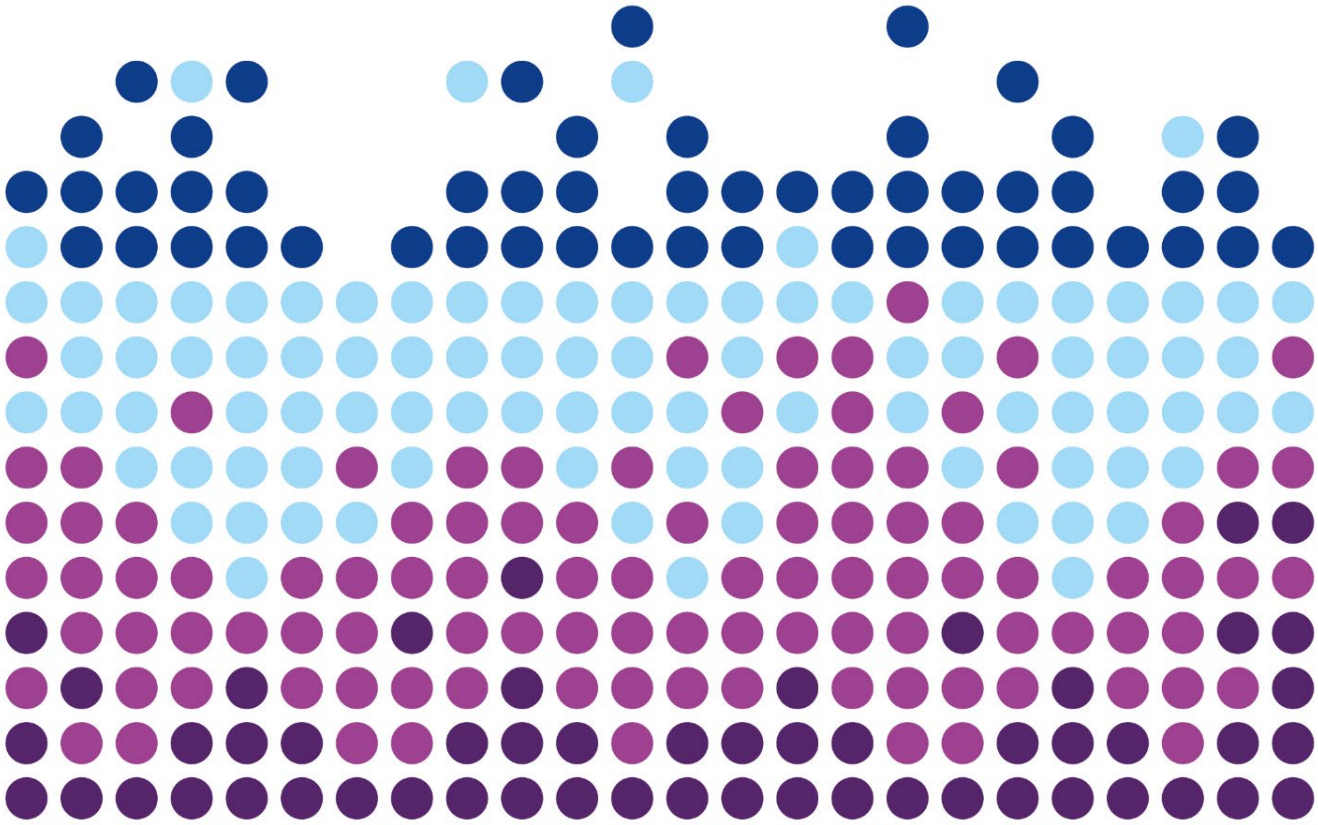
RECUMO

RECovery of Uranium from Molybdenum production

institute for radioelements

Publication date: 2021-03-19



sck cen

Exploring
a better tomorrow

© SCK CEN - Publication date: 2021-03-19
Stichting van Openbaar Nut - Fondation d'Utilité Publique - Foundation of Public Utility

