie in het kader van het Strategic Energy Technology Plan (SET-plan). Mogelijk komt er uit die richting minder financiële steun voor MYRRHA. Anderzijds is MYRRHA ook een onderzoeksinstallatie en daar houden we onze sterke positie omdat we op de prioriteitenlijst staan voor grote onderzoeksinfrastructuren van het European Strategic Forum for Research Infrastructures (ESFRI).

Heeft de keuze van Duitsland voor een kernuitstap gevolgen voor het MYRRHA-project?

Hamid Aït Abderrahim: Dat valt nog af te wachten. Wij dachten altijd dat Duitsland één van de belangrijke partners in MYRRHA kon zijn. Na het nieuws dat Duitsland koos voor een uitstap uit

“ Ook 2012 wordt weer een boeiend jaar voor het MYRRHA-team. ”

van hoogactief langlevend afval, een proces waardoor het overblijvende afval veel minder radiotoxisch is en beduidend minder lang geborgen moet worden. Het onderzoek naar dit scenario voor de optimalisatie van de finale berging blijft nu eenmaal actueel, ook voor landen die een kernuitstap overwegen of al gepland hebben.

Hoever staan jullie met de vorming van het internationale consortium voor MYRRHA?

Hamid Aït Abderrahim: We hebben ons in 2011 tot doel gesteld het 40-tal potentiële landen om mee te onderhandelen, te beperken tot een shortlist van landen waarmee we werkelijk een overeenkomst denken te sluiten. Daarbij hebben we twee criteria gehanteerd. Enkel de landen die zeer snel zouden kunnen toetreden tot het consortium en partijen die een zeer belangrijke

kernenergie, was het moeilijk om in te schatten welke invloed dit zou hebben op hun interesse voor MYRRHA. Duitsland is nog steeds geïnteresseerd en zeer specifiek in de mogelijkheden van MYRRHA voor de transmutatie

bijdrage zouden leveren, kwamen in aanmerking. Die oefening is gemaakt en we hebben nu een lijst met 13 landen, vooral uit Europa en Azië.

Ook hebben we een beperkt aantal scenario's voor het consortium van MYRRHA geïdentificeerd met de bijhorende sleutelfactoren tot succes. Verder is er per scenario bepaald hoe de beste synergie kan bekomen worden tussen de mogelijke interesses van de partners en de strategische doelstellingen van het SCK•CEN en België. Voor het SCK•CEN is de uitbating van MYRRHA als multifunctionele onderzoeksinfrastructuur voor innovatieve toepassingen van cruciaal belang. Voor België, Vlaanderen en Wallonië is het cruciaal dat er continu geïnvesteerd wordt in innovatie en dat we de kenniseconomie ondersteunen. Natuurlijk zullen we MYRRHA ook

SAMENWERKINGSOVEREENKOMST MET UCL

Het Studiecentrum voor Kernenergie en de Université catholique de Louvain hebben een samenwerkingsovereenkomst ondertekend met het oog op het ontwikkelen en testen van het eerste gedeelte van de deeltjesversneller van MYRRHA. De UCL beschikt met zijn Centre de Recherche du Cyclotron (CRC) over een ruime ervaring en competentie op het vlak van acceleratortecnologie. De universiteit zal een gebouw ter beschikking stellen van het SCK•CEN dat uitermate geschikt is om vanaf 2012 de constructie te starten van het eerste deel van de MYRRHA-versneller. Dit bestaat uit de injector met protonenbron. Hier worden de deeltjes geïoniseerd en omgevormd tot een ionenbundel. Vervolgens zorgt een radiofrequentie quadrupole (RFQ) voor de versnelling van de ionenbundel.

De samenwerking met de Université catholique de Louvain levert belangrijke synergiën op. Voor de UCL is het bijzonder interessant om de eigen expertise op vlak van deeltjesversnellers te kunnen valoriseren en om de kennis hierover verder te ontwikkelen, terwijl het SCK•CEN geen nieuwe hal moet bouwen en een beroep kan doen op de technische ondersteuning van het Centre de Recherche du Cyclotron.

UCL
Université catholique de Louvain

inzetten voor de productie van medische radio-isotopen en voor het bestralen van silicium voor gebruik in windturbines, hybride voertuigen en dergelijke.

Wat is de streefdatum voor de samenstelling van het MYRRHA-consortium?

Hamid Aït Abderrahim: Onze overeenkomst met de overheid zegt dat we partners moeten hebben die samen ten minste nog 40% van de investering afdekken voor 2014. Het is duidelijk dat de economische situatie in de Westerse wereld en de impact van Fukushima op grote investeringen in de nucleaire sector, zelfs in het onderzoeksdomein, het vinden van partners zeker niet makkelijker heeft gemaakt. Toch blijven we optimistisch en zullen we de bestaande contacten verder versterken. Ja, ook 2012 wordt weer een boeiend jaar voor het MYRRHA-team.

MYRRHA

Voluit staat MYRRHA voor Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications. Deze opvolger van reactor BR2 wordt een bijzonder innovatieve onderzoeksinfrastructuur. MYRRHA werkt met snelle neutronen en de koeling gebeurt door vloeibaar metaal: een mengsel van lood en bismut. MYRRHA is wereldwijd het allereerste prototype van een kernreactor die wordt aangedreven door een deeltjesversneller. We spreken van een subkritische reactor: de kern bevat onvoldoende splijtbaar materiaal om de kettingreactie spontaan te onderhouden. Hij moet voortdurend gevoed worden door een externe neutronenbron. Daarom wordt de reactor gekoppeld aan een deeltjesversneller. Het is een bijzonder veilige en prima te controleren technologie. Door het uitschakelen van de versneller stopt de kettingreactie letterlijk binnen een fractie van een seconde en valt de reactor stil.

Dankzij de snelle neutronen wordt de uranium brandstof in de reactor efficiënter gebruikt, waardoor er minder radioactief afval overblijft. Bovendien moet MYRRHA demonstreren dat het technisch haalbaar is om de meest radiotoxische elementen (de mineure actiniden neptunium, americium en curium) te verwerken door transmutatie. Deze splijting van langlevende elementen tot producten die veel minder lang radiotoxisch zijn, zorgt voor een verdere reductie van de hoeveelheid en levensduur van het afval. Daardoor daalt de vereiste bergingstijd van honderdduizenden jaren tot een paar 100 jaren.

Naast het onderzoek naar transmutatie zal het SCK·CEN MYRRHA inzetten voor een brede waaier van toepassingen, zoals materiaaltesten voor huidige en toekomstige reactoren, kernfusietechnologie en de ontwikkeling van innovatieve splijtstoffen. Daarnaast is er de productie van medische radio-isotopen, essentieel voor diagnose en kankerbehandeling, en de bestraling van silicium voor elektronica in onder meer windturbines en hybride voertuigen. Het SCK·CEN wil MYRRHA in 2023 in gebruik nemen. De totale kost is geraamd op € 960 miljoen (2009).



MYRRHA krijgt vorm

Fukushima bevestigt de keuzes voor het ontwerp

2011 was een beslissend jaar voor het Central Design Team (CDT) van MYRRHA. CDT is een Europees project voor het ontwerp van deze multifunctionele onderzoeksinstallatie, waarin een aantal internationale partners elk een deel van het high-level design voor hun rekening nemen. In deze fase worden de belangrijkste keuzes gemaakt met betrekking tot het ontwerp die later door een studie bureau verder uitgewerkt worden.

In de loop van 2011 is het team versterkt met ingenieurs die verantwoordelijk worden voor de realisatie van de volledige infrastructuur van MYRRHA, behalve het nucleaire gedeelte. Het zijn experts bouwkunde en architectuur, procesengineering, instrumentatie en controle, elektriciteit, leidingen en verwarming, ventilatie en airconditioning (HVAC). In 2011 is gestart met de selectie van het studie bureau dat de verschillende onderdelen van het bouwproject verder moet uitwerken.

Een nieuw ontwerp voor het hart van MYRRHA

2011 is ook een cruciaal jaar gebleken voor de ontwerpers van het hart van

MYRRHA; in het jargon het primaire systeem genoemd. Dit is het nucleaire gedeelte van de installatie. Het ontwerp van het primaire systeem heeft in de loop van 2011 enkele belangrijke technische herzieningen ondergaan. In juni werd revisie 1.2 voorgesteld. De Europese partners gebruiken dit aangepaste ontwerp voor de veiligheidsanalyses van het systeem. Eind 2011 was de laatste mechanische revisie afgerond. Er is nu een coherent ontwerp van het volledige nucleaire gedeelte waarin alle componenten volledig of grotendeels uitgetekend zijn.

Eén van de grootste uitdagingen was het ontwerp van het diafragma, een zeer grote, complexe structuur in de reactorkuip die de warme en koude zone scheidt. Ondanks een doorgedreven ontwikkeling van het diafragma was het noodzakelijk om de maximale temperatuur van het lood-bismut koelmiddel te verlagen. In 2011 is er ook veel onderzoek verricht naar de maakbaarheid van dergelijke grote, complexe structuren.

De designers hebben voor MYRRHA ook een rok ontworpen: de baffle. Dit systeem zorgt ervoor dat een eventueel losgekomen brandstofelement binnen deze rok blijft. De brandstof kan dan enkel belanden in een beperkte zone en ligt zo altijd binnen het bereik van de robotarm waarmee MYRRHA is uitgerust voor dit soort operaties.

