

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO SOBRE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE LA COMISIÓN EUROPEA

RESEARCH AND DEVELOPMENT ON RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT WITHIN THE EUROPEAN COMMISSION PROGRAMME

H. FORSSTRÖM - H. VON MARAVIC - M. HUGON

Desde principios de los '70 la Comisión Europea ha prestado su apoyo a la investigación sobre la gestión y el almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos y ha promovido la cooperación internacional en este campo. La mayor parte del programa se ha llevado a cabo mediante acciones de "coste compartido" en las que han participado instituciones de investigación de los Estados Miembros. Parte de la investigación se ha realizado también en el Centro de Investigación Conjunta.

La ausencia de un enfoque ampliamente consensuado en materia de gestión y almacenamiento definitivo de los residuos es uno de los impedimentos para el uso continuado y futuro de la energía nuclear. Lo antedicho es de aplicación en particular al almacenamiento definitivo de los residuos de larga vida en repositorios geológicos profundos. Por este motivo, el tratamiento y almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos de larga vida se ha propuesto como tema prioritario en el siguiente Programa Marco de Investigación de EURATOM (2002-2006).

The European Commission has since the early 1970s supported research on the management and disposal of radioactive waste and promoted international co-operation in the field. The major part of the programme has been performed through "shared cost" actions involving research institutions in the Member States. Some research has also been carried out at the Joint Research Centre.

The absence of a broadly agreed approach to waste management and disposal is one of the main impediments to the continued and future use of nuclear energy. In particular this applies to the disposal of long-lived waste in deep geological repositories. The treatment and disposal of long-lived radioactive waste has therefore been proposed as an area of priority in the next EURATOM Research Framework Programme (2002 - 2006).

INTRODUCCIÓN

La investigación y desarrollo en el campo de la gestión y almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos forma parte del programa de la Comisión Europea desde principios de los años '70 [1]. Una parte importante de los primeros trabajos se realizó por y en colaboración con el Centro de Investigación Conjunta (JRC). En 1975 se estableció el primer programa verdaderamente cooperativo, en el que participaban los laboratorios de los Estados Miembros de la Comunidad mediante acciones de "costes compartidos". Evidentemente, el contenido del programa ha evolucionado con los años, reflejando el desarrollo de los Estados Miembros. En

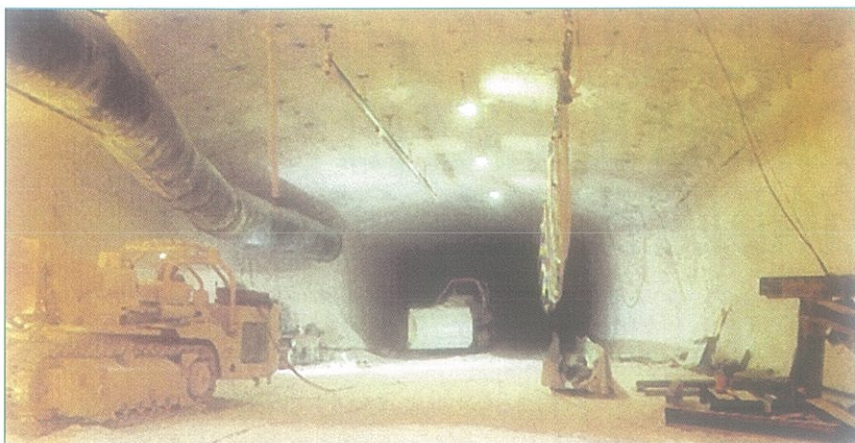
1979 se inició un programa similar en el campo de la clausura [2].

En el campo de la gestión y almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos, se realizaron esfuerzos sustanciales en el marco de los primeros programas, orientados hacia el tratamiento y acondicionamiento de distintos tipos de residuos, en particular los de baja y media actividad, así como hacia el almacenamiento de estos residuos. Como las técnicas se han establecido comercialmente y se están utilizando en la práctica en numerosos Estados Miembros de la UE, el apoyo de la Comunidad para la investigación y desarrollo en esta área se ha prácticamente abandonado. Los trabajos que continúan están encaminados a la caracterización de los

INTRODUCTION

Research and development in the area of radioactive waste management and disposal has been part of the European Commission programme since the early 1970s [1]. Much of the early work was performed by and in conjunction with the Joint Research Centre (JRC). In 1975 the first truly co-operative programme was set up, which involved the laboratories of the Member States of the Community, through "shared cost" actions. The content of the programme has of course evolved over the years reflecting the development in the Member States. In 1979 a similar programme was started in the field of decommissioning [2].

In the area of radioactive waste management and disposal substantial efforts were in the early programmes directed towards the treatment and conditioning of different types of waste, in particular low- and intermediate level waste, and also on disposal of these wastes. As these techniques have been commercially established and put in practical



Galería subterránea de Gorleben (DBE, Alemania).
Underground gallery of Gorleben (DBE, Germany).

productos residuales (incluidos el control y la garantía de calidad), con vistas principalmente a su posterior almacenamiento definitivo.

Hace ya bastante tiempo que el almacenamiento definitivo en formaciones geológicas profundas es la principal alternativa en lo relativo a la gestión de los residuos radiactivos de larga vida. En el primer programa de la CE (1975–79), los Institutos Geológicos Nacionales redactaron un catálogo de posible formaciones geológicas. Los distintos temas técnicos y científicos relacionados con el almacenamiento geológico se han tratado en mayor detalle en los posteriores programas. Se pueden distinguir dos líneas de investigación diferenciadas.

La primera se refiere a temas técnicos relacionados con la excavación de los repositorios y con su posterior operación. En este contexto, el establecimiento en algunos Estados Miembros de instalaciones de investigación subterráneas ha contribuido de forma importante al desarrollo de nuestros conocimientos y capacidad.

La segunda línea de investigación se refiere a la capacidad de demostrar que el sistema de almacenamiento definitivo sea capaz de proteger al hombre y al medio ambiente a lo largo de los períodos prolongados a considerar.

En este contexto, el desarrollo de las herramientas necesarias para la realización de evaluaciones del comportamiento y de la seguridad ha sido importante para demostrar la capacidad de contención de los repositorios e identificar las áreas específicas en las que sigue habiendo una necesidad de investigación sobre componentes y procesos. En paralelo con lo anterior, se han investigado los fenómenos básicos de

importancia desde el punto de vista de la seguridad, es decir, la caracterización de la forma de residuo, el comportamiento de los materiales de las cápsulas y de relleno, la generación y el transporte de gas y procesos relacionados con la migración de elementos radiactivos a través del medio geológico. Una tendencia observada es que estos estudios se han relacionado, y se han integrado, cada vez más con los trabajos de evaluación del comportamiento (EC).