Registered Office:
Avenue Herrmann Debroux 40 - 1160 Brussel – Belgium

Research Centres:
Boeretang 200 - 2400 Mol - Belgium
Chemin du Cyclotron 6 - 1348 Ottignies-Louvain-la-Neuve - Belgium

www.sckcen.be

Copyright and confidentiality rules

All property rights and copyright are reserved to SCK CEN. This document contains data, information and formats for dedicated use only and may not be communicated, copied, reproduced, distributed or cited without the explicit written permission of SCK CEN. Any infringement to this rule is illegal and entitles to claim damages from the infringer, without prejudice to any other right e.g. in case of granting a patent or registration in the field of intellectual property. This document can be distributed to a limited list of involved people, under confidentiality obligation. The content is confidential and does not jeopardize the novelty of underlying inventions.

Distributie	Zie "rendition"
Overheid van oorsprong	Auteurs, goedkeurders en hiërarchisch verantwoordelijken zoals vermeld - zie "rendition"
Bewaring van het document	De bestanden van de digitale versies van dit document moeten geëncrypteerd blijven zoals de originele versie
Distribution	See rendition
Government of origin	Authors, reviewers and hierachical managers as mentioned in table - see rendition
Storage of the document	The files of the digital versions of this document must remain encrypted as in the original version

Inhoudstafel

Afkortingen 3
1 RECUMO project achtergrond 4
2 Voorafgaand onderzoek 4
3 Legale structuur 4
4 Het RECUMO proces 5
5 Project vergunningsproces 5
6 Projectuitvoering 6
7 Beschrijving van de site 7
8 RECUMO-procesinstallatie 8
9 Veiligheidsbeheer 9
10 Ontmanteling 10
11 Besluit 10

Afkortingen

ARAB	Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming
ARBIS	Algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen
BR2	Belgische Reactor 2
CTS	Centrale Technische Diensten
D&D	Dismantling & Decontamination (eenheid binnen het SCK CEN)
FANC	Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle
HAR	High Active Raffinate/ Hoog Actief Raffinaat
HLLW	High Level Liquid Waste
IAEA	International Atomic Energy Agency
IMS	Integrated Management system
IRE	Institute for Radioelements
KB VVKI	Koninklijk Besluit betreffende de Veiligheidsvoorschriften voor Kerninstallaties
LEU	Low enriched uranium
MER	Milieueffectrapport
NIRAS/ONDRAF	Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen/ Organisme National Belge des Déchets Radioactifs et des Matières Fissiles enrichies
PSAR/SAR	Preliminary Safety Assessment Report / Safety Assessment Report
R&D	Research and Development
RECUMO	Recovery of Uranium from Mo-99 Production
SCH	Scheikundegebouw
SCK CEN	Studiecentrum voor Kernenergie / Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire

1 RECUMO project achtergrond

Het RECUMO-project biedt een duurzame en veilige oplossing voor de evacuatie en verwerking van het uranium-residu afkomstig van de medische radio-isotopenproductie bij IRE, het instituut voor Radio-Elementen in Fleurus. België, produceert radio-isotopen voor medische toepassingen en vertrekt hierbij van uranium. Het voornaamste radio-isotoop betreft molybdenum-99 (^{99}Mo) dat bij ~40 miljoen medische onderzoeken gebruikt wordt wereldwijd of bij 100.000 patiënten per dag. Merendeels gaat het hier om beeldvormingsonderzoeken voor kanker, een veel voorkomende en, bij afwezigheid van een adequate diagnose en doeltreffende behandeling, dikwijls levensbedreigende ziekte bij afwezigheid van een adequate diagnose en doeltreffende behandeling. België produceert meer dan 25% van het wereldwijde verbruik aan ^{99}Mo.
De uranium targets worden bestraald in onderzoeksreactoren, zoals de BR2-reactor van het SCK CEN in Mol, waardoor via het splijtingsproces een waaier van splijtingsproducten gevormd worden waaronder de radio-isotopen voor medische toepassingen (^{99}Mo, ^{131}I, ^{133}Xe en ^{90}Sr).
Na het oplossen van de bestraalde targets en de afzondering van de medische radio-isotopen via chemische extractie wordt het resterende uranium, dat bij deze verwerkingsprocessen neerslaat samen met diverse niet-bruikbare splijtingsproducten, in kleine houders gebracht. Deze houders worden momenteel opgeslagen binnen de installaties van IRE te Fleurus.