Daarnaast is er een core restraint systeem ingevoerd dat de reactorkern kan blokkeren in de reactorkuip. Bij MYRRHA zullen de brandstofassemblages een lagere dichtheid hebben dan het

KLAAR VOOR DE VERGUNNING

Samen met het ontwerp zijn ook de veiligheidscriteria voor MYRRHA in 2011 geëvolueerd. Het ongeluk in Fukushima had onvermijdelijk een impact op de timing en de aanpak van vergunningstraject. Naast de specifieke wettelijke vereisten voor het verkrijgen van een licentie voor dit type nucleaire installatie, werd een pre-autorisatie opgezet door het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC). Ruim voor de opmaak van de vereiste veiligheids- en andere rapporten, zijn de experts van het FANC in de loop van 2011 al uitgebreid geïnformeerd over de belangrijkste onderdelen van MYRRHA. Uitwisseling van informatie in dit stadium, gecombineerd met technische ondersteuning van de Wetenschappelijke Raad van het FANC, bracht bepaalde aandachtspunten aan het licht. De impact van die punten op vlak van veiligheid moet worden bestudeerd. Uiteindelijk zal dit leiden tot een aangepast ontwerp waarvoor aangetoond moet worden dat het voldoet aan de doelstellingen en eisen van het FANC.

MYRRHA omvat technologische vernieuwingen met meerdere toepassingen waarbij het gebruik van bestaande technieken en materialen hand in hand gaat met onderzoek en ontwikkeling. Vanwege het innovatieve karakter van de installatie zal de in 2011 gestarte pre-autorisatie naar schatting drie jaar duren. Daarna volgt de eigenlijke vergunningsfase die gebaseerd zal zijn op de evaluatie van de opgestelde rapporten inzake veiligheid, beveiliging en milieu-impact. Daarnaast is ook een afvalplan noodzakelijk, zowel voor de exploitatie als de ontmanteling van MYRRHA en moet de bouwvergunning in orde zijn.

lood-bismut koelmiddel waardoor ze drijven. Bovenaan zit de brandstof in een rooster. Maar bij een zware aardbeving zou de hele kuip kunnen gaan schudden, waardoor de assemblages mogelijk dichterbij elkaar komen dan voorzien. Om te vermijden dat ze elkaar zouden raken, hebben de ontwerpers een blokkeeringsmechanisme ontwikkeld; een systeem dat de brandstofassemblages blokkeert, om elk risico uit te sluiten.

Ook het neutronisch ontwerp van de kern is verder geoptimaliseerd. Ten opzichte van de vroegere variant van MYRRHA is geopteerd voor een lichte aanpassing van de brandstofconfiguratie. Aanvankelijk gebeurde de berekening van de neutronenverdeling enkel met verse brandstof (de zogenaamde beginning-of-life kern). Deze berekening gaf een eerste indicatie voor de prestaties van het systeem. Dan werd een schatting gemaakt voor kernen met een mix van nieuwe en oude assemblages. Nu is het dankzij de verdere ontwikkeling van de rekencode ALEPH mogelijk om een evenwichtscyclus te berekenen waarbij een doorschuifstelsel voor de assemblages in de kern kan worden geanalyseerd.

Ook het niet-nucleaire gedeelte krijgt vorm

In 2011 werden alle niet-nucleaire systemen gedefinieerd (secundaire en tertiaire koelsystemen, ventilatie, hot-cells ...) en conceptueel uitgewerkt. Zo ontstond voor de eerste keer een beeld van de ganse installatie. Alle systemen zijn beschreven in een lastenboek op basis waarvan het externe studie bureau zijn werk zal aanvatten begin 2013.





Veiligheid dankzij moeder natuur

Het ongeval in de kerncentrale van Fukushima Dai-ichi in Japan bleef niet zonder gevolgen voor het designteam van MYRRHA. Verschillende experts hebben zich ingezet voor het uitvoeren van de stresstests waaraan ook het Studiecentrum voor Kernenergie onderworpen werd. Anderzijds bevestigde het ongeval in Japan dat de ontwerpers van MYRRHA jaren geleden al goede keuzes hadden gemaakt.

Interview met
Paul Leysen, hoofd Ontwerp Nucleaire Systemen,
Rafaël Fernandez, hoofd Ontwerp Primaire Systeem
en **Gert Van den Eynde**, hoofd Fysica Nucleaire Systemen

Paul Leysen: Toen het nieuws van Fukushima bekend werd, wisten we meteen waaraan we ons konden verwachten. Binnen het MYRRHA-project zijn er een aantal mensen tijdelijk gaan werken op studies in het kader van de stresstests. De bouwkundige en de architect hebben mee het onderzoek gedaan naar de stabiliteit van een aantal gebouwen van het SCK•CEN. Ook onze elektriciteitsexpert heeft heel wat tijd besteed aan die weerstandstesten. In het algemeen heeft Fukushima ervoor gezorgd dat het FANC hogere veiligheidseisen stelt voor de bouw van nieuwe installaties zoals MYRRHA. Zo moet de weerstand tegenover aardbevingen verhoogd worden, wat inhoudt dat de muren dikker moeten zijn of meer wapeningsijzer moeten bevatten. Maar Fukushima heeft ook bewezen dat ons uitgangspunt juist was. Het was onze basisfilosofie dat het hele koelsysteem van de reactor passief moet werken. Bij een noodgeval moet het zichzelf in een veilige staat kunnen brengen zonder een menselijke interventie of een externe energiebron. Dat principe, dat we van bij de start hebben meegenomen in MYRRHA, is nu door het FANC onderstreept als een absolute vereiste.

Rafaël Fernandez: We hebben geen elektriciteit nodig en geen interventie van buitenaf. De fysica van moeder natuur zorgt ervoor dat de reactor afkoelt. Dat is de essentie. We hebben voor de koeling vier redundante kringlopen voorzien. Stel dat je door de crash van een vliegtuig een deel van een systeem verliest, dan heb je er nog drie over om te koelen. Ze zijn onafhankelijk en je hebt er maar één nodig. Als ook het laatste systeem uitvalt heb je nog een bijkomend koelsysteem dat met natuurlijke circulatie van omgevingslucht werkt. Het volledige ontwerp van MYRRHA is zo opgevat dat er geen elektriciteit, geen nooddiesels of menselijke tussenkomst nodig is. Dat was het grote probleem in Fukushima. Door de tsunami waren alle noodsystemen uitgeschakeld en de mensen konden geen actie ondernemen, zoals nooddiesels aanvoeren.

Dus in zekere zin betekende het ongeval in Fukushima ook een bevestiging van de keuzes die gemaakt zijn voor het ontwerp van MYRRHA?

Rafaël Fernandez: Absoluut. Wat gebeurd is in Fukushima heeft bevestigd dat we een goed koelsysteem uitgedacht hebben. In feite was er nog helemaal geen verplichting voor redundante en passieve koeling. Na het ongeval stelde het FANC ons de vraag: "Wat als er bij jullie iets gebeurt zoals in Fukushima; een aardbeving of een ander extern fenomeen met zo'n extreme impact?". We hebben dan ons ontwerp getoond en ze waren positief dat we dit van meet af aan ingecalculereerd hadden.

“
Toen het nieuws van Fukushima bekend werd, wisten we meteen waaraan we ons konden verwachten.
”

Dat was dus jaren geleden al opgenomen in het design?

Paul Leysen: Dat was inderdaad het geval voor het primaire systeem, het nucleaire reactorgedeelte. Maar we hadden nog niet ingeschat wat er nodig zou zijn om dat door te trekken naar het niet-nucleaire gedeelte van de installatie. In 2011 is dat uitgebreid bestudeerd samen met de Europese partners. We hebben nu een oplossing gevonden die weer uniek is in de wereld: MYRRHA zal de eerste nucleaire installatie zijn waarvan alle essentiële systemen passief zijn.

Heeft het ongeval in Fukushima nog op een andere manier het MYRRHA-project beïnvloed?

Gert Van den Eynde: We waren begin 2011 al gestart met de analyse van de gevolgen van mogelijke zware ongevallen. Dat onderzoek is effectief door de gebeurtenissen in Fukushima in een stroomversnelling geraakt. Een zwaar ongeval in een kerncentrale betekent dat de reactor-kern ernstig vervormd of beschadigd is. Men gaat er dan van uit dat de installatie verloren is, maar natuurlijk moet je ervoor zorgen dat de impact op mens en milieu minimaal is. We hebben een belangrijk onderzoek opgezet met experts van het Duitse Karlsruhe Institute of Technology (KIT). Die hebben de rekencode SIMMER ontwikkeld voor reactoren zoals MYRRHA. Dit is één van de referentiecodes om de impact van zware ongevallen te voorspellen. Eén van onze medewerkers is ter plaatse opgeleid. We ontwikkelen de modellen en analyseren de resultaten samen. Dit was al gepland, maar door Fukushima zijn deze analyses eerder gestart.

Nieuwe technologie in de praktijk getest

Hoe overleven bewegende delen in vloeibaar lood-bismut?

Ook al moet de eerste steen van MYRRHA nog gelegd worden, toch zijn ingenieurs en onderzoekers op het SCK•CEN al volop bezig met fysieke testen in proefopstellingen. In 2011 zijn hiervoor verschillende systemen in gebruik genomen.

Eén van de opmerkelijkste is RHAPTER (Remote HAndling Proof of principle TEst Rig). Deze installatie laat toe het gedrag te testen van bewegende onderdelen in lood-bismut, het vloeibare metaal dat dienst doet als koelmiddel in MYRRHA.

Sinds september 2011 is RHAPTER in bedrijf. Het is een testvat gevuld met

50 liter lood-bismut en een hele reeks meetinstrumenten. In het vat zijn twee verticale assen geplaatst, een snelle en een trage. Hieraan worden verschillende componenten bevestigd die getest moeten worden. In een eerste fase is gestart met de kogellagers voor de robotarm van MYRRHA, maar de installatie is zo gebouwd dat testen mogelijk zijn met zowat alle cruciale

onderdelen, zoals tandwielen en veren. In RHAPTER draaien ze rond met een welbepaalde belasting en kan de slijtage nauwkeurig gemeten worden.