Recientemente, ha habido un interés renovado en la posibilidad de reducir la radiactividad de larga vida de los residuos mediante la separación y transmutación (S+T). Algunos estudios iniciales se realizaron ya en el marco del programa de 1994–98, sobre estrategias y también en relación con algunas características especiales de la separación y transmutación. Estos trabajos se ven intensificados en el nuevo programa, con el fin de evaluar la viabilidad práctica, a escala industrial, de la S+T, con el objetivo último de reducir las cantidades de radionucleidos de larga vida en los residuos a gestionar. Los estudios realizados hasta la fecha muestran que si bien la S+T podría reducir estas cantidades, el almacenamiento geológico profundo sigue siendo necesario.

ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Aspectos generales

Los programas sobre la "Seguridad de la Fisión Nuclear" (Cuatro Programa Marco, 1994–98), y la "Energía Nuclear" (Quinto Programa Marco, 1998–2002) incluyen

use in many EU Member States, the Community support to R&D in this area has practically ceased. The work still going on has the objective of characterising the waste products (incl. QA and QC), primarily in view of their subsequent disposal.

For long-lived radioactive waste the disposal in deep geological formations has been the main management alternative for a long time. In the first EC programme (1975–79), a catalogue of possible geological formations in the Member States was prepared by the National Geological Institutes. In the subsequent programmes the different technical and scientific issues connected to geological disposal have been dealt with in greater detail. Two different lines of research can be identified.

The first one concerns the technical issues connected to the excavation of the repositories and their subsequent operation. In this context the establishment of underground research facilities in some Member States have made an important contribution to the advancement of the knowledge and capacity.

The second one (line of research) concerns the capacity to show that the disposal system will be able to protect man and the environment over the very long time periods to be considered.

In this context, the development of the tools for performance and safety assessment have been important to demonstrate the containment capacity of repositories and to identify the remaining research needs on specific repository components and processes. In parallel, research on basic phenomena of importance for the safety has been performed, i.e. waste form characterisation, behaviour of canister and buffer materials, gas generation and transport and processes connected to the migration of radioactive elements through the geological media. A tendency that can be observed is that these studies have become more closely linked to and integrated in the performance assessment (PA) work.

Recently there has been a renewed interest in the possibility of reducing the long-lived radioactivity in the waste by partitioning and transmutation (P&T). In the 1994–98 programme certain initial studies were performed, both concerning strategies and special features of partitioning and transmutation. This work is intensified in the new programme to provide a basis for evaluating the practicability, on an industrial scale, of P&T for reducing the amount of long lived radionuclides in the waste to be disposed of. The system studies performed to date show that P&T could reduce this amount, but that deep geological disposal is still needed.

RESEARCH ACTIVITIES

General Aspects

The programmes on "Nuclear Fission Safety" (Fourth Framework Programme, 1994–98), and "Nuclear Energy" (Fifth Framework Programme, 1998–2002) includes research on reactor safety, radioactive waste management and disposal and decommissioning, innovative approaches, radiation protection and radiological sciences and restoration of contaminated environments. In the area of radioactive waste management and decommissioning of nuclear installations the Commission has supported 62 different projects with a financial contribution of 42 M€ in the 4th FP, and is supporting about 60 projects with a financial contribution of 60 M€ in the 5th FP.

The supported research projects are only a small part of all the research and demonstration work being performed in the Member States, but they have the added value of bringing the important researchers together, thereby improving the exchange of information and expertise on a European scale. To further foster this information exchange, projects with common interests are brought together in clusters. The Commission also performs research at the Joint Research Centre, in particular in the areas of spent fuel characterisation and partitioning and transmutation.

Some examples of the research supported are given in the following.

The results of the 4th FP were presented and discussed at the 5th European Community Conference on "Radioactive Waste Management and Disposal and Decommissioning: EURADWASTE 99" in Luxembourg [3].

The main conclusions were:

- Postponing decisions to dispose of radioactive waste in deep underground repositories and indefinite surface storage of these wastes would impose great burdens on the organisation of society over very long time-scales while phased deep geological disposal is possible.

- Implementation of P&T would only make sense if it were associated to the continued use of nuclear fission energy beyond the operation of the present generation of nuclear power plants.

- Research should not be brought to an end in areas where there are still major conflicting views among the scientific community.

- It is recommended to demonstrate the feasibility of implementation of disposal concepts in Underground Research Laboratories, this backed up by a continuous support of fundamental research in order to create the conditions for a better perception by the public and decision-makers of the need to find solutions for all types of radioactive wastes.

The results of the research are also presented in EUR-reports. An updated list of the reports can be found in [4], which can be downloaded from www.cordis.lu/fp5-euratom/src/lib_docs.htm. A list of the ongoing projects can be found at www.cordis.lu/fp5-euratom/src/projects_key.htm.

Waste Management and Disposal

The research on waste management and disposal in the 4th and 5th Framework programmes is mainly devoted to the disposal of high level and long lived waste and spent nuclear fuel, and covers the areas of:

- Waste management strategies
- Quality control of waste packages
- Repository technology
- Performance assessment for repository systems
- Long term behaviour of repository systems
- Public attitudes and involvement



Experimentación en el laboratorio subterráneo de Äspö (SKB, Suecia).

Experiment at Äspö underground research laboratory (SKB, Sweden).

ción de entornos contaminados. En el área de la gestión de los residuos radiactivos y la clausura de las instalaciones nucleares, la Comisión ha apoyado 62 proyectos distintos con una contribución económica de 42 M€ en el 4^º PM, y está apoyando unos 60 proyectos en el 5^º PM, con una aportación económica de 60 M€.

Los proyectos de investigación que han recibido este apoyo son sólo una pequeña parte de los trabajos de investigación y demostración que se están realizando en los Estados Miembros, pero aportan el valor añadido de agregar a los investigadores más importantes, mejorando así el intercambio de información y conocimientos a escala europea. Con el fin de fortalecer este intercambio de información, los proyectos de interés común se agrupan en conjuntos. La Comisión también lleva a cabo trabajos de investigación en el Centro de Investigación Conjunta, en particular en relación con la caracterización del combustible gastado y la separación y transmutación.

A continuación se incluyen algunos ejemplos de la investigación que recibe apoyo de la Comisión. Los resultados del 4^º PM se presentaron y discutieron durante la 5^a Conferencia de la Comunidad Europea sobre "Gestión Almacenamiento Definitivo de los Residuos Radiactivos y Clausura: EURADWASTE 99" celebrada en Luxemburgo [3].

Las principales conclusiones fueron las siguientes:

- Aplazar las decisiones de almacenar definitivamente los residuos

investigaciones sobre la seguridad de los reactores, la gestión y almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos y la clausura de las instalaciones, enfoques innovadores, la protección radiológica y las ciencias radio-lógicas y la restauración de entornos contaminados.

radiactivos en repositorios subterráneos profundos y proceder al almacenamiento en superficie de forma indefinida impondría una fuerte carga a la organización de la sociedad durante un período muy prolongado, y además el almacenamiento geológico se puede efectuar por fases.