2 Voorafgaand onderzoek

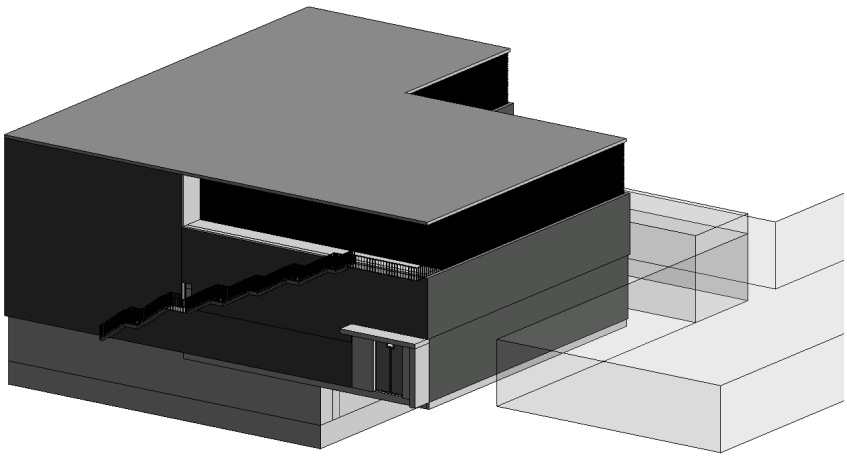
Het IRE heeft verschillende evacuatieroutes onderzocht voor de bestraalde uraniumresten (het U-residu). De voorwaarden waaraan de betrokken afvoerroutes dienden te beantwoorden zijn:

- De technische haalbaarheid en toepasbaarheid op alle varianten van uraniumrestanten;
- Het voorhanden zijn van de logistieke (transport) modaliteiten;
- De afdoende behandeling van de afvalaspecten conform de Belgische normen, alsook de latere ontmanteling van de verwerkingsinstallaties die gebouwd moeten worden;
- Het respecteren van alle veiligheids- en beveiligings-vereisten conform de Belgische in Internationale wetgeving;
- Het tijdsschema waarbinnen de evacuatie kan aanvangen gezien de nakende verzadigingstoestand van de IRE-opslag;
- De structurele duurzaamheid van de oplossing – d.i. toepasbaar op zowel alle bestaande uraniumrestanten als alle toekomstige uraniumrestanten;
- De economische aspecten: de totale kostprijs en de impact, inzonderheid de strategische impact, van de beslissing op de Belgische radio-isotopen productieketen en het concurrentievermogen ervan.

Deze studie leidde tot de selectie door de Belgische Staat – als legale eindverantwoordelijke van de bestraalde uraniumrestanten – van het verwerkingsproces op het SCK CEN als de meest valabele oplossing. De ministerraad van 21 april 2017 heeft deze evaluatie bevestigd en hiervoor de nodige financiering voorzien.

3 Legale structuur

RECUMO is het resultaat van een Belgisch partnerschap tussen het SCK CEN en het IRE met als doel een structurele oplossing te bieden voor de residuen van het productieproces van radioactieve isotopen voor medische toepassingen.
Het proces waar RECUMO zich op baseert is een gekend en beproefd chemisch proces, uitgevoerd binnen de omheiningen van de gecontroleerde en vertrouwde SCK CEN infrastructuur.