Authentiek proefondervindelijk onderzoek

Het gedrag van bewegende delen in lood-bismut is nooit eerder grondig getest. In de industrie wordt doorgaans vermeden om componenten zoals de lagers van een pomp in lood te plaatsen omdat er te weinig bekend is over het gedrag van deze bewegende

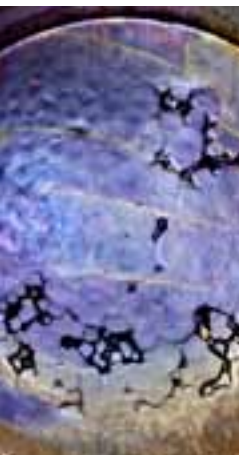


onderdelen. Maar in MYRRHA valt dat niet te vermijden. De strategie bestaat erin zoveel mogelijk bestaande componenten te gebruiken en dan in RHAPTER proefondervindelijk vast te stellen hoe ze reageren in lood-bismut.

Het vloeibaar metaal stelt de ingenieurs voor bijzondere uitdagingen. Om te beginnen is het onmogelijk om onderdelen te smeren en lood-bismut zelf heeft ook geen smerende werking omdat het te vloeibaar is. Corrosie is een ander probleem. De geteste materialen zijn in principe weinig onderhevig aan corrosie op voorwaarde dat de zuurstofconcentratie in het lood-bismut binnen bepaalde grenzen wordt gehouden. Maar om het zekere voor het onzekere te nemen, wordt ook de corrosieve werking van lood-bismut bestudeerd.

WAT IS LOOD-BISMUT?

Lood-bismut is het vloeibare metaal dat dienst doet als koelmiddel in MYRRHA. Eerst en vooral; lood-bismut is niet stroperig. In tegendeel, het is vloeibaarder dan water. Zuiver lood-bismut is ondoorzichtig en lijkt nog het meest op een spiegel. Maar dan wel een zware. Eén liter van het mengsel heeft een massa van maar liefst 10 kilo. Omdat het letterlijk loodzwaar is, gaat bijvoorbeeld staal niet zinken in een vat lood-bismut, maar blijven drijven. Een ander aandachtspunt is het verschijnsel oxidatie. Het spiegelend effect is namelijk zeer vergankelijk. Zodra er zuurstof in de buurt komt, wordt het oppervlak onmiddellijk mat door oxidatie. Uiteindelijk vormt zich een dikke pel van niet-vloeibare loodoxides. Deze kleine partikeltjes zijn bijzonder hard en kunnen heel wat schade berokkenen aan de bewegende delen van de installatie. Lood-bismut heeft een smelttemperatuur die veel lager is dan deze van lood én bismut apart. De relatief lage smelttemperatuur heeft een positieve impact op de levensduur van de mechanische componenten en de gebruikte materialen. Lood-bismut wordt vooral gebruikt in elektronica en binnenkort dus ook om innovatieve reactoren te koelen.



Het hele testprogramma loopt tot na 2014 maar voor die tijd moet al duidelijk zijn of de onderzochte onderdelen überhaupt gebruikt kunnen worden. De eerste fase omvat het bepalen van het beste ontwerp en de beste materiaalkeuze voor deze componenten voor MYRRHA. Naderhand volgen nog duurtesten om de betrouwbaarheid van de componenten te onderzoeken en na te gaan hoe die nog verhoogd kan worden.

Nieuwe testopstellingen volgen elkaar in hoog tempo op

In 2011 is ook HELIOS 3 gebouwd. Het is een smelt- en conditioneringsinstallatie die zorgt voor zuiver lood-bismut met het juiste zuurstofgehalte om de corrosieve werking te minimaliseren.

Andere projecten liggen nog op de tekentafel. LILIPUTTER was een kleine kringloop om het gedrag van een schroefpomp in lood-bismut te beschrijven en zal in de toekomst gebruikt worden voor filteronderzoek. E-SCAPE wordt een schaalmodel van MYRRHA dat toelaat om de stroming van het koelmiddel te karakteriseren. Elektrische verwarmingselementen moeten de hitte van de brandstof simuleren. COMLOT is dan weer een kringloop die één splijtstofkanaal van MYRRHA op ware grootte voorstelt. CRAFT onderzoekt de corrosie van materialen in lood-bismut en MEXICO bekijkt het massatransport van zuurstof in een lood-bismut kringloop.

Voorspellen voor gevorderden

De zoektocht naar de ideale materialen voor fusiereactoren

Energie opwekken op aarde volgens dezelfde principes als in de zon, is een zeer aantrekkelijke gedachte. Al decennialang wordt er onderzoek verricht naar kernfusie en met ITER is een internationaal projectteam in het Franse Cadarache begonnen aan de bouw van de eerste experimentele fusiereactor. Toch blijven er nog heel wat uitdagingen voor wetenschappers en ingenieurs. De expertisegroep Structuurmaterialen van het SCK•CEN neemt er alvast één voor zijn rekening.

De selectie van geschikte materialen voor fusiereactoren is geen eenvoudige opgave. In een fusiereactor moet het reactorvat extreem hoge temperaturen doorstaan, van 600 tot zelfs 1000 °C. Ook de neutronenflux is vele malen hoger dan in een traditionele fissiereactor waar kernsplijting de bron van energie vormt. Een bijkomend probleem is dat deze extreme condities niet gesimuleerd kunnen worden in een fissiereactor. Maar ook al zijn de omstandigheden niet dezelfde,

experimenten met materialen zijn wel mogelijk. Om daarna zinvolle conclusies te kunnen trekken uit de resultaten, worden rekenmodellen ontwikkeld. Het huidige onderzoek spitst zich toe op het extrapoleren van bestaande experimentele data en methoden om de materialen te karakteriseren.

Simuleren is geen optie

Voor de structuurmaterialen van fusiereactoren worden bepaalde types van ferritisch staal bestudeerd. Voor het materiaal dat in contact komt met het gloeiend hete plasma, komt mogelijk wolfram in aanmerking. Dit bekledingsmateriaal binnenin het reactorvat vormt de eerste barrière. Het moet ervoor zorgen dat het plasma ingesloten blijft.

Het materiaal moet uitstekende hitte-eigenschappen hebben, maar dat is niet het enige criterium. Als het bij de ontmanteling uit de reactor gehaald wordt, zal het onder meer vervuild zijn met radioactief tritium. Daarom mag het niet bij de minste schok versplinteren zoals bijvoorbeeld glas. De structuurmaterialen voor de bouw van fusiereactoren moeten dus plastisch genoeg zijn. Als ze toch zouden breken, moet dat gebeuren op een gecontroleerde manier. Er is met andere woorden nood aan materialen met zeer voorspelbare mechanische eigenschappen.

Om betrouwbare modellen te ontwikkelen die het gedrag van deze materialen goed voorspellen, worden gegevens verzameld op

verschillende niveaus: zowel de veranderingen op atomaire schaal als de mechanische effecten die met het blote oog zichtbaar zijn. In eerste instantie gaat het er om te begrijpen hoe straling schade veroorzaakt op het atomaire niveau. Daarom wordt materiaal dat in reactor BR2 bestraald werd, onder een elektronenmicroscoop onderzocht en vergeleken met identiek materiaal dat niet bestraald werd. Daaruit valt af te leiden welke veranderingen er zijn opgetreden onder deze specifieke omstandigheden. De materialen ondergaan daarna diverse mechanische testen. De resultaten worden gerelateerd aan de veranderingen in het materiaal ten gevolge van de bestraling. Als de modellen finaal een goede verklaring kunnen leveren voor deze experimentele data, dan zijn ze betrouwbaar. Het ultieme doel is te bepalen of het materiaal al dan niet aan de vereisten voldoet.

De gemaakte keuze bevestigd in de praktijk?

De materialen voor de internationale experimentele kernfusiereactor ITER, een project waaraan ook het SCK•CEN participeert, zijn intussen geselecteerd. Toch blijft ITER zeer interessant voor de onderzoekers die werken aan modellen. Wanneer ITER start, zullen er gegevens binnenstromen over de gebruikte materialen. Het zal

een waardevolle praktijktest zijn voor de modellen die nu gemaakt worden. Op dat moment kan hun geldigheid beoordeeld worden aan de hand van reële meetgegevens. De eenheid Structuurmaterialen Modellisatie en Microstructuur van het SCK•CEN doet intussen al onderzoek met het oog op het volgende grote kernfusieproject; de DEMO-reactor. DEMO zal moeten aantonen dat er effectief elektriciteit geproduceerd kan worden door kernfusie. De studies die het SCK•CEN momenteel uitvoert, kunnen een belangrijke bijdrage leveren tot het optimaliseren van de bestaande fusiematerialen en de ontwikkeling van nieuwe types.







BR2:
motor van
duurzame
vernieuwing

04

Minder afval dankzij nieuwe brandstoftypes

Thorium-plutoniumbrandstof klaar voor ultieme test

Europa steunt al geruime tijd onderzoek naar innovatieve technologieën die de productie van radioactief afval minimaliseren bij de opwekking van elektriciteit in kerncentrales. Het gaat in de eerste plaats om de lichtwaterreactoren of LWR's. Dit is het meest courante type van kerncentrales in Europa.

niet mogelijk binnen het kader van het eerste project. Een vervolg van dit veelbelovende onderzoek was dus meer dan wenselijk. Het SCK•CEN heeft hierbij een voortrekkersrol kunnen spelen dankzij zijn expertise op het vlak van brandstofmaterialen en de fysico-chemische en radiochemische analyse van dergelijke materialen. De tests en analyses werden hoofdzakelijk uitgevoerd in de BR2-onderzoeksreactor, het Laboratorium voor Hoge en Middelhoge Activiteit en de laboratoria voor Radiochemische Analyse.