- La implantación de la S+T sólo tendría sentido si se asociara con el uso continuado de la energía de la fisión nuclear más allá de la vida operativa de la generación actual de centrales nucleares.

- No se debe abandonar la investigación en áreas donde siga habiendo puntos de vista conflictivos entre los miembros de la comunidad científica.

- Se recomienda demostrar la viabilidad de implantar los conceptos de almacenamiento definitivo en Laboratorios de Investigación Subterráneos, respaldado por un apoyo continuo de la investigación fundamental para crear las condiciones necesarias para una mejor percepción por parte del público y de los responsables de la toma de decisiones de la necesidad de buscar soluciones para todo tipo de residuos radiactivos.

Los resultados de las investigaciones también se publican en informes EUR. Se incluye una lista actualizada de estos informes en [4], que se puede descargar de www.cordis.lu/fp5-euratom/src/lib_docs.htm. Se incluye una lista de los proyectos actualmente en curso en www.cordis.lu/fp5-euratom/src/projects_key.htm.

Gestión y Almacenamiento Definitivo de Residuos

La investigación en materia de gestión y almacenamiento definitivo de residuos en los Programas Marco 4 y 5 se centra principalmente en el almacenamiento definitivo de los residuos de alta actividad y larga vida y del combustible gastado, cubriendo las siguientes áreas:

- Estrategias de gestión de residuos
- Control de calidad de bultos de residuos
- Tecnología de repositorios
- Evaluación del comportamiento de sistemas de repositorios
- Comportamiento a largo plazo de sistemas de repositorios
- Actitudes y participación del público

- *Estrategias de gestión de residuos*

En la mayoría de los países europeos las posibles implicaciones de la recuperabilidad se han incluido en las discusiones sobre las soluciones aceptables para el almacenamiento definitivo de los residuos. Se ha analizado la comprensión de la recuperabilidad y distintos puntos de vista sobre esta técnica en el marco de una acción concertada. Un nuevo proyecto incluirá la evaluación de estrategias alternativas a largo plazo para la gestión de los residuos de larga vida.

La recuperabilidad está estrechamente relacionada con la monitorización. Este tema se estudiará en el marco de una red temática encaminada a comprender el papel de la monitorización y las distintas opciones abiertas en un enfoque de almacenamiento por fases, y a evaluar cómo la monitorización puede contribuir a la toma de decisiones y a aumentar la confianza en la seguridad de un repositorio.

- *Control de calidad de bultos de residuos*

La investigación ha incluido el desarrollo de mejores métodos en lo relativo a técnicas de ensayo no destructivo y destructivo de los bultos de residuos radiactivos. Las pruebas comparativas realizadas (ensayos de intercomparación en bidones de 220 litros de residuos no físis) han contribuido a reducir las discrepancias en los métodos y las técnicas utilizados y en las incertidumbres en cuanto a la medición del inventario de radionucleidos en los bultos, y han servido también para formular recomendaciones sobre "mejores prácticas" en el uso de técnicas de ensayo. Siguen las investigaciones sobre técnicas de ensayos destructivos y mediciones en los grandes bultos de residuos que procederán de la clausura de las instalaciones.

Una red de instalaciones de ensayo para comprobar la calidad de los bultos de residuos, lanzada en 1992 por la CE, ha promovido y facilitado desde entonces la colaboración a nivel europeo en el desarrollo, aplicación y normalización del control de calidad de los bultos de residuos.

- *Tecnología de repositorios*

La mayor parte de las investigaciones sobre la tecnología de los re-

positorios se lleva a cabo en los Laboratorios de Investigación Subterráneos (LIS). Éstos se ubican en emplazamientos genéricos o en emplazamientos candidatos para un repositorio geológico profundo en distintas formaciones rocosas (cristalina, arcilla y/o sal). Constituyen centros de excelencia para el desarrollo y demostración de técnicas para la construcción, operación y clausura de repositorios, para aumentar la confianza del público y para promover la cooperación internacional en actividades de investigación. Además, se podrá obtener más información de relevancia para el desarrollo y demostración de métodos de ingeniería, así como datos para la verificación de los modelos científicos y matemáticos utilizados en la evaluación del comportamiento/seguridad.

En el 4º Programa Marco, la Comisión apoyaba investigaciones llevadas a cabo en el LIS de HADES (PRACLAY), localizado en arcilla Boom debajo de Mol (Bélgica), en la mina de sal de Asse (Alemania) y en el Grimsel Felslabor (Suiza). La cooperación internacional y los acuerdos bilaterales en los proyectos de investigación realizados en los laboratorios subterráneos, junto con el intercambio de información, se estimularon mediante el establecimiento de un Club de instalaciones Subterráneas de Almacenamiento, Ensayo e Investigación (CLUSTER), que incluía la representación del laboratorio de Äspö (Suecia) y de la instalación de investigación de arcilla dura de Tournemire, en el sur de Francia.

En cuanto al 5º Programa Marco, continúan los trabajos en los laboratorios de HADES, Asse y Grimsel, complementados por pruebas realizadas en el Laboratorio de Roca Dura de Äspö (Suecia), que cubren los pasos de diseño, construcción y operación en una formación cristalina, con el énfasis puesto en el comportamiento del sistema de barreras artificiales. En el Laboratorio en Roca de Mont Terri (Suiza), se llevarán a cabo pruebas sobre nuevos conceptos de relleno en arcillas opalinas y el secado de la arcilla durante el período de operación. En Bure (Francia) se estudiará la perturbación hidromecánica de la masa de roca arcillosa debida a la construcción de un Laboratorio de Investigación Subterráneo.

Con el fin de compartir y evaluar las experiencias de los distintos

- *Waste management strategies*

In most European countries, the possible implications of retrievability have been included in the discussion about acceptable solutions for waste disposal. In a concerted action, the understanding and different views on retrievability was analysed. Alternative long-term strategies for the management of long-lived waste will be evaluated in a new project.

Retrievability is very closely related to monitoring. This will be studied in a thematic network that aims at understanding the role and options for monitoring in a phased approach to disposal and to assess how monitoring can contribute to the decision making and to the confidence building for the safety of a repository.

- *Quality control of waste packages*

The research has included development of improved methods for non-destructive and destructive assay techniques for radioactive waste packages. Inter-comparison tests ("Round Robin" tests on 220 litre drums on non-fissile waste) contributed to reduce discrepancies in the methods and techniques used, uncertainties in the measurement of nuclide inventory in packages and formulated recommendations for "best practice" in use of assay techniques. Further research is going on concerning destructive assay techniques and measurements on large waste packages that will result from decommissioning.

A Network of testing facilities for the quality checking of radioactive waste packages, launched in 1992 by the EC, promoted and facilitated since then a European-level collaboration in the development, application and standardisation of QC for waste packages.