Figuur 1 : Het RECUMO gebouw

4 Het RECUMO proces

Gezien het beperkte voorkomen (~0,7%) van het splijtbaar ^{235}U isotoop in natuurlijk uranium, wordt verrijkt uranium gebruikt voor de medische radio-isotopenproductie. In de nabije toekomst zal hierbij overgeschakeld worden van hoogverrijkt uranium (HEU), zoals dit tot dusver gebruikt werd, naar laagverrijkt uranium (LEU) omwille van non-proliferatie redenen (d.i. het wegnemen van het risico op verspreiding van strategisch hoogverrijkt uranium door in civiele toepassing laagverrijkt uranium aan te wenden). Bij de verwerking van de U-residuen wordt in het RECUMO-proces dan een verdunning met verarmd uranium voorzien, teneinde een geschikt laagverrijkt uranium eindproduct te bekomen. De fysicochemische eindvorm is een vast uraniumoxide. Aldus wordt een eindproduct bekomen dat geschikt is voor hergebruik, d.i. voor de aanmaak van nieuwe targets of splijtstof voor onderzoeksreactoren voor de verdere aanmaak van medische radio-isotopen.
Het RECUMO-proces steunt op gekende scheikundige technieken en de benodigde installaties hiertoe worden opgebouwd in een uitbreiding aan het bestaande Scheikundegebouw op het SCK CEN.

De belangrijkste objectieven van het chemisch proces om te komen tot een stabilisatie en verwerking van het U-residu zijn:

- Controle en aanpassing van de aanrijkingsgraad voor LEU-toepassingen;
- Het bekomen van een finaal LEU-eindproduct geschikt voor hergebruik, opslag, transport of afvoer. Het zuiverheidsniveau dat wordt beoogd is dit van een LEU geschikt voor de productie van nieuwe LEU-targets voor de radio-isotopenproductie of van LEU gebaseerde kernbrandstof geschikt voor onderzoeksreactoren;
- Het ontwikkelen van een procesinstallatie met een jaarlijkse omzet van HEU-residu zodat de bestaande HEU-stock op een redelijke termijn kan verwerkt worden en met een jaarlijkse omzet van LEU-residu in lijn met de toekomstige productie bij IRE;
- Afvoeren van de radioactieve afvalstromen gecreëerd in het RECUMO-proces conform de Belgische standaarden opgelegd door NIRAS/ONDRAF;
- Het bekomen van een ontwerp dat dusdanig is gedimensioneerd dat een gemakkelijke ombouw van proces en installaties naar de verwerking van LEU-residu mogelijk wordt.

5 Project vergunningsproces

De RECUMO installatie is onderworpen aan de volgende vergunningsprocedure:

Nucleaire regelgevend kader

Het regelgevende kader op nucleair gebied voor het SCK CEN als inrichting en de RECUMO-installatie worden gegeven door:

- Het *Koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (ARBIS);*
- *Koninklijk besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties (KB VVKI)* vormen een belangrijke basis als regelgevend kader;
- *Koninklijk besluit van 1 maart 2018 tot vaststelling van het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied.*

Daarnaast wordt ook rekening gehouden met de richtlijn betreffende de veiligheidsdemonstratie van nieuwe klasse I-installaties:

- *Guideline - Safety demonstration of new class I nuclear installations - Approach to Defence-in-Depth, radiological safety objectives and application of a graded approach to external hazards*, FANC 2013-05-15-NH-5-4-3, April 2017.

Wat betreft interne SCK CEN-documenten wordt gebruik gemaakt van de bestaande veiligheidsdossiers van de inrichting die de uitbating van de SCK CEN-installaties en onder andere de organisatie van de stralingsbescherming beschrijven samen met SCK CEN-processen die eveneens van toepassing zullen zijn op de nieuwe RECUMO-installatie.