In 2005 had het SCK•CEN het initiatief genomen voor het Europese project LWR-DEPUTY (Light Water Reactor fuels for DEep burning of PU in Thermal sYstems). Het Studiecentrum voor Kernenergie coördineerde het onderzoeksprogramma waaraan een tiental onderzoeksinstellingen en industriële partners participeerden. Het bouwde voort op het vroegere Europese OMICO-project (2000-2006) dat een aantal mooie resultaten had opgeleverd, in het bijzonder voor een nieuwe kernbrandstof op basis van thorium en plutonium. Die was ontwikkeld, bestraald en gedeeltelijk onderzocht. Maar het nabestralingsonderzoek dat essentieel is vooraleer een nieuw type brandstof ooit in een reactor van een kerncentrale ingebracht kan worden, was omwille van de lange looptijd

Evolueren of 'out-of-the-box' denken?

De onderzoekers hebben binnen het LWR-DEPUTY-project twee paden bewandeld. Enerzijds begonnen ze met de exploratie van zeer innovatieve materialen, zoals metaal-keramiek-brandstoffen, ook wel cermets genoemd. Verschillende types werden ontwikkeld en getest in BR2. De allereerste resultaten zijn alvast positief, maar gefundeerde conclusies zullen pas mogelijk zijn binnen enkele jaren als deze kernbrandstoffen ook voor een langere tijd bestraald zijn.

De meeste aandacht ging echter naar het afronden van het onderzoek dat begin deze eeuw gestart werd op de thorium-plutoniumbrandstof. Deze gedraagt zich goed onder bestraling in een reactor en lijkt sterk op plutonium-uraniumoxide, beter bekend als MOX. Een belangrijk verschil is echter dat brandstof bestaande uit thorium en plutonium zorgt voor een grotere netto vermindering van de plutoniumproductie. Thorium-232 geeft namelijk geen aanleiding tot het ontstaan van de hogere actiniden (plutonium, americium en curium). Deze elementen worden gezien als zeer problematisch voor mens en milieu omwille van hun hoge radio-toxiciteit én het feit dat ze langlevend zijn.

Leo Sannen

Instituutsdirecteur Nucleaire
Materiaalwetenschappen

“ Dankzij de wereldwijd
gewaardeerde kwaliteit van
onze onderzoeksreactor en
de bijhorende laboratoria,
kunnen we het voortouw
nemen in het beantwoorden
van de maatschappelijke
vragen naar veilige reactoren,
een afdoend beheer van
kernafval en de verzekerde
voorziening van medische
radio-isotopen.

”



Thorium-plutonium weer een stap dichterbij als nieuw brandstoftype

De thorium-plutoniumbrandstof wordt niet beschouwd als het ultieme alternatief, maar eerder als een overgangsooplossing. Ze zou een jaar of 20 kunnen gebruikt worden om de geleidelijke overgang mogelijk te maken van reactoren die werken op basis van de splijting van uranium naar echte thoriumreactoren.

Het LWR-DEPUTY-project nam de draad van het eerder onderzoek op met een uitgebreide analyse van de thermo-mechanische eigenschappen van de kernbrandstof. Dit onderzoek maakt het mogelijk om betrouwbare datasets op te bouwen die een correct inzicht geven in het gedrag van de experimentele brandstof. Niet-destructieve en fysico-chemische analyse geeft een goed beeld van de veranderingen die tijdens de bestraling zijn opgetreden, terwijl destructieve radiochemische analyse toelaat om accuraat te bepalen welke en hoeveel isotopen werden opgebrand en opgebouwd. Deze kennis is essentieel voor alle stappen van het proces en is

onder meer vanuit veiligheidsoogpunt van groot belang. Sommige actiniden die geproduceerd worden in de nieuwe brandstoftypes vereisen immers specifieke beschermingsmaatregelen.

De op één na beste oplossing

Om de afvalproductie die gepaard gaat met het opwekken van elektriciteit in kerncentrales te reduceren, bestaat de optie om betere oplossingen te ontwikkelen die kunnen toegepast worden in de huidige kerncentrales. Binnen het wereldwijde onderzoek geldt deze pragmatische aanpak echter als de op één na beste oplossing. Inzetten op een nieuwe generatie reactoren, zoals bijvoorbeeld MYRRHA, is een andere optie. De nieuwe reactorconcepten en de recentste technologische ontwikkelingen bieden zonder twijfel betere mogelijkheden om de productie van nucleair afval te verminderen.

Er is een dubbele reden waarom binnen LWR-DEPUTY de focus lag op de niet-optimale optie. Enerzijds is het nog niet 100% voorspelbaar dat de innovatieve aanpak met nieuwe reactortypes de zeer hoge verwachtingen effectief gaat inlossen. Anderzijds kan de introductie ervan op een industriële schaal nog 40 jaar duren. In dat opzicht is het wijselijk ook de op één na beste optie te onderzoeken.

Klaar voor de ultieme test

LWR-DEPUTY werd eind september 2011 afgerond. Dankzij een zeer geslaagde samenwerking met alle partners, betekent het onderzoek een belangrijke mijlpaal in de introductie van een nieuwe, afvalarme kernbrandstof. Voor de thorium-plutoniumbrandstof is dankzij de analyses een dataset opgebouwd, waarmee de nodige veiligheidsberekeningen gemaakt kunnen worden voor de ultieme stap, namelijk de bestraling van de brandstof in een echte vermogensreactor. Niet langer in onderzoeksreactor BR2 dus, maar een reactor van een kerncentrale.

Ook bij de research naar de out-of-the-box-brandstoffen zijn goede resultaten geboekt. Er is verder onderzoek nodig naar deze zeer innovatieve brandstoftypes, maar de resultaten van de eerste bestralingen in BR2 tonen aan dat ze effectief potentieel hebben.



Laag aangerijkt uranium als brandstof voor onderzoeksreactoren

Cadmiumdraden geschikt als neutronenabsorbeerder

Onder impuls van de Verenigde Staten worden wereldwijd al enkele decennia inspanningen geleverd om het gebruik van hoog aangerijkt uranium in civiele toepassingen te verminderen en zo de kans op de verspreiding van kernwapens te verkleinen. In het bijzonder voor de onderzoeksreactoren is al heel wat onderzoek verricht naar de omschakeling van hoog aangerijkt uranium (HEU of highly enriched uranium) naar kernbrandstof op basis van laag aangerijkt uranium (LEU of low enriched uranium).

Een belangrijk deel van de onderzoeksreactoren is de voorbije jaren succesvol omgeschakeld. Maar voor een aantal reactoren met bijzondere eigenschappen, waaronder de zeer performante reactor BR2 van het SCK•CEN, moet nog een optimaal brandstoftype op basis van LEU ontwikkeld worden. Het Studiecentrum voor Kernenergie is één van de voortrekkers in dit onderzoek en werkt daarbij nauw samen met Amerikaanse en Franse partners. Specifiek voor BR2 gaat bijzondere aandacht naar de mate waarin neutronen geabsorbeerd kunnen worden. Dit is bepalend voor de efficiëntie van de brandstof en de veiligheid. In 2011 is daarvoor een brandstofelement met een nieuw type neutronenabsorbeerder onderworpen aan een ultieme test in reactor BR2.





Steven
Van Dyck

Reactormanager BR2

Een nieuwe absorbeerder

Momenteel bestaat de brandstof voor reactor BR2 uit een mengsel van hoog aangerijkt uranium en aluminium waarin kleine concentraties samarium en boor verwerkt zijn. Indien laag aangerijkt uranium met aluminium gebruikt wordt, is er geen plaats meer voor samarium en boor. Een mogelijk alternatief is een configuratie waarbij cadmium in draadvorm dienst doet als neutronenabsorbeerder. Om deze optie te onderzoeken is een nieuw brandstofelement ontwikkeld waarbij cadmiumdraden zijn aangebracht in de ruimtes tussen de brandstofplaten en de dragers. De bedoeling is vast te stellen of de brandstof op een minstens even veilige en efficiënte manier opbrandt in de reactor.

De nieuwe samenstelling werd in reactor BR2 getest in combinatie met de huidige kernbrandstof op basis van hoog aangerijkt uranium. De bestralingen van de brandstofelementen met cadmiumdraden gedurende de volledige levenscyclus toonden aan dat de neutronenabsorptie overeenkwam met de theoretische voorspellingen. Er is geen degradatie van de structuur van de absorberende draden vastgesteld of ongewenste afzetting van het materiaal in het koelwater.

Veilig en efficiënt

Het geteste brandstofelement heeft een licht afwijkende vorm ten opzichte van de bestaande elementen. In het tweede luik van het onderzoek is geëvalueerd of die lichte fysische aanpassing compatibel is met de eigenschappen van het primaire koelmiddel van reactor BR2 en vooral met de stromingssnelheid van dit koelmiddel door de brandstofelementen. Onderzoek van deze hydraulische eigenschappen heeft uitgewezen dat er geen significant verschil is met de standaardelementen.