- *Repository technology*

Most of the research on repository technology is performed in Underground Research Laboratories (URL's). These are either located at generic or at potential deep repository sites in various host rock formations (crystalline rock, clay and/or salt). They provide centres of excellence for the development and demonstration of techniques for the construction and operation and closing of a repository that can improve confidence for public perception and act as facilities for promoting international co-operation in research activities. Moreover, further relevant information for developing and proving engineering methods and data for the testing of scientific and mathematical models used in performance/safety assessment can be obtained.

In the 4th Framework Programme, the Commission supported research in the HADES (PRACLAY)-URL in Boom clay beneath Mol (B), in the Asse salt mine (D) and in the Grimsel Felslabor (CH). International co-operation and partnerships in research projects carried out in the URL's and the exchange of information were stimulated via the establishment of a Club of Underground Storage, Testing and Research facilities (CLUSTER - URL's), in which also the Äspö HRL (S) and the Tournemire research facility in hard clay in Southern France were represented.

In the 5th Framework Programme the work in the HADES-URL, Asse and Grimsel are continuing and are complemented by tests in the Äspö Hard Rock

Laboratory (S) covering the steps in design, construction and operation in a crystalline formation with the focus on engineered barrier system performance. At the Mont Terri Rock Laboratory (CH) tests will be performed on new backfilling concepts in Opalinus clay and on the drying out of the clay during the operational period. The hydro-mechanical disturbance of the argillaceous rock mass due to the construction of an Underground Research Laboratory, will be studied at Bure (F).

In order to pool and assess the experiences from the various URLs in Europe, USA and Canada, a network (CROP) has been established with the view to build a basis for evaluating and developing concepts of final repositories for high-level radioactive waste. Particular interest will be given to construction, instrumentation and correlation of theoretical models with field data, especially concerning the engineered barrier system.

- Performance assessment for repository systems

The development of a safety assessment methodology and integrated performance assessment tools has been supported at European Community level since the early eighties, through projects on PA of disposal systems in various geological environments for high-level waste and alpha-bearing medium-level waste (PAGIS 1982-1989 and PACOMA 1989-1991 respectively), and a sensitivity analysis of geological disposal systems of radioactive waste (EVEREST 1992-1996).

Disposal of Spent Fuel has been investigated (SPA) in the 4th Framework Programme. Further development of the performance assessment methodologies will be performed in the 5th Framework Programme, i.e. on the treatment of the bentonite barrier in an integrated performance assessment and the inclusion of thermo-hydro-mechanical coupled processes. Also studies on the biosphere are done, including the long-term impact due to climate change. An important issue for evaluating the long-term performance of disposal systems is to identify and test the suitability of various safety and performance indicators. This is the topic of the SPIN project.

- Long-term behaviour of repository systems

The understanding of the long-term behaviour of the multi-barrier components in the repository system is necessary for demonstrating that the repository system will be able to protect man and the environment over the very long time periods considered. The objectives of the research supported were to characterise in qualitative and quantitative terms –where possible– the engineered barrier (waste matrix, canister, overpack, buffer/backfill), geo-mechanical behaviour of natural clay and bentonite, gas generation and migration and radionuclide transport/retardation processes.

For the engineered barrier components, improved models for the dissolution behaviour of vitrified HLW and spent nuclear fuel and a more reliable database for modelling corrosion behaviour of metal containers have been developed. Also more reliable experimental data on the behaviour of bentonites and crushed salt as buffer, backfill and sealing materials for waste emplacement holes and galleries has been generated. The thermo-hydro-mechanical (THM) behaviour of argillaceous buffer/backfill materials has been modelled. Further studies will be

laboratorios subterráneos de Europa, EE.UU. y Canadá, se ha establecido una red (CROP) para la elaboración de una base para la evaluación y desarrollo de conceptos de repositorios finales para residuos radiactivos de alta actividad. Se prestará especial atención a la construcción, instrumentación y correlación de modelos teóricos con datos de campo, especialmente en lo relativo al sistema de barreras artificiales.

- Evaluación del comportamiento de sistemas de repositorios

La Comunidad Europea viene prestando su apoyo al desarrollo de una metodología de evaluación de la seguridad y de herramientas para la evaluación integrada del comportamiento desde principios de los '80, a través de proyectos de EC de sistemas de almacenamiento definitivo en distintos entornos geológicos para residuos de alta actividad y residuos de media actividad portadores de emisores alfa (PAGIS 1982-1989 y PACOMA 1989-1991 respectivamente), así como al análisis de sensibilidad de sistemas de almacenamiento definitivo de residuos radiactivos en formaciones geológicas (EVEREST 1992-1996).

El almacenamiento definitivo del combustible gastado se ha investigado (SPA) en el 4^º Programa Marco. El quinto de estos programas incluirá el posterior desarrollo de metodologías para la evaluación del comportamiento, sobre el tratamiento de la barrera de bentonita en la evaluación integrada del comportamiento y la inclusión de procesos termohidromecánicos acoplados. También se han realizado estudios relacionados con la biosfera, incluido el impacto a largo plazo del cambio climático. Un tema importante para la evaluación del comportamiento a largo plazo de los sistemas de almacenamiento definitivo es la identificación y verificación de la idoneidad de varios indicadores de la seguridad y el comportamiento. Éste es el tópico del proyecto SPIN.

- Comportamiento a largo plazo de los sistemas de repositorios

Comprender el comportamiento a largo plazo de los componentes de las múltiples barreras del sistema del repositorio es imprescindible para poder demostrar que dicho sistema será capaz de proteger al hombre y al medio ambiente durante los

muy largos períodos considerados. Los objetivos de la investigación llevada a cabo eran caracterizar en términos cualitativos y cuantitativos –y en la medida de lo posible– la barrera artificial (matriz de residuos, cápsula, contenedor externo, material de blindaje/relleno), el comportamiento geomecánico de arcilla natural y bentonita, la generación y migración de gas y los procesos transporte/frenado de radionucleidos.

En cuanto a los componentes de la barrera artificial, se han desarrollado mejores modelos del comportamiento disolutivo de los residuos de alta actividad vitrificados y del combustible nuclear gastado y una base de datos más fiable para la modelación del comportamiento de los contenedores metálicos en lo relativo a la corrosión. Asimismo, se han generado datos experimentales más fiables sobre el comportamiento de las bentonitas y del sal triturado como materiales de blindaje, relleno y sellado de pozos y galerías de emplazamiento de residuos. Asimismo, se ha modelado el comportamiento termohidromecánico (THM) de materiales arcillosos de blindaje/relleno. El 5^º Programa Marco incluirá estudios adicionales sobre residuos vitrificados, combustible gastado, materiales para cápsulas y blindajes de bentonita y sal, con el fin de mejorar la modelación de los procesos que afectan a la capacidad de aislamiento y retención de estas barreras.

En lo relativo a distintos entornos geológicos (medios fracturados y porosos), estudios teóricos, experimentos en el laboratorio y el campo y la investigación de sistemas naturales (análogos) en distintos emplazamientos, han contribuido a una mejor comprensión de algunos de los procesos que tienen lugar y también han proporcionado una sólida base de datos para su aplicación en cálculos relacionados con la evaluación del comportamiento.