Vlaams omgevingsvergunning

Het RECUMO-project omvat:

- Stedenbouwkundige handelingen (SH);
- Een verandering door uitbreiding van de bestaande ingedeelde inrichtingen of activiteiten (IIOA);
- Een verandering door uitbreiding van de bestaande nucleaire inrichting.

De SH en de IIOA zijn onderworpen aan de omgevingsvergunningsplicht. Bovendien dient er voor het project een geïntegreerd project-MER opgemaakt te worden waarin zowel de radiologische als niet-radiologische milieueffecten vermeld worden. De omgevingsvergunningsaanvraag, waarin het project-MER als bijlage gevoegd wordt, wordt door het SCK CEN ingediend bij de Vlaamse overheid en het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle.

6 Projectuitvoering

Design en engineering

Deze fase is iteratief en wordt mee bepaald door de resultaten van R&D en vereisten opgelegd door externe partijen (Dienst MER, Bel V, FANC).

Constructie en assemblage

Tijdens de bouwwerken van de gehele installatie wordt erop toegezien dat alles aan de vastgelegde kwaliteitseisen voldoet. Regelmatige controles bij de leveranciers van technische installaties worden uitgevoerd om te verifiëren of aan alle eisen wat betreft kwaliteit voldaan wordt.

In bedrijfsstelling (“Commissioning”)

Op het einde van de bouwfase wordt het commissioningsprogramma gefinaliseerd.

Een groot deel van de inbedrijfsstelling kan gebeuren in 'koude' condities (cold commissioning), dus zonder radioactief materiaal. De inbedrijfsstelling met radioactief materiaal (hot commissioning) wordt door SCK CEN-personeel uitgevoerd.
Het commissioningsprogramma zal ontworpen en uitgevoerd worden door personeel dat het basisveiligheidsontwerp van de installatie kent, evenals de testtechnieken. De uitvoering van dit programma dient als basis voor het ingebruikstellingdossier dat overhandigd wordt aan het FANC en Bel V met het oog op de reglementaire oplevering (ARBIS, art. 6.9). Het programma en het dossier dat wordt overhandigd aan het FANC, met het oog op de reglementaire oplevering, worden gecontroleerd door de dienst Fysische Controle.

De fasering van de constructie is als volgt:

Uitvoeringsfase	Indicatieve datum
Voorziene start constructie	4de kwartaal 2021
Inbedrijfstelling	2de kwartaal 2024
Bevestiging voor ingebruikname	3de kwartaal 2024
Start operaties	4de kwartaal 2024

Figuur 2 : Planning

7 Beschrijving van de site

De uitbatingssite van het SCK CEN is gelegen in het westen van de gemeente Mol in de Antwerpse Kempen. Het domein beslaat een oppervlakte van 530 ha, waarvan 100 ha wordt ingenomen door de installaties binnen het technisch domein en het dichtstbijzijnde woongebied.
De resterende oppervlakte die niet behoort tot het technisch domein, bestaat voor het overgrote gedeelte uit bosgebieden en in mindere mate uit sportinfrastructuur.



Figuur 3: Geografische locatie SCK CEN in België

Samen met de andere nucleaire inrichtingen in de omgeving (Belgoprocess en EC JRC) maakt het SCK CEN deel uit van de zogenaamde nucleaire zone Mol-Dessel.
Als inplantingsplaats voor de RECUMO-installatie op de SCK CEN-site wordt gekozen voor een uitbreiding aan het bestaande Scheikunde – gebouw (SCH) (zie Figuur 4).



Figuur 4: Schets van de inplanting van de RECUMO-installatie als uitbreiding van het bestaande SCH-gebouw.

8 RECUMO-procesinstallatie

Algemeen procesoverzicht



Figuur 5: Algemeen procesoverzicht

Aangezien het bestraalde HEU-residu momenteel wordt opgeslagen bij IRE is het transport van IRE naar SCK CEN de eerste stap in het proces. Dit gebeurt in speciale transportcontainers (TN®MW) vergund[1] voor transport van HEU-residu.
In het RECUMO-gebouw wordt een tijdelijke opslag van het te zuiveren HEU voorzien om een productieperiode van ± 1 jaar te overbruggen.