Dankzij de bestralingscampagne van de brandstofelementen met cadmiumdraden in combinatie met HEU-brandstof zijn de kwaliteiten op het vlak van neutronenabsorptie en de controle van de reactie grondig bestudeerd en bewezen. Daarmee is de efficiëntie van het brandstofverbruik en de veiligheid aangetoond. De samenstelling van de laag aangerijkte brandstof is daarentegen nog niet op punt gesteld. Er lopen momenteel verschillende experimenten om het meest geschikte type te bepalen. De ontwikkeling van deze LEU-brandstof betekent een hele uitdaging, maar de verwachting is dat de geleidelijke omschakeling van de brandstof voor BR2 van HEU naar LEU kan starten voor het einde van het decennium.

Radio-isotopen produceren met laag aangerijkt uranium

Een omschakeling van vitaal belang

Niet alleen voor de brandstof voor onderzoeksreactoren moet hoog aangerijkt uranium (HEU) plaatsmaken voor laag aangerijkt uranium (LEU). Voor het aanmaken van radio-isotopen voor medische toepassingen is eenzelfde omschakeling gepland. Experts van het SCK•CEN en enkele partners werken aan oplossingen om dit mogelijk te maken in reactor BR2. Helaas kunnen ze daarbij niet profiteren van de inspanningen van de collega's die de nieuwe LEU-brandstof op punt stellen.

Een radio-isotopentarget lijkt nochtans sterk op een brandstofplaat voor een reactor, met dat verschil dat het op een andere manier gebruikt wordt. Een brandstofplaat produceert gedurende vele cycli neutronen, terwijl een radio-isotopentarget slechts gedurende 150 uur in een reactor blijft om splijtingen te ondergaan. Daarna wordt het target eruit gehaald en bij producenten zoals het Nationaal Instituut voor Radio-elementen (IRE) in Fleurus (België) of Covidien in Nederland,

zo snel mogelijk verwerkt om er de eigenlijke medische radio-isotopen uit te halen. Die radio-isotopen zijn splijtingsproducten van uranium. In dit geval gaat het voornamelijk om molybdeen-99.

De materialen gebruikt bij het vervaardigen van radio-isotopentargets waren tot nu toe ongeveer dezelfde als die van hoog aangerijkte uraniumbrandstofplaten. De nieuw ontwikkelde, laag aangerijkte brandstoftypes voor onderzoeksreactoren zijn echter niet meer geschikt als model voor radio-isotopentargets omdat ze niet compatibel zijn met het verdere verwerkingsproces van de radio-isotopen. Doorgevoerd onderzoeks- en ontwikkelingswerk is essentieel om de targets om te schakelen van hoog naar laag aangerijkt uranium zonder dat er verliezen in de productie optreden.

Het IRE en de andere producenten van medische radio-isotopen hebben er daarom voor geopteerd om deze omschakeling in minstens twee fasen te laten verlopen.

De pragmatische aanpak

In de eerste fase wordt het bestaande radio-isotopentarget maximaal aangepast, zonder te raken aan de samenstelling. Het target is een plaatje van een paar millimeter dik dat bestaat uit een laagje uraniumhoudende korreltjes ingebed in een puur aluminium bindmiddel. Door meer brandstofkorrels te gebruiken en zo de dichtheid te verhogen, kan het target toch de noodzakelijke hoeveelheid uranium-235 bevatten, zonder dat het uranium hoog

aangerijkt moet worden. Wel zal daardoor de geometrie van de targets wijzigen.

In 2011 is het programma opgestart voor de kwalificatie van dit LEU-target. De eerste opdracht bestaat erin de nieuwe plaatjes te vervaardigen. Naar alle verwachting gaan die wat toenemen in dikte, waardoor de bestralingsinfrastructuur in reactor BR2 aangepast zal moeten worden. Ook de uitvoering van veiligheidsstudies is nodig om na te gaan of de aangepaste bestralingsinrichtingen voldoen aan alle criteria.

Terwijl de producenten van de radio-isotopentargets volop research doen met het oog op de productie van de aangepaste plaatjes, brengt het SCK•CEN alles in gereedheid voor de eerste kwalificatie-experimenten in BR2. In de loop van 2013 zullen de eigenlijke bestralingen van de LEU-targets starten. Het nabestralingsonderzoek zal zijn beslag krijgen in een kwalificatierapport op basis waarvan de producenten de aangepaste targets gaan kunnen vervaardigen en de veiligheidsautoriteiten hun toestemming kunnen geven voor routinegebruik.



Continuïteit van levensbelang

Terwijl de kwalificatie van de nieuwe LEU-targets loopt, kan er verder geproduceerd worden met hoog aangerijkt uranium. Een onderbreking zou namelijk een grote impact kunnen hebben op de beschikbaarheid van radio-isotopen. Dat is een gevolg van het beperkt aantal reactoren die molybdeen-99 kunnen produceren en de beperkte houdbaarheid ervan; na ontlading uit de reactor verdwijnt elke drie dagen de helft van het geproduceerde molybdeen-99 via radioactief verval. Molybdeen-99 is de 'ouder-isotoop' van technetium-99, het radio-isotoop dat wordt gebruikt bij 80% van alle radiodiagnoses met medische beeldvorming. Het gaat uiteindelijk niet om materialen, maar om mensenlevens. De uitdaging is dus groot. Om de toelevering te waarborgen, zonder onderbreking of in te boeten op de kwaliteit, verloopt de omschakeling stapsgewijs. In eerste instantie is geopteerd voor een samenstelling die weinig afwijkt van de huidige targets. Daardoor dient het verdere verwerkingsproces bij de producenten niet aangepast te worden.

De optimale optie

In 2011, zowat tegelijk met de eerste fase, is ook fase twee gestart. Hierbij wordt een eind verder gekeken. De uitdaging bestaat erin de productie van medische radio-isotopen te optimaliseren en het afval dat ontstaat bij het productieproces te verminderen. De eerste optie die momenteel wordt uitgewerkt om de omschakeling van hoog naar laag aangerijkt uranium mogelijk te maken, is niet optimaal op het vlak van productiviteit en afvalreductie.

Fase twee omvat de ontwikkeling van een heel nieuw type target met een gewijzigde samenstelling. Door een andere uraniumverbinding als brandstofkorrels te gebruiken, kan de omschakeling van HEU naar LEU gepaard gaan met een aanzienlijke toename van de efficiëntie. De wijziging houdt wel in dat er een aantal belangrijke aanpassingen moeten gebeuren aan de (chemische) processen om het molybdeen-99 te isoleren en verder te verwerken voor medische toepassingen. Dat zal uiteraard voor de producenten zoals het IRE meer onderzoek en ontwikkeling vergen, maar het resultaat betekent een sterke verhoging van het productierendement en een reductie van het afval. Aangezien deze optie meer onbekenden bevat, zal de ontwikkeling en het testen enkele jaren meer vergen dan het aanpassen van de bestaande targets.



Realistische experimenten ondersteunen veiligheid

Reactormaterialen testen in extreme condities

Hoe weet je hoe de materialen die gebruikt zijn bij de bouw van onze kerncentrales zich gedragen na jaren van blootstelling aan straling en andere omgevingsfactoren? Eén mogelijkheid is soortgelijke materialen versneld bestralen in een onderzoeksreactor en ze dan te testen. Het SCK•CEN heeft hierin een jarenlange ervaring met de CALLISTO-kring in de BR2-onderzoeksreactor. Maar er is nog een andere methode; de condities van een kerncentrale getrouw simuleren waardoor het mogelijk wordt om materiaal afkomstig uit de reactor zelf, bloot te stellen aan normale en extreem hoge belasting.

Begrijpen en voorspellen

Het SCK•CEN bestudeert op die manier de corrosiebestendigheid van materialen die aanwezig zijn in de kerncentrales van Doel en Tihange. De focus van het onderzoek ligt op spanningscorrosie. Dit is een vorm van corrosie waarbij door de combinatie van spanning en een specifieke omgeving, in dit geval koelwater, beschadigingen kunnen

ontstaan in het materiaal. Om aan te kunnen geven welke schade er kan optreden in een bepaald materiaal en wanneer, worden rekenkundige modellen gebruikt. De experimentele gegevens die nodig zijn om tot zo'n model te komen, zijn het resultaat van een lange reeks testen in een proefopstelling.

Voor het uitvoeren van corrosietesten op materialen uit kerncentrales beschikt het SCK•CEN over twee experimentele opstellingen; één voor niet-radioactief materiaal en een bijna identieke opstelling in een grote hot-cell. Dit is een afgeschermd ruimte voor onderzoeken met hoogradioactief materiaal via afstandsbediening. Wereldwijd zijn er maar een handvol vergelijkbare installaties. De specifieke werkingsvoorwaarden van een kerncentrale exact nabootsen vereist bovendien heel wat technische expertise.

Unieke studieobjecten uit kerncentrales

Een voorbeeld van metalen onderdelen van de reactor die gevoelig zijn aan spanningscorrosie, zijn de zogenaamde baffle bolts. Deze roestvast stalen plaatbouten kunnen bros worden door stralingschade wat aanleiding zou kunnen geven tot scheurtjes onder de kop van de bout, de meest belaste plaats. Om dit pro-actief na te gaan, werden een aantal bouten uit de kerncentrale in Doel verwijderd en naar het SCK•CEN gebracht voor verder onderzoek. In de praktijk betekent dit dat experts de belastingsweerstand van deze hoogradioactieve onderdelen testen in een hot-cell.

Een bijzonder interessant studieobject komt uit de kerncentrale van Tihange. Het gaat om een buis die zich oorspronkelijk binnenin de reactorkern bevond. Ze deed dienst als geleidingsbuis voor een sensor die het reactorvermogen meet aan de hand van de neutronenflux in de kern. Gezien de positie in de reactorkern, heeft deze buis zeer veel straling opgelopen en geeft ze een indicatie van de maximale stralingschade van materialen in een reactor. Voor de corrosie-onderzoekers is het dan ook erg interessant studiemateriaal, maar ook zeer gecompliceerd omwille van de hoge stralingsactiviteit. Hier komt de unieke hot-cell expertise van het SCK•CEN opnieuw in beeld.