Algunos proyectos han contribuido a una mejor comprensión de los procesos fisicoquímicos y de las condiciones que existen en el entorno geológico, al objeto de determinar la influencia de los coloides orgánicos e inorgánicos sobre el transporte de radionucleidos y su impacto sobre la seguridad a largo plazo de un repositorio. Algunos de estos estudios continúan en el 5^º Programa Marco. Además, se está llevando a cabo una revisión de la base de datos termodinámica con el



Prototipo de contenedor para CG (POSIVA, Finlandia).

Canister prototype (POSIVA, Finlandia).

fin de identificar áreas en las que el conocimiento sea insuficiente: aspectos de la química de los actínidos, transformación redox, procesos de sorción y la formación de soluciones sólidas.

También se ha estudiado la generación y el transporte de gas en un repositorio, y se ha elaborado un informe sobre el estado del arte del tema del gas y su impacto sobre la evaluación de la seguridad, en cooperación con la AEN/OCDE. El 5º Programa Marco incluye otros estudios sobre el gas en la evaluación de seguridad de repositorios.

• Actitudes y participación del público

La gestión de los residuos no es exclusivamente un tema científico, sino que también, y en gran medida, es una cuestión en la que la sociedad es partícipe. Los estudios sobre las actitudes y la participación del público tratan la difícil tarea de involucrar al público en la toma de decisiones en materia de gestión de los residuos y de aumentar la transparencia de este proceso.

Se están llevando a cabo estudios que contribuirán, mediante nuevos e innovadores enfoques, a la evaluación de la transparencia del proceso de toma de decisiones y de comunicación en el tratamiento de temas complejos como la selección de emplazamientos para instalaciones de almacenamiento de residuos nucleares, a nivel local y regional, y también al desarrollo de nuevos enfoques a la gestión del riesgo en materia de actividades nucleares. Otro importante tema en este contexto lo constituyen los métodos y las formas para la participación del público en este proceso. Una de las

acciones concertadas, por ejemplo, consistirá en el establecimiento y participación de una red de unos 100 representantes de las distintas categorías de interesados en el tema, en el marco de una evaluación pluralista e interdisciplinaria de estos procesos.

Separación y Transmutación

Los residuos de alta actividad y el combustible gastado contienen un elevado número de radionucleidos, de corta y larga vida, que deben introducirse en instalaciones de almacenamiento durante períodos muy prolongados. Los radionucleidos de larga vida son principalmente actínidos y algunos productos de fisión. La Separación y Transmutación pretende reducir los inventarios de radionucleidos de larga vida en los residuos radiactivos al convertirlos en otros de vida más corta.

Si se consigue con éxito, la S+T generará residuos de vida más corta. No obstante, y dado que la eficacia del proceso no llega al 100%, permanecerán algunos radionucleidos de larga vida en los residuos, que se tendrán que introducir en un repositorio geológico profundo. La S+T se encuentra todavía en fase de investigación y desarrollo (I+D). Dicho lo anterior, se acepta generalmente que las técnicas aplicadas a la S+T podrían reducir los problemas asociados con el almacenamiento definitivo de los residuos.

En el 4º Programa Marco se ha avanzado en el desarrollo de procesos acuosos para la separación (química) de los actínidos de menor importancia de los residuos líquidos de alta actividad. Además, los estudios estratégicos en materia de S+T han concluido que convendría investigar más a fondo la viabilidad de reactores subcríticos acoplados a aceleradores, los llamados sistemas impulsados por aceleradores (SIA), para la transmutación de los residuos nucleares.

El objetivo de la investigación llevada a cabo en el PM5 consiste en proporcionar una base para la evaluación de la viabilidad, a escala industrial, de la separación y transmutación, para reducir la cantidad de

made in the 5th Framework Programme on vitrified waste, spent fuel, canister material and bentonite and salt buffers to improve the modelling of the processes affecting the isolation and retention capacity of these barriers.

With respect to various geological environments (fractured and porous media), theoretical studies, laboratory and field experiments as well as natural system (analogue) investigations at various sites contributed to an improved understanding of some of the processes occurring and provided also a solid database for application in performance assessment calculations.

Some projects have contributed to an improved understanding of the physico-chemical processes and conditions in the geological environment to determine the influence of organic and inorganic colloids on radionuclide transport and their impact on the long-term safety of a repository. Some of these studies are being continued in the 5th Framework Programme. Also a review of the thermodynamic database is ongoing to identify issues where the knowledge base is insufficient: aspects of actinide chemistry, redox transformation, sorption processes and formation of solid solutions.

The generation and transport of gas in a repository has also been studied and a state-of-the-art report on the gas issue and its potential impact on safety assessment has been established in co-operation with OECD-NEA. Further studies on the gas issues in the safety assessment of repositories are made in the 5th Framework Programme.

• Public attitudes and involvement

Waste management is not solely a scientific technical issue, but to a large extent a societal question. The studies on public attitudes and involvement deals with the difficult task of involving the public in the decision making for waste disposal and to increase the transparency in this process.

Studies are underway that will contribute through new, innovative approaches to the evaluation of transparency in decision-making and communication process of complex issues, such as in nuclear waste facility siting process at local and regional community levels, but also develop new approaches of risk governance with regard to nuclear activities. An important issue in this context is the methods and forms for public participation in the process. One concerted action e.g. will set up and involve a network of some 100 representatives of the various categories of stakeholders concerned with the issue in a pluralistic and interdisciplinary comparative assessment of these processes.

Partitioning and Transmutation

Spent fuel and high level waste contain a large number of radionuclides from short-lived to long-lived ones, requiring geological disposal for very long time periods. The long-lived radionuclides are mainly the actinides and some fission products. Partitioning and Transmutation aims at reducing the inventories of long-lived radionuclides in radioactive waste by transmuting them into radionuclides with a shorter lifetime.

If successfully achieved, P&T will produce waste with a shorter lifetime. However, as the efficiency of P&T is not 100%, some long-lived radionuclides will remain in the waste, which will have to be disposed

of in a deep geological repository. P&T is still at the research and development (R&D) stage. Nevertheless, it is generally accepted that the techniques used to implement P&T could alleviate the problems linked to waste disposal.

In the 4th Framework Programme, progress has been made in the development of aqueous processes for partitioning (chemical separation) of minor actinides from liquid high-level waste. In addition, P&T strategy studies concluded that the feasibility of sub-critical reactors coupled to accelerators, the so-called accelerator-driven systems (ADS) should be more thoroughly investigated for transmutation of nuclear waste.

The objective of the research work carried out under FP5 is to provide a basis for evaluating the practicability, on an industrial scale, of partitioning and transmutation for reducing the amount of long lived radionuclides to be disposed of. The two major aims of this work are: (i) to develop efficient processes for the chemical separation of long-lived radionuclides from liquid high-level waste and (ii) to gather all scientific and technical data necessary to carry out a detailed engineering design of an ADS demonstrator in the next Framework Programme.