[1] Certificat d'agrément d'un modèle de colis CODEP-DTS-2017-018218

Na selectie van de IRE cans voor verdere verwerking van een batch gaan ze naar de proces-hotcell. Deze bestaat uit 4 compartimenten, waarvan twee identieke oploscompartimenten, een eerste extractiecompartiment en een analysecompartiment. Het oploscompartiment is ontdubbeld om de benodigde capaciteit te bereiken.
Nadat de eerste extractie is uitgevoerd kan de verdere verwerking gebeuren in een reeks handschoenkasten. Na de vier volgende stappen, tweede extractie, precipitatie, calcinatie en oxidatie, wordt het eindproduct bekomen : uraniumoxide met de juiste isotopische samenstelling.
Dit eindproduct wordt opgeslagen in recipiënten in een aparte zone in het RECUMO-gebouw. De RECUMO-installatie wordt ontworpen voor de volledige opslag van al het uraniumoxide (LEU) dat afkomstig is van de behandeling van de HEU- en LEU-residu's.
Het opslaan van het eindproduct in het RECUMO-gebouw beperkt het aantal materiaalbewegingen tussen verschillende gebouwen aanzienlijk wat voordelen biedt op het gebied van veiligheid, beveiliging en safeguards.
De waterige afvalstroom uit het solventextractieproces in de proceshotcell wordt het hoogactief raffinaat (HAR) genoemd. Deze stroom bevat splijtings- en activatieproducten en wordt gecatalogeerd als "high level liquid waste" (HLLW). De jaarlijks geproduceerde hoeveelheid vanuit het extractieproces wordt geschat op 450 liter per jaar en wordt overgebracht naar 1 van de 4 opslagtanks in de kelder van het gebouw.
Naast het hoogactief vloeibaar afval (HAR) van de extractie worden eveneens laagactieve vloeibare afvalstromen geproduceerd. Deze zullen eveneens worden afgevoerd via de HAR-tanks van het extractieproces.
Vanuit de opslagtanks wordt het HLLW in een later stadium via de afval-hotcell klaargemaakt voor verder vervoer naar het vitrificatieproces en uiteindelijke opslag.

Afvalverwerking

Het vloeibaar deel van de restafvalstromen zal voor vitrificatie aangeboden worden bij Orano La Hague in Frankrijk. Vitrificatie is een gekende techniek voor de immobilisatie van de radionucliden en biedt de meest economisch verantwoorde oplossing. Het geheel wordt in een roestvrijstalen container geplaatst (verglaasd hoogactief afval CSD-V) en op de site van Belgoprocess opgeslagen. Na een opslagperiode zal het opwerkingsafval op lange termijn, in geologische stockage, kunnen worden beheerd[2].
De verwerking van het vast restafval gebeurt binnen de afvalhotcell. Het vast afval wordt in de hotcell verzameld in een 220 liter vat dat na afvulling op zijn beurt wordt geplaatst in een 400 liter vat. Dit 400 liter vat wordt overgebracht in een CAROLINE[3] transportcontainer, (analoog aan de TN®MW container) vergund[4] voor transport van dit soort afval en op deze wijze afgevoerd naar Belgoprocess.