Daarnaast is er een heel andere categorie materialen die gevoelig zijn voor spanningscorrosie. Tal van roestvast stalen leidingen zijn vast gelast aan de koolstofstalen reactorkuip. De lassen zijn gemaakt met nikkellegeringen. Onderzoek heeft uitgewezen dat deze lasnaden op langere termijn gevoelig zouden kunnen zijn voor spanningscorrosie. Om deze materiaalveroudering grondig te kunnen bestuderen, beschikt het SCK•CEN over uniek materiaal; een stuk gelaste buis van een Spaanse kerncentrale die nooit operationeel is geworden. Uit de lasnaad worden kleine plaatjes gesneden die getest worden in de proefopstelling. De nikkel lasnaad levert zeer bruikbare informatie op over de gevoeligheid voor spanningscorrosie.

Extreme belastingstesten

De eenvoudigste test bestaat erin een stukje materiaal onder spanning te brengen en dan te wachten tot er beschadiging optreedt. Deze time-to-failure-test geeft aan hoe lang het materiaal standhoudt onder de verschillende belastingsvoorwaarden. Bij hogere spanningen treedt sneller schade op. Door de spanning te verlagen tot een niveau waarbij het onderdeel geen beschadiging oploopt, kan de zogenaamde limietspanning bepaald worden. Zodra de limietspanning vastgesteld is, kan die vergeleken worden met de spanning waaraan het materiaal in de kernreactoren wordt blootgesteld. Zolang die waarden lager zijn dan de limietspanning, met inbegrip van een ruime veiligheidsmarge, is de integriteit gegarandeerd. Het spreekt voor zich dat die limietspanning een zeer betrouwbare waarde moet zijn. Daarom is de kwaliteit van de testopstelling van cruciaal belang.

Eind 2012 zal er een uitgebreide matrix opgebouwd zijn met resultaten van testen uitgevoerd bij verschillende spanningen. Op basis hiervan kunnen betrouwbare modellen opgesteld worden om het gedrag van de materialen te voorspellen. Een volgende stap is de tests te herhalen met wisselende spanningen gedurende de test, wat een nog realistischer beeld zal geven van de materiaaldegradatie. Materiaalonderzoek wordt beter met de jaren, maar daarin is het niet uniek ...



ANDERS MAAR TOCH HETZELFDE


De testopstelling simuleert de primaire koelkring van een kernreactor. Het SCK•CEN is er in geslaagd exact dezelfde condities te simuleren met een autoclaaf als miniatuurversie van het reactorvat die onder druk wordt gehouden door een waterkringloop. Door die kring stroomt zeer warm water (~ 320 °C) onder hoge druk (~ 150 bar). Ook de samenstelling van het water is precies hetzelfde als in de primaire koelkringen van de kerncentrales van Doel en Tihange. De waterchemie is zeer specifiek. Om zuurstofcorrosie te voorkomen, bevat het water geen zuurstof, maar wel lithium om de zuurtegraad te regelen en boor om de reactiviteit in de kern te controleren. Er wordt ook waterstof toegevoegd om corrosie door het water te verminderen. De installatie is uitgerust met een online meetsysteem voor een continue opvolging van de zuurtegraad van het water, de opgeloste hoeveelheden zuurstof en waterstof, en de elektrische geleidbaarheid voor de controle van de zuiverheid.





2011:
een jaar van
vernieuwing
en uitbreiding

05

A portrait of Christian Legrain, a middle-aged man with dark hair and glasses, wearing a dark pinstriped suit, a white shirt, and a purple tie. He is standing with his arms crossed in an office setting. In the background, there is a wooden desk and a blue logo on a wall.

Secretaris-generaal

Christian Legrain

“

Inzake Human Resources Management was 2011 een scharnierjaar. Er is een 50-tal nieuwe medewerkers aangeworven, in de eerste plaats voor MYRRHA. Niet alleen dit uitzonderlijk aantal, maar ook het zeer grote aandeel buitenlanders dat werd gerekruteerd, vormde een belangrijke uitdaging voor onze personeelsdienst. Toch zijn we er op zeer korte tijd in geslaagd ons aan te passen aan deze sterke internationalisering, waardoor we niet alleen de nieuwe collega, maar ook zijn of haar gezin kunnen begeleiden bij hun komst naar België. En dat is nog maar een begin. In totaal telt het SCK•CEN nu 37 verschillende nationaliteiten. Dat zorgt niet alleen voor uitdagingen, het biedt ook zeer boeiende opportuniteiten die we verder gaan ontwikkelen.

”

Grondige renovaties en nieuwe bouwplannen

Duurzame vernieuwing respecteert authentieke architectuur

Voor de Centrale Technische Diensten van het SCK•CEN was 2011 het jaar van de grote projecten. Zowel de renovatie van het gebouw BR1 als de vernieuwing van een belangrijke afvoerleiding van afvalwater naar Belgoprocess, zijn omvangrijke werven die ettelijke maanden werk opleverden. En er zijn nog grotere uitdagingen op komst.

Nieuwe vleugels voor gebouw BR1

In 2010 begon het SCK•CEN aan de renovatie van de zuid- en noordvleugel van het gebouw BR1. In dit gebouw vinden we naast reactor BR1 ook enkele laboratoria en een belangrijk deel van de administratie. De noordelijke vleugel werd in maart 2011 opgeleverd. Kort daarna is de renovatie gestart van de zuidelijke vleugel. Voor de technische diensten betekende dit een grote uitdaging. Deze vleugel huisvest namelijk ook de VENUS-reactor en de deeltjesversneller van het GUINEVERE-project. Die installatie moest tijdens de werkzaamheden operationeel blijven met alle garanties op het vlak van veiligheid. Dat betekende onder meer dat de aanvoer van elektriciteit en water gegarandeerd moest blijven. Bovendien bevinden zich in het gebouw ook nog twee labo's waar de werkzaamheden niet konden stilvallen. Het was een hele uitdaging voor de ingenieurs en technici om de werking niet te verstoren, terwijl men ondertussen het ganse gebouw stripte, de buitenmuren deels afbrak, het schrijnwerk verwijderde, en de verwarming, watervoorziening en elektriciteit volledig vernieuwde.

Zoals de meeste gebouwen op de site van het SCK•CEN is gebouw BR1 bijna 60 jaar oud. De voorbije decennia zijn er naast het gebruikelijke onderhoud kleinere herstellingen gebeurd. Daarnaast hebben de lokalen in de loop der jaren soms een heel andere functie gekregen, waardoor kantoren werden ingericht als laboratoria of omgekeerd. Een doorgedreven renovatie drong zich dus op. Niet in het minst omdat de infrastructuur niet meer voldeed aan de





huidige normen op het vlak van comfort en energieverbruik.

De ramen met enkel glas zijn bij de renovatie van de vleugels vervangen door exemplaren met een hoge isolatiewaarde en ook het dak is geïsoleerd volgens de huidige normen. Samen met andere ingrepen zoals een lichtsturing door aanwezigheidsdetectoren en automatische zonwering, zorgt dit voor een indrukwekkende daling in het energieverbruik. In de vernieuwde delen wordt een energiepeil gehaald van 95 kWh/m². Voor de renovatie was dat nog 350 à 400 kWh/m². Het energieverbruik ligt dus zowat vier keer lager.

Een belangrijke esthetische uitdaging was het bewaren van het typische karakter van de gebouwen. Ook bij de soms zeer ingrijpende renovaties, zoals bij de vleugels van gebouw BR1, is ernaar gestreefd het oorspronkelijke ontwerp van architect Jacques Wybauw, maximaal te respecteren. Zo zijn gelijkaardige stenen gebruikt voor de buitenmuren, is de typische indeling van de ramen behouden en is de oversteek van het dak gebleven.

De werkzaamheden aan de zuidelijke vleugel zijn eind 2011 afgerond. Begin 2012 is het vernieuwde gedeelte in gebruik genomen.

Een modern dierenverblijf

Het SCK•CEN heeft nog meer bijzondere bouwplannen. In 2011 is het studiewerk afgerond voor de bouw van een dierenverblijf. In dit animalarium zullen de muizen een onderkomen vinden die worden ingezet voor onderzoeken naar de effecten van straling, zoals in het CEREBRAD-project (zie p. 30). Momenteel doet het Studiecentrum een beroep op het animalarium van VITO, maar omdat dit over afzienbare tijd zal sluiten, heeft het SCK•CEN in 2013 een eigen infrastructuur nodig. De Centrale Technische Diensten hebben voor het ontwerp van dit bijzondere gebouw een beroep gedaan op de ervaring van Janssen Pharmaceutica en een gespecialiseerd studiebureau aangesteld.

Het dierenverblijf zal een oppervlakte hebben van 450 m². Omwille van de biologische veiligheid moet de infrastructuur maximaal pathogeen vrij zijn, zodat er zo weinig mogelijk microben, virussen etc. kunnen broeien. Dat betekent onder meer dat alle muren volledig afwasbaar moeten zijn en dat al het materiaal dat het gebouw wordt binnengebracht, ontsmet moet kunnen worden. Ook op het vlak van ventilatie en toegangscontrole gelden er bijzondere eisen voor het animalarium.