- Partitioning

Two different routes of partitioning are studied in the 5th Framework Programme, aqueous and non-aqueous separation techniques. In the aqueous route, solvent extraction processes are developed to separate minor actinides (americium and curium) from the acidic high-level liquid waste (HLLW). This development includes the synthesis of innovative molecular compounds, such as calixarenes or polydentate nitrogen ligands, the testing and modeling of their extracting capabilities and the study of their radiolytic and hydrolytic degradation in presence of HLLW. The non-aqueous route deals with pyrometallurgical processing techniques. Two methods, salt/metal extraction and electrorefining, are investigated for separating actinides from lanthanides.

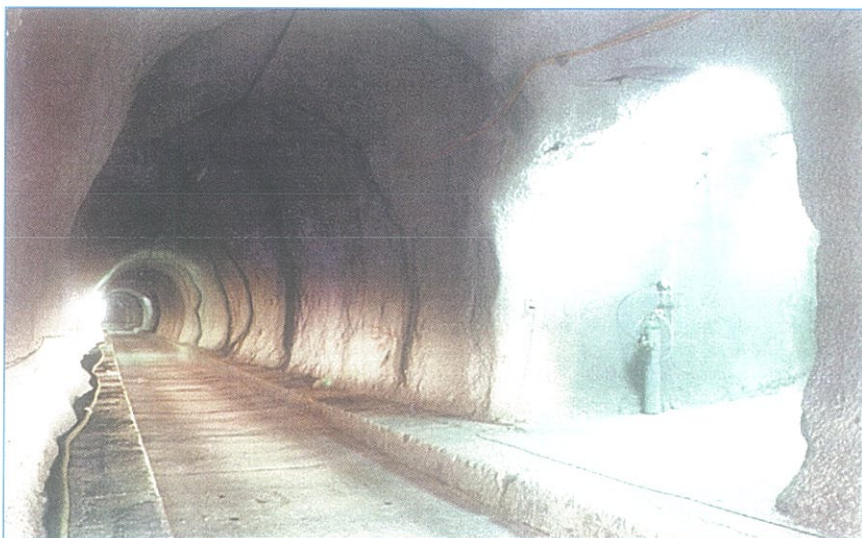
- Transmutation

The transmutation research work is mainly focused on the accelerator-driven system (ADS). It includes preliminary design studies for an experimental ADS, technological support, fuel and basic studies.

- Preliminary design and technological support

The aim of the preliminary design studies for the ADS is to select the most promising technical concepts, to address the critical points of the whole system, to identify research needs, to define the safety and licensing issues, to assess the costs, and to consolidate the road mapping. Different options for the accelerator, spallation target and sub-critical core will be investigated.

One key element of the ADS is the spallation target in which the protons accelerated by the accelerator react with heavy nuclides to produce an abundance of neutrons. Liquid lead or lead-bismuth alloy have been proposed as a spallation medium for the target. In the technological support studies, it is planned to couple such a spallation target to the proton beam of a 1 MW accelerator at PSI in



Laboratorio subterráneo de Mt. Terri (NAGRA, Suiza).

Mt. Terri underground research laboratory (NAGRA, Switzerland).

los radionucleidos de larga vida a introducir en las instalaciones de almacenamiento definitivo. Los dos principales objetivos de este trabajo son: (i) desarrollar procesos eficaces para la separación química de los radionucleidos de larga vida de los residuos líquidos de alta actividad y (ii) compilar todos los datos científicos y técnicos necesarios para el desarrollo de un diseño detallado de ingeniería de un SIA de demostración en el próximo Programa Marco.

- Separación

En el 5^o Programa Marco se están estudiando dos tipos de separación diferentes: acuosa y no acuosa. En el primero se desarrollan procesos de extracción por disolventes para separar los actínidos de menor importancia (americium y curio) de los residuos líquidos ácidos de alta actividad (RLAA). Este desarrollo incluye la síntesis de compuestos moleculares innovadores, tales como los calixarenes o los ligantes de nitrógeno polidentados, la verificación y modelación de sus capacidades de extracción y el estudio de su degradación radiolítica e hidrolítica en presencia de RLAA. La ruta no acuosa incluye técnicas de procesamiento pirometalúrgico. Se están investigando dos métodos para la separación de actínidos y lantánidos: la extracción de sales/metales y el afinado electrolítico.

- Transmutación

Los trabajos de investigación relacionados con la transmutación se centran principalmente en el siste-

ma impulsado por acelerador (SIA). Incluyen estudios de diseño preliminares sobre un SIA experimental, apoyo tecnológico, combustible y estudios básicos.

- Diseño preliminar y apoyo tecnológico

El objetivo de los estudios de diseño preliminares relativos al SIA es seleccionar los conceptos técnicos más prometedores, con el fin de abordar los puntos críticos del sistema, identificar necesidades de investigación, definir los temas de seguridad y licenciamiento, evaluar los costes y consolidar la cartografía del proceso. Se investigarán distintas opciones para el acelerador, el blanco de espalación y el núcleo subcrítico.

Uno de los elementos claves del SIA es el blanco de espalación, en el que los protones acelerados en el acelerador reaccionan con nucleidos pesados para producir una abundancia de neutrones. Se han propuesto el plomo líquido o una aleación de plomo y bismuto como medio de espalación para el blanco. En los estudios de apoyo tecnológico se pretende acoplar un blanco de espalación de este tipo con el haz protónico de un acelerador de 1 MW en el PSI de Villigen, con el fin de comprobar sus distintos componentes. Además, se realizan experimentos específicos para estudiar la corrosividad del plomo-bismuto líquido sobre los materiales estructurales y sus propiedades termohidráulicas. También se investigan los efectos de la irradiación sobre los componentes estructurales del blanco.

- Estudios del combustible

Se tiene que resolver el tema del desarrollo de blancos y combustibles que contengan grandes cantidades de actínidos para la transmutación. Por este motivo se investigarán experimentalmente distintos tipos de combustible, por ejemplo el combustible de nitruros libre de uranio y con plutonio o americio y el combustible de óxidos de torio/plutonio. Estos estudios incluyen la fabricación, la irradiación a altos grados de quemado en reactores (Studsvik, HFR en Petten y KWO Obrigheim) y exámenes post-irradiación. Asimismo, se estudiará la viabilidad de la irradiación de combustible innovadores de óxidos con actínidos tales como el plutonio-americio, torio-plutonio americio y plutonio-americio-zirconio. Los nuevos compuestos se sintetizarán y se caracterizarán. Los procesos de fabricación serán verificados. Se modelizarán el rendimiento del combustible y la seguridad.

- Estudios básicos

Uno de los proyectos pretende validar herramientas analíticas para la neutrontica subcrítica, para el estudio del SIA. Los experimentos investigarán varias configuraciones subcríticas cargadas a la instalación MASURCA, acoplada a un generador de neutrones pulsados en CEA Cadarache. Se prevé la comparación cruzada de los códigos y datos. Además, en distintas instalaciones europeas se medirán los datos nucleares en la región de media y alta energía (superior a 20 MeV) necesaria para las aplicaciones del SIA (p.e., el comportamiento de los materiales). Los datos se compararán con los resultados de las simulaciones de los modelos nucleares y se evaluarán. Finalmente, se medirán las secciones neutronticas eficaces de los radioisótopos considerados para la transmutación en el intervalo energético de 1 eV a 250 MeV, en la instalación TOF del CERN y en la instalación GELINA en Geel. Se evaluarán y diseminarán los resultados experimentales.

INVESTIGACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CONJUNTA

Varios de los institutos del Centro de Investigación Conjunta están in-

volucrados en investigaciones sobre la gestión de los residuos radiactivos. Estas investigaciones se llevan a cabo con financiación institucional y también como socios en proyectos de costes compartidos.

El Instituto de Elementos Transuránicos (ITU) de Karlsruhe está estudiando el comportamiento (corrosión y disolución) del combustible irradiado en un entorno geológico, y en particular los efectos de la radiólisis alfa. El ITU es también un importante participante en los esfuerzos europeos en materia de separación y transmutación. Dos de los tópicos importantes son las técnicas de separación (incluidos los procesos acuosos y el pireproceso) y la fabricación de combustible o blancos para la transmutación. Para esta última actividad se ha construido un nuevo Laboratorio de Actínidos Menores. Los experimentos de irradiación se llevan a cabo en el Reactor de Alto Flujo de Petten.

Para el programa sobre la transmutación, se está adquiriendo un mejor conocimiento de datos nucleares a distintas energías neutronticas en el Instituto de Mediciones y Materiales de Referencia (IRMM) de Geel.

DESARROLLOS PARA EL PRÓXIMO PROGRAMA MARCO (2002-2006)

En febrero de 2001, la Comisión presentó una propuesta para una Decisión del Consejo sobre un nuevo Programa Marco de EURATOM para actividades de investigación y formación en el área de la energía nuclear [5]. Este programa incluye cuatro áreas: la fusión termonuclear controlada, el tratamiento y almacenamiento de residuos, otras actividades de EURATOM (entre ellas la protección radiológica, sistemas innovadores y educación y formación) y las actividades nucleares del JRC.

El tratamiento y almacenamiento de residuos constituyen un tema prioritario, toda vez que la ausencia de un enfoque consensuado en esta área es uno de los principales obstáculos para el uso continuado y futuro de la energía nuclear. Se propone abordar los siguientes aspectos:

- Investigación sobre los procesos involucrados en el almacenamiento a largo plazo en estratos geológicos profundos, con las actividades realizadas en distintos emplazamientos,

Villigen, in order to test its various components. In addition, dedicated experiments are performed to study the corrosiveness of liquid lead-bismuth on structural materials and its thermal-hydraulic properties. Irradiation effects on the target structural components are also investigated.

- Fuel studies

The development of targets and fuels containing large quantities of actinides for transmutation has to be resolved. For this reason, different kinds of fuels will be experimentally investigated, for instance uranium free nitride fuel containing either plutonium or americium and thorium/plutonium oxide fuel. These studies include fabrication, irradiation at high burn-up in reactors (Studsvik, HFR in Petten and KWO Obrigheim) and post-irradiation examinations. In addition, the feasibility of irradiation of innovative oxide fuels containing actinides, such as plutonium-americio, thorium-plutonium-americio and plutonium-americio-zirconium will be studied. The new compounds will be synthesised and characterised. Fabrication processes will be tested. The fuel performance and safety will be modelled.

- Basic studies

A project aims at providing validated analytic tools for sub-critical neutronics for the study of ADS. Experiments will investigate several sub-critical configurations loaded in the MASURCA facility coupled to a pulsed neutron generator in CEA Cadarache. Cross-comparison of codes and data is foreseen. In addition, nuclear data in the medium and high-energy region (above 20 MeV) necessary for ADS applications (e.g. material behaviour) will be measured at various European facilities. The data will be compared to results of nuclear model simulations and evaluated. Finally, neutron cross sections in the energy range from 1 eV up to 250 MeV for the radioisotopes considered for transmutation will be measured at the TOF facility at CERN and at the GELINA facility in Geel. The experimental results will be evaluated and disseminated.

RESEARCH ON RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT AT THE JOINT RESEARCH CENTRE

Several of the institutes of the Joint Research Centre are involved in the research on radioactive waste management. This is done both with institutional funding and as partners in shared cost action projects.

The Institute for Transuranium Elements (ITU) in Karlsruhe is studying the behaviour (corrosion and dissolution) of irradiated fuel in a geological environment, in particular the effects of alpha-radiolysis. ITU is also an important player in European efforts on partitioning and transmutation. Two important topics are the partitioning techniques (incl. aqueous processes and pyroprocessing) and the fabrication of fuels or targets for transmutation. For the latter a new Minor Actinide Laboratory has been built. The irradiation experiments are then performed in the High Flux Reactor at Petten.

For the transmutation programme, also improved knowledge of nuclear data at various neutron

energies is obtained in the Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) in Geel.

DEVELOPMENTS TOWARDS THE NEXT FRAMEWORK PROGRAMME (2002-2006)

In February 2001, the Commission made a proposal for a Council Decision concerning a new EURATOM Framework Programme for research and training activities in the area of nuclear energy [5]. This programme includes four areas: controlled thermonuclear fusion, waste treatment and storage, other EURATOM activities (including radiation protection, innovative systems and education & training), and JRC's nuclear activities.

Waste treatment and storage has been made a priority area, as the absence of a broadly agreed approach to these issues is one of the main impediments to the continued and future use of nuclear energy. The following aspects are proposed to address:

- Research into processes for long term storage in deep geological strata, with the networking of the activities carried out on various sites in the three main types of geological formations envisaged.
- Research aimed at reducing the impact of waste, more particularly as a result of the development of new concepts for reactors producing less waste and the development of technologies to reduce the hazards associated with waste by means of partitioning and transmutation techniques.

CONCLUSIONS

The R&D work on radioactive waste management and disposal supported by the European Commission over more than 25 years has contributed to establishing a common understanding and consensus within the European Union on the key issues. It has also improved the transnational co-operation between the research institutions in the Member States, and provided a forum for exchange of information and expertise. The many consortiums formed for the research shows the importance of this factor.

Important development has taken place both with regard to the practical demonstration of repository construction and operation in underground research facilities, and with regard to the capability of assessing the performance and safety of repositories and the basic understanding of the processes of importance for the containment function of the repository. Further development is, however, necessary in the fifth framework programme to be able to optimise the design of the repositories.

In parallel to the repository development, a growing interest has been shown for the possible use of partitioning and transmutation to reduce the amount of long-lived radionuclides in the waste that must be disposed of.

An area that has been less successful is the communication with the public about waste disposal. It is clear that the scientific assurance that the safety of a repository is well understood is not accepted by the public. A better understanding is needed of the origins of public attitudes towards waste disposal. Also other approaches to decision making in this area should be explored, that are

en los tres tipos de formaciones geológicas contempladas, mediante una configuración en red.

- Investigación encaminada a reducir el impacto de los residuos, particularmente como consecuencia del desarrollo de nuevos conceptos de reactores que produzcan menos residuos y del desarrollo de tecnologías para reducir los riesgos asociados con los residuos, mediante técnicas de separación y transmutación.

CONCLUSIONES

Los trabajos de I+D sobre la gestión y el almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos, apoyados por la Comisión Europea durante más de 25 años, han contribuido a establecer una comprensión común y un consenso en lo relativo a los principales temas en la Unión Europea. Han servido asimismo para mejorar la cooperación transnacional entre las instituciones de investigación de los Estados Miembros, y para facilitar un foro para el intercambio de información y conocimientos. Los numerosos consorcios que se han formado para abordar esta investigación subrayan la importancia de este factor.

Se han producido importantes desarrollos relativos tanto a la demostración práctica de la construcción y operación de repositorios en instalaciones de investigación subterráneas como a la capacidad de evaluar el comportamiento y la seguridad de los repositorios y a una comprensión básica de los procesos de importancia para la función de contención de los mismos. No obstante, hacen falta desarrollos posteriores en el 5º Programa Marco para poder optimizar el diseño de los repositorios.

En paralelo con el desarrollo del repositorio, se ha mostrado un creciente interés en el posible uso de la separación y transmutación para reducir la cantidad de radionuclidos de larga vida en los residuos a almacenar.

Una área en la que se ha cosechado menos éxito es la de la comunicación con el público en materia del almacenamiento definitivo de los residuos. Está claro que la garantía científica de una profunda comprensión de la seguridad de un repositorio es algo que el público no acepta. Se requiere una mejor

comprensión de los orígenes de las actitudes públicas hacia el almacenamiento definitivo de los residuos. Además, habría que explorar otros enfoques a la toma de decisiones en esta área, enfoques que sean transparentes, defendibles y capaces de ganar la confianza del público.

REFERENCIAS

[1] European Commission, Fourth European Conference on Management and Disposal of Radioactive Waste (*Comisión Europea, Cuarta Conferencia Europea sobre la Gestión y el Almacenamiento Definitivo de Residuos Radiactivos*), EUR 17543, 1997.

[2] European Commission, Decommissioning of Nuclear Installations (*Comisión Europea, Clausura de Instalaciones Nucleares*), Luxemburgo, 1995.

[3] European Commission, EURADWASTE 1999 – Radioactive Waste Management Strategies and issues, Fifth European Commission Conference on Radioactive Waste Management and Disposal and Decommissioning (*Comisión Europea, EURADWASTE 1999 – Estrategias y temas relacionados con la Gestión y el Almacenamiento Definitivo de los Residuos Radiactivos, Quinta Conferencia de la Comisión Europea sobre la Gestión y el Almacenamiento Definitivo de Residuos Radiactivos y la Clausura*), Luxemburgo, 15-18 Noviembre 1999, EUR 19143 EN, 2000.

[4] European Commission, The R&T specific programme 1994-1998 on "Nuclear Fission Safety" (*Comisión Europea, Programa específico de R+T 1994-1998 sobre "Fisión Nuclear"*) – Abstractos de Publicaciones.

[5] European Commission, Proposals for Decision of the European Parliament and of the Council Concerning the Multi-annual EC and EURATOM Framework Programmes 2002-2006 Aimed at Contributing Towards the Creation of the European Research Area, COM (2001) 94 final (*Comisión Europea, Propuestas para una Decisión por el Parlamento Europeo y el Consejo sobre los Programas Marco Plurianuales de la CE y de EURATOM, 2002-2006, para contribuir a la Creación del Área de Investigación Europea, COM (2001), 21 de febrero de 2001.*



Hans FORSSTRÖM, nacido en Suecia y licenciado en Física Aplicada, especialidad en Física de Reactores, es jefe de la Unidad de Fisión Nuclear y Protección Radiológica de la Dirección General de Investigación de la Comisión Europea desde 1998. Es responsable de las actividades de investigación y formación en el campo de la fisión nuclear (reactores actuales y futuros y gestión de residuos radiactivos) y de la protección radiológica. Anteriormente fue director técnico responsable de los sistemas e instalaciones para la gestión de los residuos en SKB, la empresa nacional sueca de gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos, a la que se unió en 1979 como jefe de proyecto para la gestión de los RBMA y después fue jefe del departamento de planificación y coste. En sus primeros años de carrera

profesional fue responsable de los cálculos de gestión del núcleo del reactor, principalmente para el reactor 1 de Ringhals (BWR), y después en la gestión de los residuos radiactivos para los reactores de Ringhals y Forsmark..

Hans FORSSTRÖM is since 1998 Head of the Unit Nuclear Fission and Radiation Protection in the Directorate-General Research in the European Commission. He is responsible for the research and training activities on nuclear fission (present and future reactors and radioactive waste management) and radiation protection. Previously he was Technical Director with responsibility for the waste management Systems and Facilities in SKB, the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company, which he joined in 1979 as a Project Manager for Low and Intermediate Level Waste Management and Disposal and later he has been Head of the Department of planning and costing. During his early career he has been responsible for reactor physics core management calculations, primarily for the Ringhals 1 BWR, and later involved in radioactive waste management for the Ringhals and Forsmark reactors. He has a Master of Science degree in Applied Physics from Chalmers University of Technology in Gothenburg, Sweden, specialising in reactor physics.

transparent, defensible and capable of gaining public trust and confidence.

REFERENCES

[1] European Commission, Fourth European Conference on Management and Disposal of Radioactive Waste, EUR 17543, 1997.

[2] European Commission, Decommissioning of Nuclear Installations, Luxembourg, 1995.

[3] European Commission, EURADWASTE 1999 – Radioactive Waste Management Strategies and issues, Fifth European Commission Conference on Radioactive Waste Management and Disposal and Decommissioning, Luxembourg, 15-18 November 1999, EUR 19143 EN, 2000.

[4] European Commission, The R&T specific programme 1994-1998 on "Nuclear Fission Safety" - Abstracts of Publication.

[5] European Commission, Proposals for Decision of the European Parliament and of the Council Concerning the Multi-annual EC and EURATOM Framework Programmes 2002-2006 Aimed at Contributing Towards the Creation of the European Research Area, COM (2001) 94 final, 21 February 2001.

28 Reunión Anual de la SNE

Salamanca 11 a 13 de Septiembre de 2002

Salamanca, Capital Cultural en 2002,
será la ciudad anfitriona de la 28 Reunión Anual
de la Sociedad Nuclear Española.

Reserve estos días en su agenda