9 Veiligheidsbeheer

Het veiligheidsbeheerssysteem zorgt voor het behoud van een hoog niveau van de nucleaire veiligheid en een goede veiligheidscultuur, zoals in het Koninklijk besluit houdende veiligheidsvoorschriften voor de kerninstallaties van 30/11/2011 voorgeschreven wordt.
Om de gevolgen van een mogelijk falen van uitrustingen en/of menselijke tussenkomsten te minimaliseren, past men het principe van "defence in depth" toe. Volgens dit principe worden meervoudige voorzorgs- en beschermingsmaatregelen ("verdedigingsniveaus" genoemd)

[2] Informatiedossier - Vervoer, van Frankrijk naar België, van verglaasd middelradioactief afval afkomstig van de opwerking van kernbrandstof, NIRAS, mei 2017
[3] CAROLINE: **CA**sk for **R**adi**O**active transport in **L**arge quantities **I**n a **N**uclear **E**nvironment –
[4] Zie veiligheidsdossier Transnubel R80 ANS 001 - C

ingebouwd, zodat bij een eventueel falen van een eerste maatregel er nog andere middelen ter beschikking staan om te voorkomen dat er zich een veiligheidsprobleem zou voordoen. Elk "verdedigingsniveau" op zich moet voldoende robuust zijn om een preventieve functie te kunnen uitoefenen. Het falen van één verdedigingsniveau mag geen invloed hebben op de werking van een volgend niveau. De combinatie van meerdere verdedigingsniveaus garandeert dus een maximaal veilige situatie.
Het veiligheidsbeheerssysteem bevat zowel technische als organisatorische aspecten. Het houdt rekening met de normale uitbatingssituatie, maar neemt ook mogelijke incidenten en ongevalssituaties in aanmerking.

10 Ontmanteling

De uitbating van elke nucleaire inrichting zal op een zeker moment worden stopgezet, waarna deze inrichting op een veilige manier moet ontmanteld worden. Dit geldt eveneens voor de RECUMO-installatie bij het beëindigen van de verwerkingscampagnes. De ontmanteling dient te gebeuren in navolging van de KB's met betrekking tot ontmanteling (KB van 2001-07-20 'Koninklijk besluit houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen'), (koninklijk besluit van 1991-10-16 houdende bepaling van de opdrachten en de werkingsmodaliteiten van NIRAS/ONDRAF), (KB 2011-11-30 Veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties) en de op dat moment geldende wetgeving.
Daarom wordt al in de ontwerpfase van de RECUMO-installatie een preliminaire ontwerpanalyse van de ontmanteling verricht samen met de afdeling D&D die ervaring heeft met ontmantelingen. Een eerste echt ontmantelingsplan moet beschikbaar zijn voor de aanvang van de commissioning van de installatie en moet daarna 5-jaarlijks herzien worden. Wanneer de operationele werking van de installatie wordt beëindigd moet ruim daarvoor een finaal ontmantelingsplan worden opgemaakt om een ontmantelingsvergunning te bekomen.

11 Besluit

Het RECUMO-project biedt een duurzame en veilige oplossing voor de verwerking en evacuatie van de uraniumtarget residu's afkomstig van de medische radio-isotopenproductie bij IRE. Het verwerkingsproces is gebaseerd op gekende radiochemische technieken. Het eindproduct is geschikt voor de productie van nieuwe LEU-targets voor de radio-isotopenproductie of van LEU gebaseerde kernbrandstof voor onderzoeksreactoren. Om deze verwerking op een veilige manier uit te voeren wordt op de terreinen van het SCK CEN een nieuwe installatie gebouwd aansluitend aan het huidige scheikundegebouw.

In het design van de installatie wordt gebruik gemaakt van de ruime ervaring die het SCK CEN heeft in het uitbaten van gelijkaardige installaties en het behandelen van gelijkaardig materiaal. Tevens wordt gebruik gemaakt van elementen komende uit de ervaringsfeedback van soortgelijke installaties in België.

De afvalstromen komende van de installatie werden geëvalueerd en zullen voldoen aan de acceptatiecriteria voor verwerking door NIRAS.

De toekomstige ontmanteling van de installatie kan volgens standaardmethodes uitgevoerd worden. Het afval afkomstig van deze ontmanteling valt onder de bestaande en geaccepteerde afvalstromen.