1 kilometer nieuwe leidingen

Wie de voorbije maanden het SCK•CEN bezocht, kon er niet naast kijken. Zowel langs de toegangsweg als op het domein zelf wordt sinds midden 2011 gewerkt aan de afvalwaterleiding van het SCK•CEN naar de nabijgelegen site van Belgoproces. Het gaat om afvalwater van de Laboratoria voor Hoge en Middelhoge Activiteit en de BR2-reactor. Dit water wordt opgeslagen in tanks en op geregelde tijdstippen naar Belgoproces verpompt. Daar gebeurt de conditionering en verwerking. De bestaande leiding wordt volledig vervangen door een nieuwe dubbelwandige leiding. Dit vereist het graven van een sleuf van 3 meter diep en 5 meter breed, met een totale lengte van 1 kilometer. De nieuwe leiding is voorzien van een zeer gevoelig lekdetectiesysteem dat onmiddellijk reageert zodra er een druppel water zou lekken uit de binnenste wand. Het geeft ook automatisch aan waar het lek zich bevindt. Daarnaast zullen de tussenwanden onder overdruk staan, waardoor een eventueel lek meteen opgemerkt kan worden omwille van de verminderde luchtdruk in de tussenwand. Elke 60 meter is er een put voorzien met daarin bijkomende detectieapparatuur. Medio 2012 zal er voor het eerst water stromen door de nieuwe leiding naar Belgoproces.

Kennis en communicatie

Nog meer aandacht voor opleidingen

In augustus 2011 werd de expertisegroep Communication, Education and Knowledge management gereorganiseerd. Het luik communicatie werd ondergebracht in een nieuwe expertisegroep Communicatie. Opleidingen en kennisbeheer blijven de core business van het Centre for Education and Knowledge management (CEK).

73



Een van de hoofdaccenten binnen de expertisegroep CEK ligt op het Learning Centre. Dat stippelt, overkoepelend voor gans het SCK•CEN, het opleidingsbeleid uit voor eigen personeel en externe medewerkers en het beheert de volledige organisatie van de opleidingen. Het doel is om de kennis en vaardigheden van alle werknemers te onderhouden en te vergroten om zo het rendement en welzijn op de werkvloer te optimaliseren.

Het Learning Centre is verantwoordelijk voor alle aspecten die aan bod komen bij de organisatie van opleidingen: van het verzamelen en analyseren van de behoeftes, over het bepalen van het aanbod, het contacteren van lesgevers, de inschrijvingen, de praktische organisatie en het opvolgen van aanwezigheden, tot de nazorg en de analyse van feedback en efficiëntie van de opleidingen.

De opleidingen op het SCK•CEN zijn gefocust rond vier grote thema's: veiligheid en beveiliging, technische en wetenschappelijke onderwerpen, persoonlijke en managementvaardigheden, en informatie over de SCK•CEN-werkomgeving. Met behulp van Microsoft Dynamics CRM werd een op maat gemaakte databank opgezet om het ruime dynamische opleidingsaanbod te beheren. Via een in-house ontwikkelde intranettoepassing kan elk personeelslid aanvragen indienen, zich registreren, feedback geven en het persoonlijk opleidingsdossier mee opvolgen.

Naast het Learning Centre blijft CEK ook aandacht hebben voor kennis- en documentbeheer via het Alexandria project, en verzorgt ze de coördinatie van alle opleidingen die het SCK•CEN aanbiedt aan derden. In die zin is 2011 een belangrijk voorbereidingsjaar geweest voor de lancering van de SCK•CEN Academy for Nuclear Science and Technology.

NOOD AAN INFORMATIE

Zodra bleek dat de kerncentrale van Fukushima Dai-ichi bedreigd was, stroomden de telefoons binnen bij het SCK•CEN. Journalisten van de meest diverse media zochten duidelijke en objectieve informatie. De persaandacht was zeer internationaal, met onder meer aanvragen voor interviews door tv-stations uit de VS en Rusland. Het SCK•CEN telde in totaal 165 perscontacten met betrekking tot Fukushima en onze deskundigen in reactortechnologie en stralingsbescherming werden in 45 nieuwsuitzendingen en andere programma's op radio en tv gevraagd om duiding te geven. Ook in de geschreven pers kwamen de experts van het SCK•CEN ruim aan bod, met artikels in 65 binnen- en buitenlandse kranten en tijdschriften.

Om snel en correct te kunnen antwoorden op deze toevloed van vragen werd een speciale mediaceel opgericht die alle ontwikkelingen op de voet volgde. Het SCK•CEN demonstreerde ook meermaals meetapparatuur en zijn speciaal uitgeruste interventiewagen op vraag van de pers. Duiding geven bij onderwerpen die binnen het kennisdomein van het SCK•CEN vallen, maakt deel uit van onze opdracht. Daarom is er zeer flexibel ingespeeld op de vragen van de pers. En dat werd duidelijk gewaardeerd.

“ *Stel dat in België een ernstig nucleair ongeval zou gebeuren. Hoe zouden wij daarmee omgaan? Wat is trouwens radioactiviteit? Is er een kans dat er iets overwaait uit Japan? Hebben wij dezelfde kerncentrales als in Fukushima?* ”



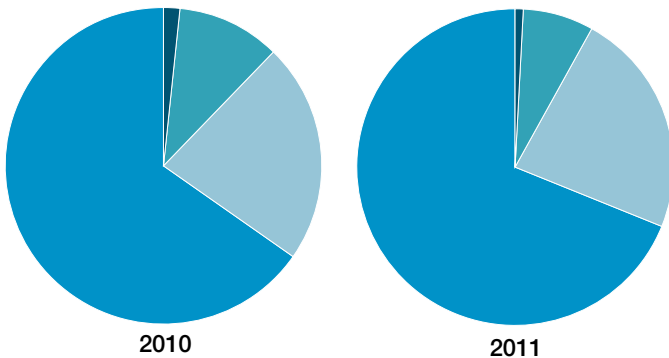


Op 1 augustus 2011 werd de expertisegroep Communicatie opgericht. De nieuwe groep is ondergebracht bij de Algemene Directie. Tot de belangrijkste doelstellingen horen het vergroten van de zichtbaarheid van het SCK•CEN en het versterken van de kennis van zijn opdracht en activiteiten.

De nieuwe expertisegroep Communicatie:
Ellen Van Roey, Inge van Aert, Cindy Verachtert, Roel Dillen, Jan Ruts, Anne Verledens, Dirk Wouters.


Wetenschappelijke output

Grafieken 2010 en 2011



Wetenschappelijke kennis delen en verspreiden is één van de kernopdrachten van het SCK•CEN. Daarom presenteren onderzoekers hun werk op tal van internationale conferenties. Daarnaast verschijnen er allerlei publicaties in tijdschriften en andere media.

	2010	2011
Boeken	12	7
Artikels in proceeding	68	46
Tijdschriften	143	148
Presentaties	418	440



2011 in een notendop

JANUARI

SCK•CEN en het von Karman Instituut werken samen aan MYRRHA

Op 10 januari werd in aanwezigheid van premier Yves Leterme, van Sabine Laruelle, federaal Minister van Wetenschapsbeleid en Voogdijminister van het von Karman Instituut en van Paul Magnette, federaal Minister van Klimaat en Energie en Voogdijminister van het SCK•CEN, een Memorandum of Understanding (MoU) ondertekend tussen het von Karman Instituut (VKI) en het SCK•CEN. Het gaat om het uittesten van technieken en componenten die zullen gebruikt worden in de toekomstige MYRRHA-onderzoeksinstallatie. Het von Karman Instituut, een federale onderzoeksinstituut gespecialiseerd in de stromingsdynamica, zal onder meer een experimentele opstelling bouwen om de doorstroming van de koelmoeistof van MYRRHA te simuleren en te valideren.

MAART

Nieuwe publicatie 'Tsjernobyl - 25 jaar later' voorgesteld

Op 26 april 2011 is het exact 25 jaar geleden dat het ongeval in Tsjernobyl plaatsvond. Een kwart eeuw onderzoek naar het zwaarste kernongeval in de geschiedenis is door onderzoekers van het SCK•CEN gebundeld in een beknopte en zeer toegankelijke brochure. 'Tsjernobyl - 25 jaar later' is ook online beschikbaar op www.sckcen.be.

JUNI

SCK•CEN deelt zijn expertise in nieuwe Europese alliantie voor radio-ecologisch onderzoek

Het Studiecentrum voor Kernenergie is één van de acht onderzoeksinstituten die hun radio-ecologisch onderzoek integreren in de nieuw opgerichte 'European Radioecology Alliance'. De partners gaan de noden en prioriteiten voor gezamenlijk onderzoek vastleggen voor de komende 15 jaar. Ze zullen acties op Europees niveau opzetten om de onderzoeksmiddelen zo optimaal mogelijk te gebruiken, om samen radio-ecologische opleidingen te organiseren en het behoud van de kennis te verzekeren.



OKTOBER

SCK•CEN en FANC presenteren nieuwe inzichten rond gezondheidseffecten van prenatale en vroeg postnatale bestraling

Voor sommige behandelingen is prenatale of vroeg postnatale bestraling nodig. Soms is dit niet zonder gevolgen: het kan gaan om sterfte, groeivertraging en aangeboren afwijkingen, mentale achterstand, leukemie of kanker. Ook de eerste kinderjaren zijn een periode van grotere stralingsgevoeligheid. Dit is gebleken uit de duidelijke toename van schildklierkanker bij mensen die als kind, na het ongeval in de kerncentrale van Tsjernobyl, een hoge blootstelling aan radioactief jodium opliepen. Een grondige studie van dergelijke risico's is bijgevolg essentieel. Dit onderzoek gebeurt onder meer op het Studiecentrum voor Kernenergie. Op 7 oktober organiseerden het SCK•CEN en het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) een symposium om de nieuwe inzichten wereldkundig te maken.

DECEMBER

SCK•CEN krijgt toegang tot grootste markt voor gedopeerd silicium

Het SCK•CEN heeft tijdens een prinselijke missie in China een belangrijke overeenkomst getekend voor het bestralen van silicium. Eén van de grootste ondernemingen die actief zijn in deze markt, heeft een driejarig contract gesloten met het SCK•CEN voor het doperen van silicium. Door bestraling gedopeerd silicium is de ideale halfgeleider voor toepassingen met hoge elektrische vermogens. Het wordt vooral gebruikt in windturbines en installaties voor zonne-energie. Ook hybride voertuigen en hogesnelheidslocomotieven bevatten essentiële elektronische componenten op basis van dit gedopeerd silicium. Momenteel staat het SCK•CEN in voor 20% van de wereldproductie en de tendens is stijgend.



SCK•CEN maakt voortgangsverslag stresstests over aan het FANC

In het kader van de uitvoering van de stresstests heeft het Studiecentrum voor Kernenergie op donderdag 15 december een eerste voortgangsverslag overgemaakt aan het FANC. Dit document geeft een gedetailleerd overzicht van de procedures die het SCK•CEN voorstelt, conform de Europese en Belgische richtlijnen. De datum waarop het SCK•CEN zijn finale verslag dient over te maken aan de nationale veiligheidsautoriteiten is vastgelegd op 30 juni 2012.



Kerncijfers

Op financieel vlak zijn de resultaten van het boekjaar in evenwicht

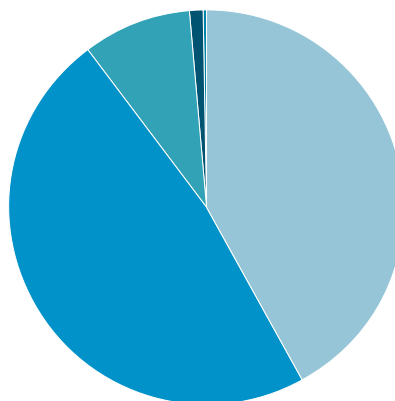
De totale kosten van het SCK•CEN bedroegen 108,4 MEUR in 2011. Het aandeel van de personeelskosten hierin bedraagt 58%. De stijging van de personeelskosten is hoofdzakelijk het gevolg van de aanwervingen in het raam van MYRRHA. Tot midden 2010 is het personeelsbestand vrij constant gebleven, daarna steeg het van 640 naar 690 eind 2011; of tot 654 in voltijdse equivalenten. De werkingsmiddelen en de afschrijvingen komen respectievelijk op 3% en 6%.

De financiering van deze kosten werd voor 48% verzekerd door de federale overheid. Inkomsten uit opdrachten voor wetenschappelijk onderzoek of gespecialiseerde dienstverlening bedragen 42%, terwijl dit in 2010 nog 49% was. Ten opzichte van het voorgaande jaar is de daling van de eigen inkomsten te wijten aan de uitbating van reactor BR2, waarbij in 2011 zoals gewoonlijk vijf cycli werden uitgevoerd terwijl er in 2010 een zesde cyclus was.

De geldmiddelen zijn met 6,3 MEUR gedaald; dit is een gevolg van de lagere cashflow (resultaat verhoogd met de afschrijvingen) en van een netto-stijging van 8,1 MEUR in werkkapitaal (kortetermijnactiva en -passiva). Het eigen vermogen bedraagt met 49,1 MEUR 28% van het balanstotaal.

Zoals voorgaande jaren blijven de investeringen belangrijk (8,7 MEUR). De grote investeringsdossiers die het SCK•CEN wenst te realiseren zijn MYRRHA, de systematische renovatie van de gebouwen over de volgende 10 jaren, de vernieuwing van reactor BR2, de beveiliging van de site en de fysieke scheiding met de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO). De veiligheid kreeg in 2011 een bijkomende officiële dimensie. De koninklijke besluiten voor de beveiliging van de nucleaire installaties werden in oktober goedgekeurd. Dit houdt in dat binnen een termijn van 36 à 42 maanden onder meer de verdeling tussen het SCK•CEN en VITO moet herzien worden, dat er een duidelijke fysieke scheiding tussen beide instellingen moet komen, met twee volledig afzonderlijke ingangen tot de technische domeinen.

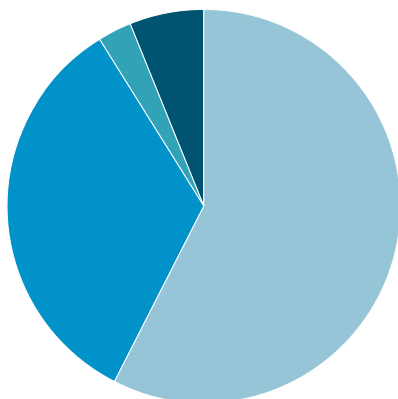
Opbrengsten 2011
(in kEUR)



Omzet	45 683
Federale dotatie, kapitaalsubsidies	52 137
Andere	9 604
Financiële opbrengsten	1 340
Uitzonderlijke opbrengsten	132
Totaal	108 896



Uitgaven 2011
(in kEUR)



Bezoldigingen	62 403
Aankopen, diensten	36 550
Voorzieningen	3 073
Afschrijvingen	6 418
Totaal	108 444
Transfer naar bestemde fondsen	0
Resultaat	452

Vergelijkende balansen (in kEUR)

Activa	31/12/11	31/12/10
Immateriële vaste activa	3 631	2 562
Materiële vaste activa	29 333	28 478
Financiële vaste activa	6 182	5 860
Voorraden, Bestellingen in uitvoering	20 074	18 462
Vorderingen op ten hoogste één jaar	30 332	24 893
Geldbeleggingen	78 277	84 233
Liquide middelen	4 372	4 689
Overlopende rekeningen	3 090	1 387
Totaal	175 291	170 564

Passiva	31/12/11	31/12/10
Eigen vermogen	49 100	48 098
Voorzieningen voor risico's en kosten	91 392	88 319
Schulden op meer dan één jaar	0	0
Financiële schulden	0	0
Handelsschulden	11 123	11 534
Ontvangen vooruitbetalingen	16 692	12 022
Belastingen, bezoldigingen en sociale lasten	6 905	8 711
Overige schulden	29	38
Overlopende rekeningen	50	1 842
Totaal	175 291	170 564

Samenvatting van de sociale balans 2011

Aantal werknemers op 31 december 2011

	voltijds	deeltijds
Met overeenkomst van onbepaalde duur	559	77
Mannen	494	45
Vrouwen	117	37
Aantal werknemers in dienst getreden	99	1
Aantal werknemers uit dienst getreden	53	10
Gemiddeld aantal werknemers	597	78
Totaal	611	79

Het laatste woord

In 2011 besteedde de Raad van Bestuur van het SCK•CEN, daarin bijgestaan door het Wetenschappelijk Adviescollege en het Financieel comité, bijzondere aandacht aan de volgende onderwerpen:

- Wetenschappelijke kwaliteit en strategie
- Gezond financieel beheer
- Betrouwbaarheid van de installaties
- Veiligheid van de werknemers, de bevolking en het milieu
- Bescherming van de installaties tegen aanvallen van buitenaf
- Soepel en doeltreffend beheer van de human resources
- Vertegenwoordiging in nationale en internationale fora en instellingen
- Samenwerking met nationale en internationale universiteiten en onderzoekscentra
- Industriële diensten en diensten met maatschappelijk oogmerk, in het bijzonder de productie van medische radio-isotopen
- Objectieve communicatie
- Interne en externe opleiding en vorming
- Ondersteuning voor de politieke besluitvorming
- Corporate governance
- MYRRHA en andere prioritaire projecten

De Raad van Bestuur is verheugd dat het SCK•CEN steeds meer erkend wordt als nucleair onderzoekscentrum van wereldniveau, ten dienste van de Belgische en internationale gemeenschap.



SCK·CEN

Studiecentrum voor Kernenergie

Het SCK·CEN is een stichting van openbaar nut met een privaatrechtelijk statuut, die opereert onder de voogdij van de Belgische Staatssecretaris voor Energie.

Laboratoria

Boeretang 200
BE-2400 MOL

Maatschappelijke zetel

Herrmann-Debrouxlaan 40
BE-1160 BRUSSEL

Verantwoordelijke uitgever

Eric van Walle
Directeur-generaal

Samenstelling en eindredactie

Expertisegroep Communicatie

Fotografie

Klaas De Buysser
klaasdebuysser.be
Archief SCK·CEN

Vormgeving

Annelies Van Galster
leftlane.be

Copyright © 2012 – SCK·CEN

Dit werk is auteursrechtelijk beschermd (2012). Niets in deze publicatie mag worden gereproduceerd en/of gepubliceerd zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van het SCK·CEN.

2011

SCK•CEN

Studiecentrum voor Kernenergie

60 jaar ervaring in nucleaire wetenschap en techniek

Als onderzoekscentrum voor vreedzame toepassingen van radioactiviteit, vormt het SCK•CEN een onmisbare schakel in onze samenleving. We doen toekomstgericht onderzoek en ontwikkelen duurzame technologieën. Verder organiseren we opleidingen en bieden we gespecialiseerde diensten en consultancy aan. Met meer dan 700 medewerkers behoort het SCK•CEN tot de grootste onderzoeksinstituten van België.

Drie onderzoeksthema's krijgen doorheen al onze activiteiten extra aandacht:

- Veiligheid van nucleaire installaties
- Doordacht beheer van radioactief afval
- Bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling

Wil u meer weten over het SCK•CEN?

Ga naar www.sckcen.be



Keurmerk voor verantwoord bosbeheer.
Het SCK•CEN geeft om het milieu.



STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE