

BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM

BÁO CÁO TỔNG KẾT
NHIỆM VỤ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ CẤP BỘ
NĂM 2009-2011

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐẶC TRƯNG PHÓNG XẠ
TRONG CÁC CẤU TRÚC CHÍNH VÀ XÂY DỰNG
MỘT KẾ HOẠCH SƠ BỘ VỀ TẦY XẠ VÀ THÁO DỖ
CHO LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT**

(Mã số: NV.01/09/NLNT)

Cơ quan chủ trì: Viện Nghiên cứu hạt nhân
Chủ nhiệm nhiệm vụ: Th.S. Lương Bá Viên

9203

ĐÀ LẠT, THÁNG 10/2011

BÁO CÁO TỔNG KẾT
NHIỆM VỤ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP BỘ
NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐẶC TRƯNG PHÓNG XẠ TRONG
CÁC CẤU TRÚC CHÍNH VÀ XÂY DỰNG
MỘT KẾ HOẠCH SƠ BỘ VỀ TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ
CHO LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

(Thực hiện theo Hợp đồng thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ cấp Bộ số 01/09/HĐ/NV, mã số NV.01/09/NLNT)

DANH SÁCH
NHỮNG NGƯỜI THAM GIA THỰC HIỆN NHIỆM VỤ

1. Nguyễn Nhị Điền	PGS, TS	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
2. Phạm Văn Lâm	NCVC	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
3. Lương Bá Viên	ThS, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
4. Lê Vĩnh Vinh	CN, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
5. Huỳnh Tôn Nghiêm	ThS, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
6. Phạm Hoài Phương	CN, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
7. Ông Văn Ngọc	CN, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
8. Nguyễn Minh Tuấn	CN, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
9. Nguyễn Trọng Ngọ	ThS, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
10. Nguyễn Đình Lâm	KS, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
11. Nguyễn Mạnh Hùng	CN, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
12. Phạm Hùng Thái	ThS, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
13. Phạm Quang Huy	CN, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
14. Phạm Hồng Sơn	CN, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt
15. Trần Trí Viễn	CN, NCV	Viện Nghiên cứu hạt nhân, Đà Lạt

MỤC LỤC		Trang
1.	MỞ ĐẦU	3
2.	NỘI DUNG ĐĂNG KÝ	3
3.	KẾT QUẢ THỰC HIỆN	4
3.1.	Kết quả thực hiện nội dung 1	4
3.2	Kết quả thực hiện nội dung 2	5
4.	KẾT LUẬN	5
5.	SỬ DỤNG KINH PHÍ	5
CÁC BÁO CÁO CHUYÊN ĐỀ:		
	- Kết quả nghiên cứu đánh giá đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt	
	- Kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ cho Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt	

1. MỞ ĐẦU

Tẩy xạ và tháo dỡ (D&D) là công việc quan trọng và không thể tránh khỏi trong thời gian tồn tại của một cơ sở hạt nhân để đảm bảo an toàn cho con người cũng như môi trường. Vấn đề này nếu được quan tâm sớm và thường xuyên sẽ duy trì những hiểu biết liên quan và giảm thiểu những khó khăn khi thực hiện. Theo khuyến cáo của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế, hiện nay ở nhiều nước trên thế giới, một bản kế hoạch sơ bộ về D&D (Initial Decommissioning Plan) được thiết lập ngay từ giai đoạn xin cấp phép xây dựng lò phản ứng, sau đó được cập nhật trong quá trình vận hành (Updated Decommissioning Plan) và một bản kế hoạch chi tiết về D&D (Final Decommissioning Plan) sẽ được chuẩn bị trước khi cơ sở hạt nhân chính thức ngừng hoạt động.

Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt (LPUHNĐL) đã hoạt động hơn 27 năm sau khi được khôi phục và nâng cấp từ Lò phản ứng TRIGA MARK II của Mỹ nhưng cho đến nay vấn đề D&D vẫn chưa được quan tâm đúng mức và do vậy nhiều thông tin liên quan có thể sẽ bị lãng quên. Tiến hành một số nghiên cứu và đặc biệt là xây dựng một kế hoạch D&D sơ bộ cho LPUHNĐL sẽ tạo điều kiện để hình thành đội ngũ cán bộ chuyên môn cũng như lưu giữ những thông tin cần thiết liên quan đến D&D trong quá trình vận hành lò đồng thời đáp ứng khuyến cáo của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế về việc cần phải xây dựng sớm một kế hoạch D&D cho LPUHNĐL.

Với lý do nêu trên, trong khuôn khổ nhiệm vụ cấp Bộ, Viện Nghiên cứu hạt nhân đã chủ trì thực hiện nhiệm vụ “**Nghiên cứu đánh giá đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính và xây dựng một kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ cho Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt**” theo hợp đồng thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ cấp Bộ số 01/09/HĐ/NV, mã số NV.01/09/NLNT, để thực hiện trong thời gian từ tháng 4/2009 đến tháng 9/2011. Báo cáo sẽ này trình bày những kết quả đạt được trong việc thực hiện nhiệm vụ nói trên.

2. NỘI DUNG ĐĂNG KÝ

Mục tiêu chính của nhiệm vụ là thực hiện nghiên cứu (cả tính toán và thực nghiệm) để thu được đặc trưng phóng xạ trong các thành phần cấu trúc chính của LPUHNĐL và xây dựng một kế hoạch D&D sơ bộ cho LPUHNĐL.

Để đạt được mục tiêu trên, các nội dung nghiên cứu dưới đây đã được đăng ký để thực hiện:

Nội dung 1: Nghiên cứu đánh giá đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính của LPUHNĐL, gồm các công việc cụ thể sau:

- *Xác định thành phần cấu trúc các cấu kiện chính của LPUHNĐL như thùng lò, vành phản xạ, cấu trúc bê-tông, ... từ các công trình đã công bố để thu được thành phần các nguyên tố quan trọng như Co, Fe, Zn, ...*

- Tính toán phân bố trường neutron trong toàn bộ cấu trúc lò bằng chương trình MCNP và thực hiện một vài thí nghiệm kiểm tra.
- Tính toán hoạt độ phóng xạ và phân bố hoạt độ phóng xạ trong các thành phần cấu trúc lò dựa trên thành phần cấu trúc, phân bố trường neutron và lịch sử vận hành lò bằng chương trình ORIGEN.

Nội dung 2: Xây dựng một kế hoạch D&D sơ bộ cho LPU'HNĐL, bao gồm các nội dung sau:

- Mô tả, đánh giá tình trạng phóng xạ và lịch sử vận hành của LPU'HNĐL;
- Lựa chọn chiến lược cho việc thực hiện D&D;
- Quản lý dự án D&D;
- Dự kiến thực hiện các hoạt động D&D;
- Việc kiểm tra và bảo dưỡng các thiết bị liên quan đến an toàn trong giai đoạn D&D;
- Quản lý chất thải phóng xạ sinh ra từ việc thực hiện D&D;
- Ước tính giá thành của việc thực hiện D&D;
- Đánh giá an toàn khi tiến hành công việc D&D;
- Đánh giá môi trường;
- Đảm bảo an toàn bức xạ và an toàn lao động;
- Chương trình đảm bảo chất lượng;
- Kế hoạch ứng phó sự cố;
- Đảm bảo an ninh cơ sở và thanh sát hạt nhân; và
- Đo đạc phóng xạ sau khi kết thúc công việc D&D.

3. KẾT QUẢ THỰC HIỆN

3.1. Kết quả thực hiện nội dung 1

Để đánh giá đặc trưng phóng xạ trong các thành phần cấu trúc chính của LPU'HNĐL, các mẫu nhôm, thép không gỉ và bê tông cấu trúc LPU' đã được thu thập và phân tích bằng phương pháp kích hoạt neutron để thu được các nguyên tố có thời gian sống dài đóng vai trò quan trọng đối với công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPU'. Dựa vào kết quả phân tích mẫu và các dữ liệu được tham khảo trên các công trình đã công bố cho các thành phần vật liệu có trong các thành phần cấu trúc LPU', các chương trình tính toán MCNP và ORIGEN đã được sử dụng để tính toán phân bố trường neutron trong toàn bộ cấu trúc lò và tính toán hoạt độ sản phẩm kích hoạt trong các vật liệu cấu trúc LPU'. Ngoài ra, mẫu nhôm 6061 trên kênh khí nén 13-2 cũng đã được lấy mẫu để đo hoạt độ phóng xạ và thực hiện tính toán so sánh.

Kết quả chi tiết về việc thực hiện nội dung 1 được trình bày trong tài liệu đính kèm: “**Báo cáo kết quả nghiên cứu đánh giá các đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt**”.

3.2. Kết quả thực hiện nội dung 2

Bản Kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ cho LPUHNĐL đã được biên soạn, bao gồm 15 chương sau :

- (1) Giới thiệu chung;
- (2) Mô tả, đánh giá tình trạng phóng xạ và lịch sử vận hành của LPUHNĐL;
- (3) Lựa chọn chiến lược cho việc thực hiện D&D;
- (4) Quản lý dự án D&D;
- (5) Dự kiến thực hiện các hoạt động D&D;
- (6) Việc kiểm tra và bảo dưỡng các thiết bị liên quan đến an toàn trong giai đoạn D&D;
- (7) Quản lý chất thải phóng xạ sinh ra từ việc thực hiện D&D;
- (8) Ước tính giá thành của việc thực hiện D&D;
- (9) Đánh giá an toàn khi tiến hành công việc D&D;
- (10) Đánh giá môi trường;
- (11) Đảm bảo an toàn bức xạ và an toàn lao động;
- (12) Chương trình đảm bảo chất lượng;
- (13) Kế hoạch ứng phó sự cố;
- (14) Đảm bảo an ninh cơ sở và thanh sát hạt nhân; và
- (15) Đo đạc phóng xạ sau khi kết thúc công việc D&D.

Nội dung trong từng chương được biên soạn dựa theo tài liệu hướng dẫn “Standards Format and Content Safety Related Decommissioning Documents” (IAEA-Safety Report Series No. 45) của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế IAEA. Kết quả chi tiết về việc thực hiện nội dung 2 được trình bày trong tài liệu đính kèm: **“Kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ cho Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt”**.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Tất cả các nội dung nghiên cứu được phê duyệt trong thuyết minh nhiệm vụ đã được tổ chức thực hiện đầy đủ. Kết quả thực hiện các nội dung chính của nhiệm vụ được trình bày tổng hợp trong 2 báo cáo: **“Báo cáo kết quả nghiên cứu đánh giá các đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt”** và **“Kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ cho Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt”**. Các kết quả nghiên cứu trên cung cấp thông tin sơ bộ về tình trạng phóng xạ của LPUHNĐL (và của cơ sở nói chung) ở thời điểm hiện tại cũng như các biện pháp quản lý hành chính và kỹ thuật để tiến hành các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ sau khi Lò phản ứng kết thúc vận hành.

Tuy nhiên như đã trình bày ở trên, do đây chỉ mới là kết quả nghiên cứu sơ bộ nên trong quá trình hoạt động tiếp theo của Lò phản ứng, định kỳ sau một thời gian nhất định, cần thực hiện lại các tính toán để đánh giá và cập nhật dữ liệu đặc trưng phóng xạ trong các thành phần cấu trúc của LPUHNĐL vào bản kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ. Song song với việc này, cần tiếp tục tiến hành một vài thí nghiệm với qui mô

lớn hơn để xác định chính xác hoạt độ phóng xạ trong các thành phần cấu trúc của Lò phản ứng bởi vì trong khuôn khổ của nhiệm vụ này không thể bố trí các thí nghiệm có qui mô lớn để đáp ứng yêu cầu trên. Ngoài ra, theo khuyến cáo của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế, trong thời gian định kỳ 5 năm, cần phải tiến hành cập nhật kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ cho lò phản ứng đang trong giai đoạn vận hành.

Với những lý do nêu trên, kính đề nghị Ban Lãnh đạo Viện NCHN cần sớm có kế hoạch để duy trì một đội ngũ cán bộ chuyên môn và dành nguồn kinh phí thích hợp để tiếp tục thực hiện các công việc liên quan đến tẩy xạ và tháo dỡ cho LPU'HNĐL trong những năm tiếp theo.

5. SỬ DỤNG KINH PHÍ

- Tổng kinh phí được phê duyệt: 240 triệu đồng.
- Tổng kinh phí đã thanh quyết toán: 240 triệu đồng; trong đó:
 - Thuê khoán lao động khoa học: 138 triệu đồng
 - Nguyên vật liệu, năng lượng: 6,5 triệu đồng
 - Thiết bị máy móc (mua máy tính để bàn): 15 triệu đồng
 - Chi khác: 80,5 triệu đồng

Việc thanh quyết toán được thực hiện theo đúng các khoản chi đã phê duyệt.

**VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM
VIỆN NGHIÊN CỨU HẠT NHÂN**

**KẾ HOẠCH SƠ BỘ
VỀ TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ
LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT**

ĐÀ LẠT, 2011

MỤC LỤC

Chương		Trang
1	GIỚI THIỆU	
	1.1. Mục đích và kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ Lò phản ứng	1-1
	1.2. Cơ quan quản lý Lò phản ứng	1-1
2	MÔ TẢ TỔNG QUAN LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT	
	2.1. Vị trí và mô tả Lò phản ứng	2-1
	2.2. Mô tả các toà nhà và các hệ thống công nghệ	2-3
	2.3. Tình trạng phóng xạ của cơ sở	2-13
	2.4. Lịch sử vận hành Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt	2-16
3	CHIẾN LƯỢC TẨY XẠ VÀ THÁO DỖ	
	3.1. Việc lựa chọn các chiến lược	3-1
	3.2. Các lý do cho việc lựa chọn một chiến lược cụ thể	3-2
4	QUẢN LÝ DỰ ÁN	
	4.1. Các yêu cầu về pháp qui	4-1
	4.2. Cách tiếp cận dự án	4-1
	4.3. Tổ chức quản lý dự án và trách nhiệm	4-3
	4.4. Văn hoá an toàn	4-7
	4.5. Công tác huấn luyện	4-7
5	CÁC HOẠT ĐỘNG LIÊN QUAN ĐẾN VIỆC TẨY XẠ VÀ THÁO DỖ	
	5.1. Các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ	5-1
	5.2. Lịch trình tẩy xạ và tháo dỡ	5-5
6	KIỂM TRA VÀ BẢO DƯỠNG THIẾT BỊ LIÊN QUAN ĐẾN AN TOÀN TRONG GIAI ĐOẠN TẨY XẠ VÀ THÁO DỖ	
	6.1. Các thiết bị và hệ thống yêu cầu kiểm tra và bảo dưỡng	6-1
	6.2. Kế hoạch kiểm tra và bảo dưỡng	6-1
7	QUẢN LÝ THẢI PHÓNG XẠ	
	7.1. Nhận dạng các dòng thải	7-1
	7.2. Thải phóng xạ rắn	7-1
	7.3. Thải phóng xạ lỏng	7-6
	7.4. Chất thải phóng xạ thể khí	7-7
	7.5. Giảm thiểu tối đa chất thải phóng xạ	7-8
	7.6. Quản lý nhiên liệu đã cháy	7-8
8	ƯỚC TÍNH SƠ BỘ CHI PHÍ TẨY XẠ VÀ THÁO DỖ, VÀ CƠ CHẾ CẤP KINH PHÍ	
	8.1. Ước tính sơ bộ chi phí	8-1
	8.2. Cơ chế cấp kinh phí	8-2
9	ĐÁNH GIÁ AN TOÀN CHO CÁC CÔNG VIỆC TẨY XẠ VÀ THÁO DỖ LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT	
	9.1. Tiêu chuẩn an toàn	9-1
	9.2. Các giới hạn và điều kiện vận hành	9-2
	9.3. Các rủi ro trong các hoạt động tháo dỡ bình thường	9-2
	9.4. Sự kiện bất thường hoặc sự cố	9-4
	9.5. Các phương pháp phòng ngừa và giảm thiểu	9-5
	9.6. Kết luận	9-7

Chương		Trang
10	ĐÁNH GIÁ VỀ TÁC ĐỘNG ĐỐI VỚI MÔI TRƯỜNG TRONG QUÁ TRÌNH THÁO DỖ LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT	
	10.1. Các số liệu cơ sở	10-1
	10.2. Mô tả kế hoạch tháo dỡ Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt	10-2
	10.3. Chương trình bảo vệ môi trường	10-2
	10.4. Chương trình kiểm tra chất thải phóng xạ	10-5
	10.5. Chương trình kiểm soát chất thải phóng xạ	10-6
11	ĐẢM BẢO AN TOÀN BỨC XẠ, AN TOÀN HẠT NHÂN VÀ AN TOÀN LAO ĐỘNG	
	11.1. Chương trình đảm bảo an toàn bức xạ	11-1
	11.2. An toàn tới hạn hạt nhân	11-5
	11.3. An toàn lao động	11-5
	11.4. Kiểm tra và đánh giá	11-6
	11.5. Lưu giữ hồ sơ	11-7
12	CHƯƠNG TRÌNH QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG	
	12.1. Các tiêu chuẩn áp dụng	12-1
	12.2. Cơ cấu tổ chức	12-2
	12.3. Chương trình quản lý chất lượng	12-3
13	KẾ HOẠCH ỨNG PHÓ KHẨN CẤP	
	13.1. Tổ chức và trách nhiệm	13-1
	13.2. Ứng phó tình huống khẩn cấp	13-2
14	ĐẢM BẢO AN NINH CƠ SỞ VÀ THANH SÁT HẠT NHÂN	
	14.1. Tổ chức và trách nhiệm	14-1
	14.2. Chương trình và biện pháp an ninh thực thể	14-2
	14.3. Chương trình và biện pháp thanh sát hạt nhân	14-2
15	KẾ HOẠCH ĐO ĐẶC PHÓNG XẠ SAU KHI KẾT THÚC CÔNG VIỆC TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ	
	15.1. Phạm vi lấy mẫu và đo đạc	15-1
	15.2. Yêu cầu về chất lượng của dữ liệu	15-2
	15.3. Xác định và phân loại các đơn vị đo đạc	15-2
	15.4. Thu thập dữ liệu	15-7
	15.5. Đánh giá dữ liệu	15-8
	15.6. Bản báo cáo quá trình đo đạc phóng xạ sau khi kết thúc công việc tẩy xạ và tháo dỡ	15-8
	PHỤ LỤC A: CÁC CƠ SỞ ĐƯỢC SỬ DỤNG ĐỂ ƯỚC TÍNH CHI PHÍ CHO DỰ ÁN TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT	

1. GIỚI THIỆU

1.1. MỤC ĐÍCH CỦA KẾ HOẠCH TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ Lò PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

Mục đích của bản Kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt (LPUHNĐL) là để cung cấp thông tin về Lò phản ứng (LPU) và tình trạng phóng xạ của cơ sở ở thời điểm hiện tại cũng như các biện pháp quản lý hành chính và kỹ thuật để tiến hành các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ sau khi LPUHNĐL kết thúc vận hành. Báo cáo này do Viện Nghiên cứu hạt nhân (NCHN), là cơ quan vận hành LPU, chủ trì biên soạn để phục vụ cho việc lưu giữ và cung cấp những thông tin cần thiết liên quan đến công việc tẩy xạ và tháo dỡ trong quá trình vận hành LPU.

Bản Kế hoạch này sẽ đưa ra đầy đủ các thông tin về vị trí xây dựng LPU, các đặc trưng và các hệ thống công nghệ chính của lò, các thiết bị phục vụ thí nghiệm cũng như tình trạng phóng xạ hiện tại của cơ sở. Kế hoạch cũng sẽ đề nghị một chiến lược tẩy xạ và tháo dỡ cho LPUHNĐL sau khi chấm dứt vận hành cùng với việc phân tích các lý do để lựa chọn chiến lược đã đề nghị. Phương pháp tiếp cận để quản lý dự án và mô hình tổ chức của Ban Quản lý dự án, các hoạt động liên quan đến công việc tẩy xạ và tháo dỡ, kiểm tra và bảo dưỡng các thiết bị và hệ thống, và ước tính chi phí cho dự án tẩy xạ tháo dỡ LPUHNĐL cũng được trình bày chi tiết trong bản Kế hoạch này. Bên cạnh đó, Kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL còn đề cập đến chương trình quản lý chất thải phóng xạ sinh ra từ các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ; chương trình đảm bảo an toàn hạt nhân, an toàn bức xạ và an toàn công nghiệp; chương trình đảm bảo chất lượng; và chương trình đảm bảo an ninh.

Ngoài ra, Bản kế hoạch sơ bộ còn cung cấp thông tin chi tiết về việc đánh giá an toàn và tác động đối với môi trường trong quá trình tiến hành tẩy xạ và tháo dỡ; kế hoạch ứng phó khẩn cấp của Viện NCHN trong giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPU; và kế hoạch đo đạc phóng xạ cuối cùng sau khi kết thúc công việc tẩy xạ và tháo dỡ.

1.2. CƠ QUAN QUẢN LÝ Lò PHẢN ỨNG

Tên giao dịch: Viện Nghiên cứu hạt nhân (Nuclear Research Institute)

Địa chỉ: Số 1 đường Nguyễn Tử Lực, Đà Lạt, Lâm Đồng

Thành lập theo Quyết định số: 64-CP ngày 26/4/1976 của Thủ tướng Chính phủ

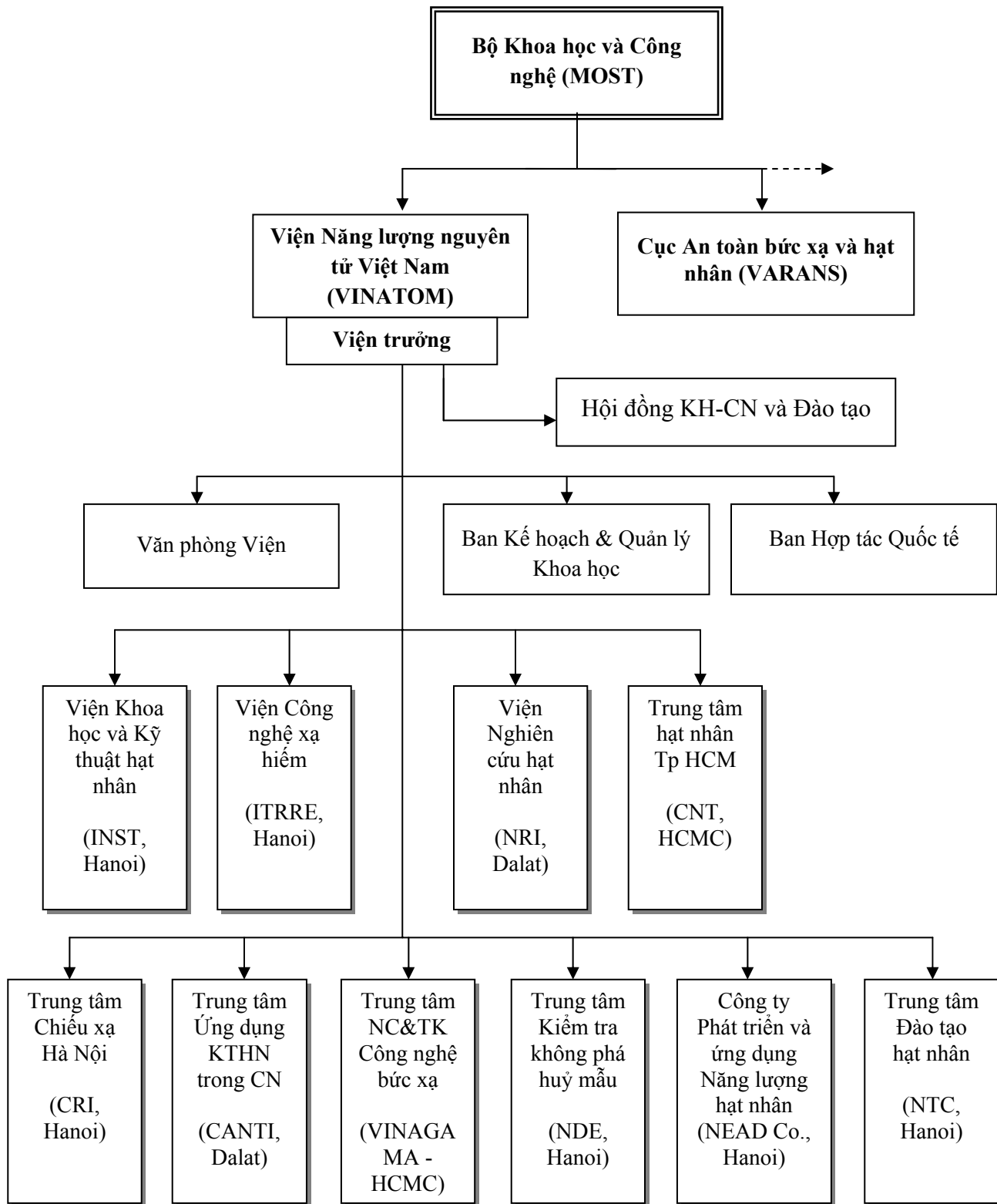
Viện Nghiên cứu hạt nhân là Cơ quan quản lý trực tiếp LPUHNĐL, là một tổ chức cấp dưới của Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam thuộc Bộ Khoa học và Công nghệ. Bên cạnh nhiệm vụ vận hành và khai thác sử dụng Lò phản ứng, Viện NCHN còn thực hiện các hoạt động nghiên cứu và triển khai khác thuộc lĩnh vực ứng dụng kỹ thuật hạt nhân vào mục đích hòa bình.

Các hoạt động được ủy quyền của Viện NCHN bao gồm:

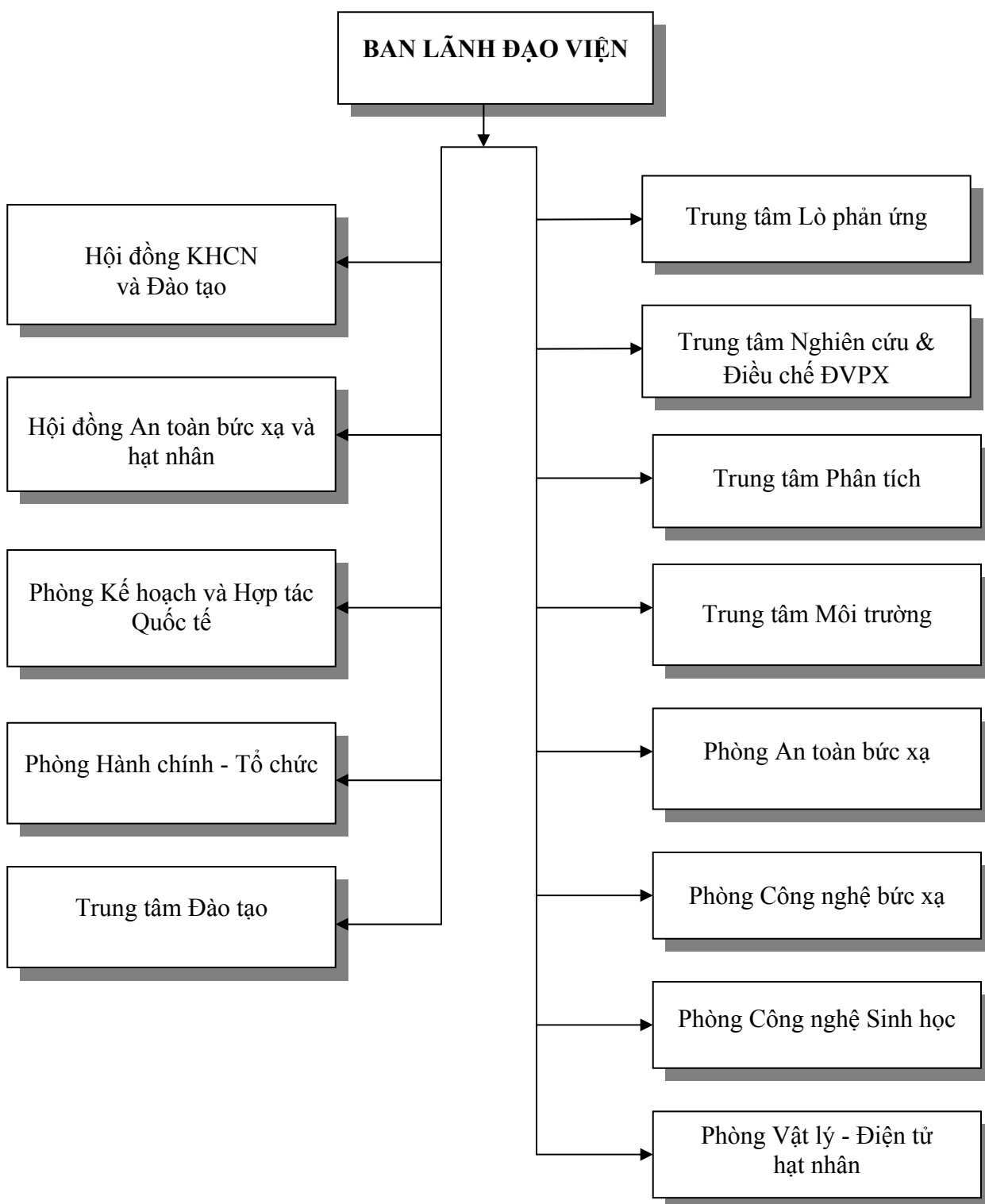
1. Quản lý, vận hành an toàn và khai thác có hiệu quả Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt.
2. Tiến hành các hoạt động nghiên cứu khoa học, phát triển ứng dụng kỹ thuật hạt nhân và năng lượng nguyên tử vào các lĩnh vực khác nhau của nền kinh tế quốc dân.

3. Xây dựng tiềm lực về cơ sở vật chất kỹ thuật và đào tạo nhân lực cho sự phát triển của Viện và Ngành.
4. Đảm bảo an toàn trong các hoạt động của Viện. Hỗ trợ kỹ cho hoạt động quản lý nhà nước về an toàn bức xạ, an toàn hạt nhân. Nghiên cứu phát triển kỹ thuật xử lý chất thải phóng xạ và ứng phó khẩn cấp trong xử lý sự cố bức xạ và hạt nhân. Thực hiện quan trắc phóng xạ môi trường trong mạng lưới quốc gia, kiểm chuẩn các thiết bị bức xạ và thiết bị đo liều bức xạ theo phân cấp của cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền.
5. Thực hiện việc chuyển giao công nghệ và dịch vụ kỹ thuật trong lĩnh vực năng lượng nguyên tử và các lĩnh vực có liên quan theo qui định của pháp luật.
6. Thực hiện hợp tác liên doanh, liên kết với các cơ quan trong và ngoài nước về các lĩnh vực có liên quan đến chức năng nhiệm vụ của Viện theo qui định của pháp luật.
7. Quản lý tổ chức, nhân sự của Viện theo các quy định hiện hành của Nhà nước.

Sơ đồ tổ chức của Viện NLNTVN và Viện NCHN được trình bày trong các [Hình 1.1](#) và [Hình 1.2](#).



Hình 1.1. Sơ đồ tổ chức của Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam.



Hình 1.2. Sơ đồ tổ chức của Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt.

2. MÔ TẢ TỔNG QUAN LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

2.1. VỊ TRÍ VÀ MÔ TẢ LÒ PHẢN ỨNG

2.1.1. Vị trí địa lý

Lò phản ứng được xây dựng tại thành phố Đà Lạt của tỉnh Lâm Đồng, nằm ở phía Nam cao nguyên miền Trung của Việt Nam. Thành phố Đà Lạt ở độ cao khoảng 1500 m so với mặt biển, có tọa độ địa lý: kinh độ 108020'-108035' Đông, vĩ độ 11052'-12004' Bắc, cách thành phố Hồ Chí Minh khoảng 300 km về phía Đông - Đông Bắc, cách thành phố Nha Trang khoảng 180 km về phía Tây Nam và cách thành phố ven biển Phan Rang khoảng 100 km về phía Tây.

Hình 2.1 chỉ ra bản đồ địa hình thành phố Đà Lạt ở khu vực có LPU'HNĐL. Lò phản ứng được xây dựng trên đỉnh của một ngọn đồi ở độ cao 1506.35m so với mực nước biển, cách trung tâm thành phố khoảng 2,5 km về phía Bắc - Đông Bắc và cách Hồ Xuân Hương 500 m ở khoảng cách gần nhất về phía Đông Bắc. Lò nằm gần như chính giữa khu đất của Viện Nghiên cứu hạt nhân, có hàng rào bảo vệ bao bọc xung quanh thành khuôn viên rộng khoảng 137.000 m². Các tòa nhà và các công trình xây dựng trong khuôn viên này có dạng quỹ đạo vòng cung bao quanh Lò phản ứng. Các tòa nhà và các công trình chính của khuôn viên LPU'HNĐL được liệt kê trong Bảng 2.1; bố trí mặt bằng của cơ sở được trình bày trong Hình 2.2.

Bảng 2.1. Các tòa nhà và các công trình của khuôn viên LPU'HNĐL

Các toà nhà và các công trình xây dựng	Số
1. Nhà lò	1
2. Nhà đảm bảo kỹ thuật	2
3. Nhà của các phòng thí nghiệm nghiên cứu	2A
4. Trạm Biến thế và máy phát điện diesel	3
5. Các bể chứa nước, dung tích mỗi bể 250 m ³	4-1, 4-2
6. Nhà chôn cất thải phóng xạ	5
7. Tháp nước	6
8. Tháp làm mát	7
9. Nhà đặt tổng đài điện thoại và truyền thanh	13
10. Nhà xử lý thải lỏng sinh hoạt	15
11. Bãi bùn	16-1, 16-2
12. Trạm ngưng tụ	17
13. Trạm bơm thải lỏng sinh hoạt	18
14. Bể chuyển tiếp	19
15. Ống thải khí	20
16. Nhà hành chính	25
17. Trạm gác	27
18. Nhà nguồn Co-60	28

2.1.2. Loại lò và các thông số kỹ thuật

LPUHNĐL được nâng cấp từ Lò TRIGA Mark II công suất 250 kW của Mỹ; đây là loại lò bể bơi, có công suất 500 kW, được làm mát và làm chậm neutron bằng nước nhẹ. Sau khi nâng cấp, Lò đạt tới hạn lần đầu vào ngày 01/11/1983. Lò phản ứng được chính thức đưa vào vận hành từ tháng 3/1984 với các mục đích chính là sản xuất đồng vị phóng xạ, phân tích kích hoạt neutron, các nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu ứng dụng, và đào tạo cán bộ. **Bảng 2.2** đưa ra các thông số kỹ thuật chính của Lò phản ứng.

Bảng 2.2. Các thông tin chung của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt

Thông số	Mô tả
Lò phản ứng	Loại bể bơi
- Công suất danh định	500 kW
- Thông lượng neutron (nhiệt, cục đại)	2×10^{13} neutron/cm ² .s
Nhiên liệu	Loại VVR-M2, dạng ống
- Phần nhiên liệu	Hợp kim Al-U, độ giàu 36% Hỗn hợp UO ₂ -Al, độ giàu 19,75%
- Vỏ bọc của nhiên liệu	Hợp kim nhôm
Chất làm chậm	Nước nhẹ
Chất phản xạ	Graphite, beryllium và nước nhẹ
Chất làm mát	Nước nhẹ
- Cơ chế làm mát vùng hoạt	Đối lưu tự nhiên
- Cơ chế tải nhiệt	Hai hệ thống nước làm mát
- Số bơm làm mát vòng I	2 (1 vận hành và 1 dự phòng)
- Số bình trao đổi nhiệt	1
Các thanh điều khiển	2 an toàn, 4 bù trừ và 1 tự động
- Vật liệu các thanh bù trừ và an toàn	B ₄ C
- Vật liệu thanh điều chỉnh tự động	Thép không gỉ
Kênh chiếu mẫu đứng	4 kênh nằm trong phần nhiên liệu và 40 hốc chiếu mẫu ở vành phản xạ graphite
Kênh thí nghiệm nằm ngang	4 kênh ngang và 1 cột nhiệt
Bể chứa thanh nhiên liệu cháy	Cạnh bể lò

Các hệ thống công nghệ và thiết bị của LPUHNĐL được đặt trong các toà nhà sau:

- Gian nhà lò;
- Nhà số 1;
- Nhà số 2 và 2A;

- Nhà số 3;
- Nhà số 5;
- Công trình số 6;
- Công trình số 7;
- Các công trình 4-1 và 4-2;
- Công trình 20.

Thông tin chi tiết về các hệ thống công nghệ và thiết bị của Lò phản ứng được trình bày cụ thể trong mục 2.2.1 tiếp theo bên dưới.

2.1.3. Biên giới của dự án tháo dỡ và tẩy xạ

Công việc tháo dỡ và tẩy xạ cho LPU'HNĐL sẽ được tiến hành ở các toà nhà có các cấu trúc và thiết bị bị kích hoạt hay bị nhiễm bắn phóng xạ. Những toà nhà, các cấu trúc và thiết bị dự kiến sẽ tiến hành các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ bao gồm:

- Gian nhà lò (bao gồm cả cấu trúc che chắn Lò phản ứng, các thành phần cấu trúc Lò phản ứng và Phòng đặt bơm vòng I);
- Một số phòng bị nhiễm bắn phóng xạ ở Nhà số 1 (phòng đặt các thiết bị hệ thống gió V-1, phòng đặt các thiết bị của kênh khí nén 7-1, các phòng thí nghiệm sản xuất đồng vị phóng xạ và các phòng thí nghiệm phân tích kích hoạt);
- Một số phòng bị nhiễm bắn phóng xạ ở Nhà số 2 và Nhà số 2A (Trạm xử lý nước thải phóng xạ, phòng đo các mẫu chiếu xạ 07 và phòng xử lý tách hoá 04 của Trung tâm phân tích)
- Các hệ thống và thiết bị của LPU'HNĐL có thể bị nhiễm bắn phóng xạ bao gồm: hệ thống làm mát vòng I, hệ thống lọc nước vòng I, hệ thống làm mát vòng II, hệ thống thông gió V1, hệ thống thông gió V2, hệ thống lọc nước bể chứa nhiên liệu cháy, hệ thống chuyển mẫu khí nén 7-1 và 13-2, các xả lim nóng phục vụ sản xuất đồng vị phóng xạ, hệ thống thu gom và vận chuyển nước thải phóng xạ và hệ thống xử lý nước thải phóng xạ ở tầng hầm Nhà số 2.

Mục đích chính của hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL sau khi kết thúc vận hành là sẽ giải phóng khu vực gian nhà lò và các phòng thí nghiệm ở Nhà số 1, Nhà số 2 và Nhà số 2A khỏi sự giám sát của pháp qui và sử dụng lại những vị trí này không bị hạn chế.

2.2. MÔ TẢ CÁC TOÀ NHÀ VÀ CÁC HỆ THỐNG CÔNG NGHỆ

2.2.1 Các toà nhà chính

2.2.1.1. Toà nhà lò

Toà nhà lò bao gồm gian nhà lò và Nhà số 1. Sơ đồ bố trí các phòng trong khu vực toà nhà lò được trình bày trên [Hình 2.3](#). [Bảng 2.3](#) liệt kê các phòng đặt thiết bị các hệ thống công nghệ Lò phản ứng và các phòng thí nghiệm trong khu vực gian nhà lò và Nhà số 1.

Bảng 2.3. Bố trí các phòng trong khu vực toà nhà lò (xem Hình 2.3)

Tên phòng	Vị trí
Bể chứa nhiên liệu đã cháy	18
Gian nhà lò	101
Phòng làm việc của Tổ đo liều	102
Phòng làm việc của Phòng Vật lý & Kỹ thuật lò, Trung tâm LPU	103, 126
Phòng thí nghiệm Vật lý Hạt nhân	106, 107, 108
Phòng đặt các thiết bị hệ thống gió (đẩy vào)	111, 116
Phòng đặt các bảng điện cung cấp cho nhà 1	112
Phòng thí nghiệm sản xuất đồng vị phóng xạ	113, 114, 115, 117, 118
Lối thoát khẩn cấp	119
Phòng thí nghiệm phân tích kích hoạt	122 ^A , 122 ^B , 122 ^C
Phòng thí nghiệm sản xuất đồng vị phóng xạ	123, 124, 132
Phòng đặt các thiết bị của kênh khí nén 7-1	125
Phòng đặt các thiết bị hệ thống gió V-1	127
Phòng Điều khiển lò	128
Phòng cách ly phóng xạ	130
Phòng làm việc của Trung tâm Nghiên cứu và Điều chế Đồng vị phóng xạ	132
Nhà vệ sinh phóng xạ	134
Phòng trực của Tổ đo liều	135
Khu vực đặt các tủ đựng đồ bảo hộ và hành lang	140
Phòng đặt bơm vòng I	148
Phòng đặt các hệ thống gió (thổi ra)	149
Phòng đặt các tủ của Hệ kiểm soát thông lượng neutron (Hệ điều khiển LPU cũ)	150

Gian nhà lò 101 là một hàng rào bảo vệ về an toàn hạt nhân, an toàn bức xạ và an ninh của Lò phản ứng. Gian nhà lò có cấu trúc hình trụ với mái dạng vòm, được nối với phòng cách ly phóng xạ 130 và phòng điều khiển Lò phản ứng 128 bằng các cửa bằng thép và kín hơi. Sàn xi-măng của gian nhà lò được phủ lớp nhựa plastic, về nguyên tắc, là lớp kín hơi để phòng các khí phóng xạ lọt vào các mương phía dưới chứa các cáp điện và cáp tín hiệu của hệ điều khiển dẫn vào Nhà số 1.

Để vào vùng nghiêm ngặt (nơi bố trí hầu hết các hệ thiết bị của Lò phản ứng, các phòng thí nghiệm sản xuất đồng vị phóng xạ và các phòng thí nghiệm phân tích kích hoạt dụng cụ) trước tiên phải đi qua vùng cách ly phóng xạ (P.140, Hình 2.3). Vùng nghiêm ngặt gồm có các phòng sau: 101 (gian nhà lò); 113, 114, 115, 117, 118, 123, 124, 132 (các phòng

sản xuất đồng vị phóng xạ); 122^A, 122^B, 122^C (các phòng thí nghiệm phân tích kích hoạt); 127 và 149 (quạt hút V1 và các quạt thông gió toà nhà lò); 128 và 150 (phòng điều khiển LPU và phòng đặt các thiết bị của hệ Điều khiển LPU); 148 (thiết bị của hệ làm mát vòng I) và các phòng vệ sinh phóng xạ.

Phòng 148 nằm trong gian nhà lò, là nơi lắp đặt thiết bị kỹ thuật của hệ làm mát vòng I, tức là bình trao đổi nhiệt, các bơm vòng I, các bộ lọc nước làm mát, cũng như các van để lấy mẫu nước làm mát. Đây là vị trí có phóng xạ cao và có tiềm năng rò rỉ nước nhiễm phóng xạ từ các thiết bị làm mát vòng I. Vì vậy, các tường bao quanh phòng này được xây bằng bê-tông dày và sàn được lát bằng các tấm thép không gỉ.

Tất cả sàn của các phòng thí nghiệm hoặc hành lang trong vùng nghiêm ngặt được lát gạch men, hoặc tráng xi măng và phủ plastic để tẩy xạ được dễ dàng.

2.2.1.2. Các tòa nhà và các công trình khác

Nhà đảm bảo kỹ thuật và các phòng thí nghiệm (Nhà số 2) được xây mới là nhà một tầng có tầng hầm. Tầng trệt cao từ 3,6 đến 4,2 m và tầng hầm sâu 4,8 m. Nhà số 2 cũng được chia thành các vùng “bẩn” và “sạch” (Hình 2.4). Sơ đồ bố trí các phòng thí nghiệm ở Nhà số 2A được đưa ra trên Hình 2.5.

Nhà số 3 được cải tạo lại từ công trình cũ để lắp đặt lại trạm biến thế và các máy phát điện diesel.

Nhà số 5 là công trình kiểu nhà kho có tầng hầm sâu 3,4 m dùng để cất giữ tạm thời chất thải phóng xạ. Tầng hầm được chia thành một dãy ngăn dầy bằng các tấm bê-tông và có các tường chống thấm bằng bê-tông cốt thép.

Công trình 6 là một tháp cao 21 m, trên đỉnh có bể 25 m³ bằng kim loại để chứa nước sinh hoạt. Tháp nước tạo áp suất nước đủ để cấp cho lò.

Công trình 20, làm từ các lá thép, là ống thải khí cao 40 m và có đường kính 1 m. Ống thải khí được giữ bằng ba sợi dây thép giằng ở giữa ống vào các neo bê-tông nằm dưới đất.

Công trình 7 là tháp hai ngăn làm mát cưỡng bức bằng quạt có bể chứa nước ở dưới. Mỗi ngăn của tháp làm mát có kích thước 4,0 m x 4,6 m và cao 10,5 m. Tháp làm mát dùng để thải nhiệt từ lò vào khí quyển.

Các công trình 4-1 và 4-2 là các bể hình trụ có tường dày làm bằng bê-tông cốt thép tỷ trọng cao. Thể tích của mỗi bể là 250 m³. Các bể này dùng để cấp nước cho cơ sở song song qua đường ống cấp nước của thành phố.

Hệ thống xử lý thải lỏng thường (không nhiễm bẩn phóng xạ) gồm nhà xử lý (nhà 15), hai bãi bùn (các công trình 16-1 và 16-2), trạm ngưng tụ (công trình 17), bể chuyển tiếp (công trình 19) và trạm bơm (công trình 18).

Nhà số 2A được xây dựng từ năm 2001. Trong nhà này hiện có các phòng thí nghiệm nghiên cứu phát triển các kỹ thuật phân tích hạt nhân và liên quan. Có lắp đặt hệ thu gom thải phóng xạ lỏng của các phòng thí nghiệm để đưa về trạm xử lý thải phóng xạ lỏng dưới tầng hầm Nhà số 2.

Nhà số 25 là khu nhà hành chính được xây dựng năm 1997 và nâng cấp năm 2002, là khu làm việc văn phòng của Ban Lãnh đạo Viện và các đơn vị chức năng; khu vực các hội trường, phòng họp và thư viện.

2.2.2. Các hệ thống công nghệ của Lò phản ứng

Các hệ thống công nghệ chính của LPU'HNĐL bao gồm:

- Thùng lò và vùng hoạt;
- Các thiết bị thí nghiệm;
- Hệ thống làm mát vòng I và vòng II;
- Hệ thống lọc nước làm mát vòng I;
- Hệ điều khiển và theo dõi các thông số công nghệ của Lò phản ứng;
- Hệ thống cung cấp điện trong trường hợp bình thường và khẩn cấp;
- Hệ kiểm soát liều;
- Hệ cấp và thoát nước và xử lý nước thải phóng xạ;
- Cát giữ nhiên liệu tươi và nhiên liệu đã qua sử dụng;
- Hệ thống làm nguội khẩn cấp vùng hoạt;
- Hệ thống thông gió;
- Hệ báo cháy;
- Hệ kiểm soát an ninh.

2.2.2.1. Thùng Lò phản ứng và vùng hoạt

Thùng Lò phản ứng là một thùng nhôm hình trụ (vật liệu nhôm loại 6061), được bao xung quanh bằng bê-tông với chiều dày 2,5m (Hình 2.6 và Hình 2.7). Thùng lò được giữ lại từ lò TRIGA trước đây, có đường kính ngoài khoảng 2 m, chiều cao 6,25 m, độ dày tối thiểu 6,2 mm. Thùng lò chứa nước đã được khử khoáng với mức nước cao 6,2 m. Nước trong bể lò cũng được xem là chất tải nhiệt, chất làm chậm và cũng là các lớp phản xạ ở trên và dưới vùng hoạt.

Vùng hoạt của Lò phản ứng có dạng hình trụ với chiều cao 60 cm và đường kính cực đại là 44,2 cm (Hình 2.8). Bên trong vùng hoạt theo chiều thẳng đứng đặt các bó nhiên liệu, các thanh và các khối beryllium, các ống dẫn các thanh điều khiển và các kênh chiếu xạ, tất cả đều được cố định bằng hai tấm nhôm được khoan lỗ (mâm xoi lỗ) ở dưới đáy vùng hoạt. Vùng hoạt được treo bên trong thùng lò bằng một giá đỡ bằng nhôm, đáy của vùng hoạt cách đáy của thùng lò khoảng 60 cm. Phía dưới của vùng hoạt có một cơ cấu đỡ bằng nhôm nhằm loại trừ nguy cơ vùng hoạt bị rơi xuống dưới thấp hơn vùng có khả năng hấp thụ neutron của thanh điều khiển. Mỗi mâm xoi lỗ của vùng hoạt có 121 ô để đặt các thiết bị, có dạng lưới tam giác với kích thước 35 mm. Có 114 ô trong số các ô này dùng để đặt các bó nhiên liệu, các khối beryllium hay các kênh chiếu xạ và 7 ô còn lại để đặt các ống dẫn các thanh điều khiển.

Các bó nhiên liệu (BNL) hiện đang được sử dụng ở LPU'HNĐL bao gồm các BNL hợp kim nhôm - uranium loại VVR-M2, có độ giàu cao 36% U-235 (HEU - High Enriched Uranium) và các BNL độ giàu thấp 19,75% U-235 (LEU - Low Enriched Uranium) và có vỏ bọc bằng nhôm. Khối lượng U-235 trong mỗi BNL khoảng 40,2 g với loại HEU và 50 g với loại LEU, nằm trong ba thanh nhiên liệu đồng trục, thanh nhiên liệu ngoài cùng có hình lục giác và hai thanh nhiên liệu bên trong có dạng hình trụ. Tổng chiều dài toàn BNL là 865 mm, còn độ dài phần có chứa nhiên liệu khoảng 600 mm. Sau lần tái nạp nhiên liệu tháng 9/2007, cấu hình làm việc của vùng hoạt bao gồm 98 BNL HEU và 6 BNL LEU. Cấu hình 92 BNL

HEU và 12 BNL LEU làm việc từ tháng 7/2009 đã được tháo dỡ vào 8/2011 để chuẩn bị khởi động với vùng hoạt dùng toàn bộ nhiên liệu LEU.

Các thanh beryllium (thanh Be) được đặt trong vùng hoạt có cùng kích thước và dạng hình học giống như các BNL. Bên cạnh đó, vòng beryllium ngoài cùng (vành ngoài) có hình dạng răng cưa và được đặt giữa vùng hoạt và vành phản xạ graphit tạo thêm một vành phản xạ. Vành phản xạ beryllium này cũng như vùng hoạt được đặt trong một vỏ nhôm hình trụ là phần dưới của giá đỡ.

Có 7 thanh điều khiển, trong đó 6 thanh làm bằng carbua-bor (B_4C) có vỏ bọc bằng thép không rỉ (gồm 2 thanh an toàn và 4 thanh bù trừ), và 01 thanh điều khiển tự động làm bằng thép không rỉ được dùng cho mục đích điều khiển và bảo vệ Lò phản ứng. Chiều dài phần hấp thụ của các thanh điều khiển là 650 mm. Các thanh điều khiển di chuyển theo chiều thẳng đứng trong các ống nhôm với đường kính bên trong là 33 mm. Phần dưới các ống nhôm chứa thanh điều khiển nằm dưới đáy của vùng hoạt và có dạng hình nón để tránh các thanh điều khiển rơi ra ngoài vùng hoạt trong trường hợp dây cáp treo thanh điều khiển bị đứt. Các ống nhôm này được cố định nhờ mâm xoi lỗ dưới đáy vùng hoạt và được gắn vào giá đỡ trên mặt lò.

Vành phản xạ graphit bao quanh vùng hoạt có dạng hình vành khăn với đường kính trong xấp xỉ 47,5 cm, độ dày theo chiều bán kính là 30,5 cm và chiều cao là 55,9 cm. Một vách đứng hình vành khuyên bên trong vành phản xạ, hướng lên trên vùng hoạt là thiết bị mâm quay chiếu mẫu. Có hai ống rỗng hình trụ bên trong vành phản xạ graphit, một ống đồng trục thông với một trong những kênh nằm ngang hướng tâm và một ống để cho kênh tiếp tuyến. Một ống có phần nổi thẳng bằng nhôm xuyên qua graphit đến tận phần bên trong của vành phản xạ. Vành phản xạ graphit được đặt trên bộ đỡ. Để đỡ vành phản xạ, hai ống nhôm được hàn với phần đáy của vỏ bọc vành phản xạ graphit.

2.2.2.2. Các thiết bị thí nghiệm

Một số các thiết bị để chiếu xạ đang được sử dụng bên trong và bên ngoài vùng hoạt bao gồm bể neutron ở tâm vùng hoạt, các kênh ướt và khô bên biên vùng hoạt, mâm quay chiếu mẫu, bốn kênh ngang dẫn dòng neutron và cột nhiệt. Tất cả các thiết bị này được dùng để chiếu mẫu phục vụ thí nghiệm.

Các kênh ướt

Bể neutron ở tâm vùng hoạt dạng hình trụ có hốc nước ở giữa và xung quanh là các khối berily. Bể neutron được sử dụng là một kênh chiếu xạ có thông lượng neutron nhiệt cực đại. Đường kính trong của bể là 65 mm với khối lượng nước ở bên trong khoảng 2050 cm^3 . Một ống nhôm được đặt ở bên trong bể để giữ các mẫu chiếu xạ có đường kính 42 mm. Từ năm 2008 cốc chiếu ở bể neutron được thay bằng hai ống lục giác có kích thước 27 mm để tăng lượng mẫu chiếu cũng như ngăn chặn khả năng rơi BNL vào bể.

Một kênh ướt chiếu xạ nữa được sử dụng trong vùng hoạt có đường kính 30 mm tại ô 1-4 nằm ở biên vùng hoạt (được gọi là kênh chiếu xạ 1-4).

Các kênh khô

Có hai hệ thống chuyển mẫu bằng khí nén xuyên qua vùng hoạt theo chiều thẳng đứng

tại hai ô ngoại biên vùng hoạt. Một hệ thống chuyển mẫu khí nén, đặt tại ô 7-1 (được gọi là kênh chiếu xạ khí nén 7-1) được vận hành từ xa nhờ hệ điều khiển và hệ lấy mẫu đặt tại nhà 1. Hệ thống thứ hai đặt tại ô 13-2 (được gọi là kênh chiếu xạ khí nén 13-2) được dùng cho phân tích kích hoạt nhanh; bộ phận điều khiển và lấy mẫu được đặt ngay bên trong gian nhà lò.

Mâm quay

Mâm quay với chiều cao 30 cm được đặt ở mặt trên của vành phản xạ graphit, bao gồm giá bằng nhôm để chứa các mẫu khi chiếu xạ ở trong các ống có dạng hình tròn. Trên giá này có 40 ô giống nhau bằng nhôm, mở ra ở phía trên và đóng lại ở dưới đáy, dùng để đặt các hộp đựng mẫu chiếu xạ. Các lỗ này có đường kính 31,75 mm và chiều cao 274 mm. Rãnh chứa mẫu đã được sửa chữa để vận hành hoàn toàn trong nước làm cho cấu trúc mâm quay không còn giống như lò TRIGA trước đây. Một hệ thống bao gồm đòn bẩy bằng tay, bộ phận truyền động và ống nạp thẳng đứng cho phép nạp các hộp chứa mẫu vào bất cứ ô nào từ trên mặt lò.

Các kênh ngang

Bốn kênh ngang cũ của lò TRIGA vẫn được sử dụng lại. Những kênh này xuyên qua lớp bê-tông che chắn, thùng lò và bể lò đến tận vành phản xạ graphit. Các kênh này dẫn dòng neutron và gamma phục vụ cho các thí nghiệm khác nhau. Ba kênh ngang (K1, K2 và K4) hướng về tâm vùng hoạt và một kênh ngang (K3) tiếp tuyến với phần bên ngoài của vùng hoạt. Hai kênh hướng tâm (K1 và K2) dừng lại ở mép bên ngoài vành phản xạ graphit, trong đó kênh (K2) thẳng hàng với phần đế trống trong vành phản xạ graphit. Kênh xuyên tâm thứ ba (K4) xuyên qua vành phản xạ graphit và dừng lại ở phần bên trong của vành phản xạ ngay tại phía ngoài của vùng hoạt. Để có một kênh trống trong vành phản xạ graphit xuyên qua bên dưới mâm quay, đường tâm nằm ngang của chúng được đặt nằm bên dưới đường tâm vùng hoạt 7 cm. Kênh ngang tiếp tuyến (K3) dừng lại ở bên ngoài bề mặt vành phản xạ, nhưng nó cũng thẳng hàng với lỗ trống hình trụ trong vành phản xạ và cắt với ống xuyên tâm trong vành phản xạ graphit.

Cột nhiệt

Cột nhiệt với kích thước 1,2x1,2x1,6 m của lò TRIGA trước đây vẫn được giữ nguyên. Cột nhiệt có các tường không thấm nước được làm bằng nhôm và phủ Boron. Các khối graphit với kích thước 10,2x10,2x127 cm chắt đầy bên trong cột nhiệt. Phần bên ngoài của cột nhiệt được hàn với kết cấu che chắn bê-tông, phần bên trong được hàn với thùng lò và được mở rộng đến tận phía bên ngoài của vành phản xạ graphit. Theo chiều thẳng đứng, cột nhiệt mở rộng theo phần trên và dưới vành phản xạ graphit xấp xỉ 33 cm với đường xuyên tâm trùng với đường xuyên tâm của vùng hoạt. Cửa cột nhiệt được làm bằng bê-tông nặng. Cửa này có chiều dày 1,3 m và nặng 17,3 tấn, đồng thời có thể đóng mở bằng động cơ điện trên hai đường ray nhỏ. Có 5 khối graphit có thể dịch chuyển vị trí trong cột nhiệt, được gia công với kích thước bé đi khoảng 1,6 mm để dễ thao tác di chuyển. Khi lấy các khối này ra sẽ tạo thành các hốc để chiếu xạ mẫu.

2.2.2.3. Hệ thống làm mát vòng I và vòng II

Hệ làm mát vòng I (Hình 2.9), được đặt trong toà nhà lò, gồm hai bơm kín song song (được đánh số bơm 4-1 và bơm 4-2), một bộ trao đổi nhiệt và đường ống bằng thép không gỉ có đường kính 108x5 mm. Các bơm vòng I, loại 4GH-12K-14-2 có lưu lượng lớn nhất là 90

m³/giờ, vận hành ở chế độ dự phòng (một bơm làm việc, một bơm dự trữ) với lưu lượng 50 m³/giờ. Các bơm vòng I là bơm kín (không rò nước), không cho phép nước vòng I được rò.

Bộ trao đổi nhiệt (Hình 2.9), loại 600 TVN-11-10 M8G4-2 “B”, là một bình thép không gỉ đặt đứng, có đường kính bên trong 600 mm, gồm 374 ống thép không gỉ với độ dài 4 m và đường kính 16/20 mm. Các ống nhỏ này cũng được sắp xếp thẳng đứng. Nước vòng I chảy từ trên xuống ở bên trong bình và phía ngoài các ống nhỏ. Nước vòng II chảy bên trong các ống nhỏ và lấy nhiệt từ nước vòng I. Tại bộ trao đổi nhiệt, áp suất của nước vòng I được duy trì nhỏ hơn áp suất của nước vòng II nhằm đề phòng nước vòng I, là nước bị nhiễm phóng xạ, rò rỉ vào nước vòng II.

Hệ làm mát vòng II (Hình 2.9) là hệ tuần hoàn ngoài trời dùng nước sinh hoạt của thành phố làm chất làm mát. Hệ làm mát vòng II gồm hai bơm (được đánh số 29-4 và 29-5), tháp làm mát bằng quạt và các đường ống nối bằng thép có đường kính 216x6 mm.

Các bơm kiểu KM-90/55a, được đặt tại trạm bơm ở tầng hầm nhà số 2 và vận hành theo chế độ dự phòng với lưu lượng danh định 90 m³/giờ và đầu đẩy 43 m. Áp suất của chất làm mát vòng II là 4,5 kG/cm², cao hơn nhiều so với áp suất của chất làm mát vòng I.

2.2.2.4. Hệ thống lọc nước làm mát vòng I

Hệ lọc nước làm mát vòng I được đặt trong phòng thiết bị vòng I (phòng 148) cạnh bể chứa nhiên liệu đã cháy và được bao bọc bằng tường bê-tông dày.

Một phần nước vòng I được dẫn từ đường ống vòng I tại điểm sau bơm vòng I, lần lượt đi qua bộ lọc cơ học thứ nhất, một trong hai bộ lọc ion và bộ lọc cơ học thứ hai (Hình 2.8). Sau khi được lọc, nước trở lại đường ống vòng I tại điểm khác trước bơm vòng I. Lưu lượng qua hệ lọc khoảng 2 m³/giờ.

Bộ trao đổi ion, gồm lớp hỗn hợp nhựa anion và cation, được nối song song và hoạt động theo chế độ dự phòng. Các phần tử lọc của các bộ lọc cơ được làm từ lưới thép không gỉ. Các van lắp trên đường ống trước và sau mỗi bộ lọc được dùng để lấy mẫu nước cho việc kiểm tra chất lượng của chất làm mát vòng I.

2.2.2.5. Hệ điều khiển và theo dõi các thông số công nghệ của Lò phản ứng

Hệ điều khiển của LPU'HNĐL cung cấp khả năng theo dõi trạng thái, điều khiển vận hành và dập lò một cách an toàn khi xảy ra sự cố. Các thiết bị theo dõi những thông số công nghệ quan trọng liên quan tới việc vận hành an toàn và tin cậy Lò phản ứng bao gồm nhiệt độ và lưu lượng nước làm mát, mức nước bể lò, v.v.. Hệ điều khiển LPU'HNĐL bao gồm những hệ cơ bản sau:

- Hệ kiểm soát thông lượng neutron (NFCS - Neutron Flux Control System);
- Hệ chỉ thị các thông số Lò phản ứng (RDS - Reactor Display System);
- Hệ logic điều khiển (CLS - Control Logic System);
- Hệ đo đạc các thông số công nghệ (PIS - Process and Instrumentation System).

Thông tin chi tiết về các hệ thống trên được trình bày cụ thể trong chương 8 của “Báo cáo phân tích an toàn sử dụng cho LPU'HNĐL, năm 2009”.

2.2.2.6. Hệ thống cung cấp điện bình thường và khẩn cấp

Nguồn cấp điện bình thường

Các đường cấp điện bình thường cho khuôn viên Lò phản ứng được nối từ Trạm biến điện thành phố Đà Lạt cách lò khoảng 3 km đến biến thế 22/0,4/0,23 kV đặt trong khu vực Lò phản ứng (xem Hình 2.10). Theo thiết kế, công suất tiêu thụ của toàn công trình khoảng 460 kVA được cung cấp bởi một biến thế 800 kVA đặt tại nhà số 3.

Về tổng thể, các đường điện được đặt trong các mương cáp dưới sàn của các nhà. Theo thiết kế, các hộ tiêu thụ điện tại Lò phản ứng được chia làm ba loại:

- Hộ loại 1: các thiết bị (hộ tải điện) cho phép mất điện trong khoảng thời gian cần thiết để chuyển sang nguồn cấp điện khác.
- Hộ loại 2: các hộ tải cho phép mất điện trong khoảng 1 giờ đủ để tự động chuyển sang các nguồn cấp điện dự trữ.
- Hộ loại 3: các hộ tải cho phép mất điện trong khoảng thời gian đủ để sửa chữa, trong khoảng 24 giờ.

Nguồn cấp điện không ngắt và nguồn cấp điện khẩn cấp

Bốn bộ nguồn nuôi liên tục (đặt ở phòng 150 và phòng 112, Nhà số 1) được sử dụng cùng với hai máy phát điện diesel (đặt tại Nhà số 3) để cấp điện liên tục cho các hộ tiêu thụ điện loại 1 (thiết bị quan trọng đối với an toàn lò) trong trường hợp điện lưới bị mất.

2.2.2.7. Hệ kiểm soát liều phóng xạ

Hệ kiểm soát liều khu vực Nhà số 1 với 12 kênh đã được đưa vào vận hành từ năm 1983. Năm 1993 hệ đo này đã được thiết kế lại để ghép nối máy tính và sau đó cũng đã được nâng cấp vào các năm 2000, 2004 bằng việc thay thế tất cả các khối detector và các bản mạch điện tử. Hệ được sử dụng để kiểm soát và đo bức xạ gamma, đồng thời xử lý, chỉ thị và ghi lại giá trị liều bức xạ của 12 vị trí, bao gồm: trên bề mặt lò, trong gian nhà lò (phòng 101), phòng đặt thiết bị bom vòng I (phòng 148), phòng điều khiển lò (phòng 128), phòng thông gió và lọc khí (phòng 127), cũng như trên các đường ống của hệ làm mát vòng I và vòng II. Hệ kiểm soát liều khu vực có những chức năng cơ bản như sau:

- Liên tục kiểm tra và đo mức bức xạ gamma tại 12 điểm.
- Chỉ thị số đếm và suất liều dạng số và dạng thanh cột trên màn hình máy tính.
- Phát âm thanh và ánh sáng cảnh báo mỗi khi mức liều tại bất kỳ điểm đo nào vượt quá mức đặt.
- Ghi lại dữ liệu số đếm/suất liều trên ổ cứng máy tính.

Tháng 6/2008, một hệ đo liều khu vực Nhà số 1 do Công ty NATS (Hoa Kỳ) cung cấp cũng đã được lắp đặt và đưa vào sử dụng cùng với hệ đo liều khu vực cũ. Về cơ bản, hệ này vẫn giữ ý tưởng của hệ cũ về mặt nguyên tắc, bao gồm 12 khối đầu dò loại DORA GM detector đặt tại 12 vị trí cần đo nêu trên, kết nối qua mạng Ethernet hoặc chuẩn nối tiếp đến hệ xử lý trung tâm trên máy tính PC với phần mềm DORIS software đặt tại phòng điều khiển. Khối detector DORA cho phép đo bức xạ gamma trong dải năng lượng 50 keV đến 2 MeV với độ tuyến tính $\pm 20\%$. Dải động của detector từ $5E-5$ mSv/h đến $1E+4$ mSv/hr.

2.2.2.8. Hệ cấp và thoát nước và xử lý nước thải phóng xạ

Hệ cấp nước

Hệ thống cấp nước được thiết kế để cung cấp nước cho tất cả các nhu cầu trong khuôn viên Lò phản ứng, bao gồm hệ cấp nước sinh hoạt, cứu hỏa, cũng như để bảo đảm cung cấp nước cho các hoạt động bình thường hoặc bất bình thường tại khu vực Lò phản ứng (xem Hình 2.11). Hệ cấp nước này lấy nước từ tuyến đường ống chung của thành phố. Thông tin chi tiết về các hệ thống trên được trình bày cụ thể trong chương 10 của “Báo cáo phân tích an toàn sử dụng cho LPUHNĐL, năm 2009”.

Hệ thoát nước

Hệ thoát nước tại LPUHNĐL được chia thành ba loại như sau:

- 1) **Nước thải sinh hoạt** từ các buồng tắm và các chậu rửa theo các ống thép (đường kính khoảng 100-150 mm) đến một tổ hợp xử lý, bao gồm nhà xử lý (Nhà số 15), hai sân phơi bùn (Công trình 16-1 và 16-2), một bể lắng (Công trình 17), một thùng vận chuyển (Công trình 19) và một trạm bơm (Công trình 18) (xem bố trí mặt bằng trong Chương 4 “Các tòa nhà và các công trình xây dựng”). Tuy nhiên, đến nay hệ tổ hợp xử lý này không còn sử dụng. Nước thải sinh hoạt được xử lý theo kỹ thuật chung.
- 2) **Nước bị nhiễm xạ** từ các nguồn thải phóng xạ lỏng khác nhau tại các nhà 1, nhà 2, và nhà 5 được thu nhận bởi tuyến đặc biệt K3 đến trạm xử lý thải phóng xạ lỏng được đặt dưới tầng hầm nhà 2. Hệ đặc biệt K3 là một hệ thống ống thép không gỉ đường kính 80 mm nằm ở độ sâu 1-1,5m dưới lòng đất, có dung tích 5 m³/ngày. Trong nhà 1, nước bị nhiễm xạ (tức là nước rò rỉ từ hệ làm mát vòng I và các nguồn thải lỏng khác trong nhà 1) được thu gom vào một bể chứa ở trong nhà lò phản ứng cạnh phòng đặt hệ thiết bị làm mát vòng I (Phòng 148). Hai bơm 57-1 và 57-2 được vận hành bằng tay hoặc tự động ở chế độ dự phòng để chuyển nước bị nhiễm xạ từ bể chứa đến trạm xử lý ở nhà 2. Nước sau khi xử lý được thải ra môi trường sau khi đã kiểm tra hoạt độ phóng xạ và nằm trong giới hạn cho phép.
- 3) **Nước mưa** được thoát đi bởi các mương đào và nước dưới lòng đất bởi các kênh đào được đổ cát bên trong.

2.2.2.9. Bể chứa nhiên liệu đã cháy

Bể chứa nhiên liệu đã cháy, cùng nằm trong kết cấu che chắn bằng bê-tông, dùng để cất giữ các bó nhiên liệu đã cháy. Trước đó bể này là bể thực nghiệm của lò TRIGA, sử dụng với cột nhiệt hóa để chiếu xạ sinh học.

Bể chứa nhiên liệu đã cháy là một thùng thép không gỉ và được đổ đầy nước được làm sạch khoáng chất để chứa các bó nhiên liệu đã cháy. Bể có 300 ô được phân bố thành một mạng hình chữ nhật với mỗi bước rộng 65 mm. Mỗi một ô có đường kính 42 mm và sâu 688 mm và thiết kế để cất giữ được một bó nhiên liệu (xem Hình 2.12). Để ngăn không cho bụi bắn bay vào, bể có một tấm kim loại nhẹ phủ phía trên bề mặt, tấm phủ này được chia thành một số phần nhỏ có các cửa riêng. Việc làm sạch nước cho bể được đảm bảo nhờ một hệ bao gồm một bơm nước, hai phin lọc cơ học và một phin lọc trao đổi ion (xem Hình 2.8).

2.2.2.10. Hệ thống làm nguội khẩn cấp vùng hoạt

Để bảo đảm sự nguyên vẹn của nhiên liệu trong các điều kiện sự cố mất nước bể lò, Lò phản ứng được lắp đặt một hệ thống làm mát vùng hoạt khẩn cấp dự phòng để đảm bảo cho vùng hoạt luôn được ngập trong nước ở một khoảng thời gian cần thiết. Hệ thống làm mát vùng hoạt khẩn cấp gồm các đường ống dẫn nước làm bằng thép không gỉ, hệ thống van, hai bể chứa nước dự trữ 4-1 và 4-2, và hai bơm 28-1 và 28-2. Đường ống dẫn nước bằng thép không gỉ đi vào bể lò với đường kính 50 mm được dùng để cấp nước khẩn cấp cho bể lò nhờ van điện A7 và van tay A2-2 đặt trong phòng cách ly phóng xạ phía ngoài nhà lò. Nước dự trữ để bổ sung cho lò được chứa trong hai bể 4-1 và 4-2 với dung tích mỗi bể là 250 m³. Thông tin chi tiết về việc vận hành hệ thống này được trình bày cụ thể trong chương 7 của “Báo cáo phân tích an toàn sử dụng cho LPUHNĐL, năm 2009”.

2.2.2.11. Hệ thống thông gió

Hệ thống gió ở cơ sở LPUHNĐL bao gồm ba phần chủ yếu: hệ thống gió thổi vào để cấp không khí sạch, hệ thống gió cho các vùng làm việc khép kín, và hệ thống gió hút ra có trang bị phin lọc để làm sạch khí bị nhiễm phóng xạ thải ra bên ngoài. Không khí cấp vào được lọc trước khi thổi tới các vùng làm việc. Không khí hút ra cũng được lọc và pha loãng trước khi đưa qua ống khí thải ra ngoài. Các phin lọc có khả năng giữ các hạt có đường kính từ 0,3 µm trở lên. Hầu hết các hệ thống gió đều có hai thiết bị, một làm việc và một để dự phòng.

Không gian nhà lò và Lò phản ứng được thông gió bởi hệ cấp vào P-3, hệ hút ra V-2 và hệ hút đặc biệt V-1. Phòng 150 dùng để đặt các khối điện tử của hệ kiểm soát mật độ dòng neutron cho hệ điều khiển Lò phản ứng cũ được thông gió với không khí thổi vào qua hệ P-5 và không khí hút ra qua hệ V-6. Ngoài ra, một máy điều hòa không khí được lắp đặt để đảm bảo nhiệt độ và độ ẩm ổn định trong phòng này. Toàn bộ các phòng còn lại trong vùng kiểm soát phóng xạ được thông gió bởi các hệ P-1, P-2 và V-3, V-4, V-5. Năm 1993, hai máy điều hòa nhiệt độ đã được lắp đặt trong phòng điều khiển Lò phản ứng (phòng 128) để đảm bảo điều kiện làm việc tốt hơn cho toàn bộ hệ điều khiển Lò phản ứng. Một hệ hút ẩm được lắp đặt trong phòng 128 từ tháng 12/2007 gần với các tủ điện tử thu nhận và xử lý thông tin của hệ điều khiển mới.

Các phòng thí nghiệm ở nhà 2 có các hệ thống gió riêng. Các phòng trong khu vực “sạch” được thông gió tự nhiên.

2.2.2.12. Hệ báo cháy và cứu hỏa

Hầu hết các phòng thí nghiệm trong tòa nhà lò được trang bị các đầu báo khói để phát hiện có cháy. Cấp tín hiệu từ tất cả các đầu báo khói được nối đến thiết bị cảnh báo đặt trong nhà tổng đài điện thoại và thiết bị truyền thanh (Nhà số 13), gần sát trạm bảo vệ an ninh.

Hệ cung cấp nước cứu hỏa cho khuôn viên Lò phản ứng gồm 3 máy bơm 29-1/2/3 đặt tại trạm bơm trong tầng hầm Nhà số 2 và một số van nước được bố trí trong khu vực của khuôn viên. Trong trường hợp có hỏa hoạn, một trong 3 bơm sẽ được vận hành nhờ nguồn điện thành phố hoặc điện từ máy phát điện diesel nếu điện thành phố bị mất để cấp nước với áp lực đủ lớn để dập lửa. Dọc theo hành lang các Nhà số 1 và Nhà số 2 có những họng nước, và cũng dễ sẵn các cuộn ống dẫn nước đủ dài và mềm. Một bơm cứu hỏa lưu động được trang bị từ năm 2008.

2.2.2.13. Hệ kiểm soát an ninh

Khuôn viên cơ sở LPUHNĐL được bao quanh bằng hệ thống hàng rào, được nâng cấp vào năm 2006. Bên trong khu vực Lò phản ứng một Hệ theo dõi an ninh nâng cấp năm 2008 với các camera đặt trong nhà lò đưa hình ảnh ra phòng trực tại cổng chính và các biện pháp an ninh khác được áp dụng nhằm ngăn ngừa những kẻ gian có các hành động không được phép có thể gây mất an toàn, đề phòng việc vận chuyển các vật liệu (gồm các vật liệu phân hạch và phóng xạ) hoặc thiết bị không có giấy phép ra khỏi cơ sở, ngăn chặn các hành động phá hoại hoặc khủng bố đối với Lò phản ứng (Hình 2.13 và 2.14).

2.3. TÌNH TRẠNG PHÓNG XẠ CỦA CƠ SỞ

Các chất phóng xạ sinh ra ở khu vực Lò phản ứng chủ yếu là từ công việc vận hành lò, sản xuất các chất đồng vị phóng xạ và các hoạt động nghiên cứu. Các nguồn phóng xạ ở LPUHNĐL bao gồm các thành phần cấu trúc và các hệ thống hoặc thiết bị bị kích hoạt và nhiễm bẩn phóng xạ.

Sự kích hoạt các thành phần cấu trúc của Lò phản ứng là nguồn phóng xạ chính ở LPUHNĐL. Việc nhiễm bẩn phóng xạ ở các phòng và các thiết bị của Lò phản ứng từ hoạt động vận hành lò chủ yếu là do sự nhiễm bẩn các nhân phóng xạ bị kích hoạt và các sản phẩm phân hạch có trong nước làm mát vòng I. Ngoài ra, sự nhiễm bẩn phóng xạ còn có thể xảy ra do sự rò rỉ của nước làm mát vòng I, việc chiếu mẫu trên các thiết bị thí nghiệm, các hoạt động bảo dưỡng hoặc thay đảo nhiên liệu, việc xử lý và lưu giữ chất thải phóng xạ và các sự kiện bất thường.

2.3.1. Các cấu trúc bị nhiễm bẩn

Các phòng dưới đây trong khu vực toà nhà lò, Nhà số 2 và Nhà số 2A có thể bị nhiễm bẩn phóng xạ:

- Phòng 101 (gian nhà lò);
- Phòng 148 (Phòng đặt bơm vòng I);
- Phòng 127 (Phòng đặt các thiết bị hệ thông gió V-1);
- Phòng 125 (Phòng đặt các thiết bị của kênh khí nén 7-1);
- Các phòng 113, 114, 115, 117, 118, 123, 124, 132 (Các phòng thí nghiệm sản xuất đồng vị phóng xạ);
- Phòng 122^A, 122^B, 122^C (Phòng thí nghiệm của Trung tâm Phân tích);
- Trạm xử lý nước thải phóng xạ đặt ở Nhà số 2;
- Các phòng 004 và 007 ở Nhà số 2A.

Bảng 2.4 và Bảng 2.5 cung cấp các kết quả đo đạc (thực hiện vào tháng 2/2011) để kiểm soát các mức nhiễm bẩn và suất liều bức xạ ở các phòng trong khu vực toà nhà lò.

2.3.2. Các hệ thống và thiết bị bị nhiễm bẩn

Các hệ thống và thiết bị của LPUHNĐL có thể nhiễm bẩn phóng xạ bao gồm: Hệ thống làm mát vòng 1, Hệ thống lọc nước vòng I, Hệ thống làm mát vòng II, Hệ thống thông gió V1, Hệ thống thông gió V2, Hệ thống lọc nước bể chứa nhiên liệu cháy, Hệ thống chuyển mẫu khí nén 7-1 và 13-2, các xà lim nóng phục vụ sản xuất đồng vị phóng xạ, Hệ thống thu gom và vận chuyển nước thải phóng xạ và Hệ thống xử lý nước thải phóng xạ ở tầng hầm

Nhà số 2. Việc khảo sát đặc trưng phóng xạ cho các hệ thống và thiết bị nói trên hiện vẫn chưa được tiến hành đầy đủ.

Bảng 2.4. Sự nhiễm bẩn phóng xạ ở gian nhà lò và Nhà số 1

Số phòng	Mục đích sử dụng	Mức nhiễm bẩn (Bq/cm ²)
101	- Trên mặt lò	1,0
	- Mặt sàn trước kênh ngang số 1	1,0
	- Mặt sàn trước kênh ngang số 2	Phông
	- Mặt sàn trước kênh ngang số 3	1,0
	- Mặt sàn trước kênh ngang số 4	1,0
148	Phòng đặt bom vòng I	Phông
127	Phòng đặt các thiết bị hệ thông gió V-1	1,0

Bảng 2.5. Suất liều bức xạ tại một số vị trí trong toà nhà lò

Số phòng	Mục đích sử dụng	Suất liều tại các thời điểm đo, µSv/h		
		Lò làm việc 500 kW	Sản xuất ĐVPX	Trước khi lò làm việc 100 h
101	Gian nhà lò	3,10 – 5,58	0,15	0,07
148	Phòng đặt bom vòng I	2,2	0,1	0,1
128	Phòng điều khiển lò	0,5 – 0,8	0,16	0,05
113	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV1)	6,0	24,05	6,1
114	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV2)	3,5	16,75	4,5
115	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV3)	2,05	3,65	2,0
117	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV7)	0,31	3,35	0,35
118	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV8)	0,09	0,1	0,05
123	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV6)	1,0	0,1	0,1
124	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV4)	0,3	0,12	0,35
122 ^B	Phòng thí nghiệm của TTPT	0,03	0,09	0,03
122 ^C	Phòng thí nghiệm của TTPT	0,05	0,1	0,05
125	Phòng đặt thiết bị kênh 7-1	1,05	1,0	1,20

2.3.3. Các vật liệu bị kích hoạt

Các thành phần cấu trúc của LPU'HNĐL bị kích hoạt bởi neutron chủ yếu bao gồm: cấu trúc che chắn Lò phản ứng, thùng lò, các kênh thí nghiệm nằm ngang, cột nhiệt, cột nhiệt hoá, vành phản xạ graphit, các thanh điều khiển, v.v..

Để đánh giá hoạt độ phóng xạ của các thành phần cấu trúc Lò phản ứng, chương trình MCNP đã được sử dụng để tính toán phổ neutron và tiết diện phản ứng, và chương trình ORIGEN2 được dùng để tính toán hoạt độ sản phẩm kích hoạt trong các vật liệu cấu trúc. Kết quả tính toán hoạt độ phóng xạ của các đồng vị sống dài trong cấu trúc bê tông che chắn Lò phản ứng, trong graphit và trong vật liệu nhôm theo thời gian nguội sau khi Lò phản ứng chấm dứt vận hành vào năm 2029 được trình bày trên các [Bảng 2.6-2.8](#).

Bảng 2.6. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong bê-tông che chắn

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
Ca-41	1468	1467	1466	1464
Ca-45	32991	1475	66	0
Fe-55	25122	14728	8637	2274
Co-60	1508	1159	890	461
Sb-125	571	346	210	60
Cs-134	1148	586	299	56
Sm-151	685	674	664	638
Eu-152	10178	9186	8291	6419
Eu-154	445	379	322	215

Bảng 2.7. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong graphit

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Vành phản xạ)				Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Phần còn lại)			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
C-14	837	836	836	837	130	130	130	130
Co-60	3669	2819	2166	1124	554	426	327	169
Sn-119m	480	61	8	0	54	7	1	0
Sb-125	503	305	185	53	48	29	18	5
Te-125m	123	74	45	13	12	7	4	1

Bảng 2.8. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong vật liệu nhôm

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguồn (Vành phản xạ)				Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguồn (Phần còn lại)			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
Co-60	53245	35323	25537	13302	34965	26109	19841	10348
Ni-63	2416	2054	1902	1842	2351	2249	2190	2123
Zn-65	88051	9527	1123	6	75825	9234	1144	6

2.3.3. Nhiễm bẩn đất

Các mẫu đất bên ngoài toà nhà lò tại các điểm 6/190, 8/150, 9/200, 10/150 và 14/120 (xem Hình 2.15) và ở các độ sâu khác nhau (từ 0-5 cm) đã được lấy với tần suất 2 lần/năm và đã được phân tích để xác định sự nhiễm bẩn phóng xạ đối với môi trường bên ngoài toà nhà lò. Kết quả phân tích cho thấy đến nay vẫn chưa có mẫu đất nào bị nhiễm bẩn phóng xạ. Tuy nhiên các mẫu đất ở gần khu vực toà nhà lò và nằm bên dưới thùng lò hiện vẫn chưa được lấy mẫu để kiểm tra.

2.3.4. Nhiễm bẩn nước bề mặt

Các mẫu nước ở Hồ Xuân Hương đã được lấy với tần suất 4 lần/năm và đã được phân tích để xác định sự nhiễm bẩn phóng xạ đối với môi trường bên ngoài khu vực Lò phản ứng. Kết quả phân tích cho thấy đến nay vẫn chưa có sự nhiễm bẩn phóng xạ đối với nước ở Hồ Xuân Hương.

2.3.5. Nhiễm bẩn nước ngầm

Các mẫu nước ngầm đã được lấy ở hai lỗ khoan tại Nhà số 2 và Nhà số 5 vào năm 2005 để xác định sự nhiễm bẩn phóng xạ đối với nước ngầm. Kết quả phân tích cho thấy đến nay vẫn chưa có sự nhiễm bẩn phóng xạ đối với nước ngầm ở khu vực Lò phản ứng.

2.4. LỊCH SỬ VẬN HÀNH LPU'HNDL

Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt được cải tạo từ lò TRIGA Mark II, do hãng General Atomic (GA, San Diego, California, Mỹ) thiết kế và xây dựng vào đầu thập kỷ 60, đưa vào hoạt động từ năm 1963 đến năm 1968 với công suất danh định 250 kW. Giai đoạn 1974-1975, toàn bộ nhiên liệu của Lò phản ứng được lấy ra khỏi vùng hoạt và chuyển trở lại Hoa kỳ.

Trong giai đoạn 1976-1980, chương trình hợp tác nghiên cứu nhằm cải tạo, nâng cấp và mở rộng Lò phản ứng được xây dựng. Lò phản ứng được Viện thiết kế Liên bang thuộc Ủy ban Sử dụng Năng lượng nguyên tử Liên Xô thiết kế lại. Một số các cấu trúc của lò TRIGA, như thùng nhôm với tường bê tông bảo vệ xung quanh, các kênh ngang, cột nhiệt graphite và vành phản xạ graphite vẫn được giữ lại. Các thiết bị khác của lò được cung cấp bởi Công ty xuất nhập khẩu Năng lượng nguyên tử (ATOMENERGOEXPORT, Matxcova, Liên Xô). Lần đạt trạng thái tới hạn đầu tiên của Lò phản ứng là vào ngày 01/11/1983. Lò được khởi động năng lượng và đạt công suất danh định 500 kW vào tháng 2/1984, và sau đó, ngày 20/3/1984, Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt chính thức được đưa vào hoạt động.

2.4.1. Các hoạt động được cấp phép

Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt được cấp phép để tiến hành các hoạt động sau:

2.4.1.1. Sản xuất đồng vị và được chất phóng xạ:

Các nhân phóng xạ sau đã được sản xuất tại Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt bao gồm:

- P-32 dạng dung dịch orthophosphate để tiêm và tẩm áp P-32 để điều trị bệnh ngoài da;
- I-131 dạng dung dịch NaI(I-131) và viên nang (capsule);
- Máy phát Tc-99m;
- Cr-51 dạng dung dịch sodium-chromate để tiêm và dung dịch chromium-chloride và Cr-EDTA;
- Sản xuất các đồng vị phóng xạ khác với một lượng ít như Zn-65, Cu-64, Na-24, Rb-86, v.v...
- Pha tạp silicon bằng chiếu xạ silicon đơn tinh thể trong bể neutron;
- Sản xuất các đồng vị phóng xạ dùng cho kỹ thuật đánh dấu (ví dụ Sc-46);
- Sản xuất các nguồn phóng xạ như Co-60, Ir-192.

2.4.1.2. Phân tích tích kích hoạt neutron:

Các kỹ thuật phân tích hạt nhân sau đây được triển khai tại Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt:

- phân tích kích hoạt neutron dụng cụ (INAA),
- phân tích kích hoạt neutron có xử lý hóa phóng xạ (RNAA),
- phân tích kích hoạt neutron đo gamma tức thời (PGNNA), và
- phân tích kích hoạt neutron đo neutron trễ (DNAA).

Các mẫu cần phân tích để xác định nguyên tố gồm có:

- các mẫu địa chất đối với các kim loại quý, nguyên tố hiếm, các nhân phóng xạ tự nhiên và các nhân khác;
- các mẫu sinh học, các nguyên liệu nông nghiệp và thổ nhưỡng đối với các nguyên tố vi lượng;
- các mẫu môi trường đối với các nguyên tố độc, kim loại nặng và các nhân phóng xạ;
- các mẫu thực phẩm đối với các khoáng chất, kim loại nặng và độc tố, v.v...

2.4.1.3. Nghiên cứu vật lý hạt nhân:

Các kênh ngang của LPU được sử dụng cho nhiều thí nghiệm vật lý hạt nhân khác nhau, như: đo đặc các số liệu hạt nhân với hệ phổ kế thời gian 2 detector theo các phản ứng ($n, 2\gamma$), ($n, 3\gamma$); phân tích kích hoạt neutron đo gamma tức thời (PGNAA) và một số nghiên cứu ứng dụng khác như đo chỉ số hydro của mẫu dầu khí.

2.4.1.4. Nghiên cứu vật lý và thủy nhiệt Lò phản ứng:

Các nghiên cứu vật lý và thủy nhiệt Lò phản ứng dưới đây đã được tiến hành ở Viện NCHN Đà Lạt để thu thập thông tin và các số liệu về:

- kích thước hiệu dụng của vùng hoạt,
- các hiệu ứng nhiễu loạn trong trường neutron,
- phân bố thông lượng neutron theo chiều cao và bán kính,
- phổ neutron,
- các hiệu ứng photo-neutron trễ,
- mức công suất tới hạn nhỏ nhất,
- giá trị vi phân và tích phân của các thanh điều khiển (tức hiệu chuẩn thanh điều khiển), và hiệu ứng giao thoa của chúng,
- thời gian đáp ứng của hệ thống bảo vệ lò và thời gian rơi của các thanh điều khiển,
- phản hồi độ phản ứng (do các thay đổi về nhiệt độ nước, công suất và nhiễm độc xenon),
- phân bố cháy nhiên liệu,
- nhiệt độ của chất làm mát và của bề mặt thanh nhiên liệu,
- tác động của nhiệt độ nhiên liệu trong quá trình chuyển tiếp của lò do việc đưa vào độ phản ứng cho phép,
- chuẩn công suất nhiệt, v.v...

2.4.2. Lịch sử cấp phép

Từ thời điểm bắt đầu cho đến hiện nay, trong tất cả các giai đoạn của Lò phản ứng, kể cả thiết kế và xây dựng, kiểm tra và đưa vào vận hành sử dụng, bất cứ sự thay đổi nào của Lò phản ứng đều được các cơ quan có thẩm quyền cấp phép. Tuy nhiên, để đáp ứng tốt hơn yêu cầu của quốc gia cũng như của quốc tế về vấn đề an toàn và quy định của các cơ sở hạt nhân và bức xạ, vào năm 2002 Viện NCHN đã thực hiện các công việc để xin cấp phép cho LPUHNĐL và đã nhận được Giấy phép số 380/GP-BKHCN vào ngày 18/3/2004 với thời hạn 5 năm. Sau khi kết thúc thời hạn trên, LPUHNĐL cũng đã được tái cấp phép với thời hạn 5 năm (Giấy phép số 1846/GP-BKHCN, ngày 04/9/2009).

2.4.3. Sự làm đổ chất phóng xạ ra bên ngoài và các sự kiện khác có ảnh hưởng đến công việc tẩy xạ và tháo dỡ

2.4.3.1. Các sự kiện trong thời gian vận hành LPU:

Không có bất kỳ sự kiện nào dẫn đến việc phóng thích hoặc vẩy bắn các nhân phóng xạ ra bên ngoài cơ sở LPUHNĐL kể từ lúc đưa lò vào vận hành cho đến nay. Tuy nhiên, vào năm 2009, sự nhiễm bẩn Co-60 ở trong đất bên ngoài lối thoát hiểm của Nhà số 1 đã được phát hiện và ngay sau đó đã tiến hành công việc tẩy xạ. Nguyên nhân gây ra sự nhiễm bẩn này là do trong quá trình làm thí nghiệm dung dịch Co-60 đã bị làm đổ ra bên ngoài.

2.4.3.2. Các sửa đổi đối với Lò phản ứng và các hệ thống công nghệ:

Đối với nhiên liệu của Lò phản ứng:

- Năm 2007: Chuyển đổi, thay thế một phần nhiên liệu độ giàu cao 36% (HEU) bằng nhiên liệu độ giàu thấp 19,75% (LEU); Vùng hoạt pha trộn bao gồm 98 bó HEU và 6 bó LEU.
- Năm 2009: Vùng hoạt pha trộn bao gồm 92 bó HEU và 12 bó LEU.

Đối với Hệ điều khiển và bảo vệ và Hệ đo đạc và kiểm tra các thông số công nghệ của Lò phản ứng:

- Năm 1993: Nâng cấp Hệ điều khiển và bảo vệ và Hệ đo đạc và kiểm tra các thông số công nghệ của Lò phản ứng trong khuôn khổ dự án VIE/4/010 của IAEA mang tên “Nâng cấp hệ điều khiển Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt”. Các nội dung chính của dự án VIE/4/010 được liệt kê trong bản Báo cáo Phân tích an toàn SAR-2003 (Chương 1 “Giới thiệu và mô tả tổng quan Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt” và Chương 8 “Hệ điều khiển và bảo vệ Lò phản ứng”).
- Năm 2007: Nâng cấp và thay mới Hệ điều khiển do kinh phí của dự án VIE/4/014 của IAEA và dự án đối ứng trong nước. Các nội dung của dự án được trình bày chi tiết trong Chương 1 “Giới thiệu và mô tả tổng quan Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt” và Chương 8 “Hệ điều khiển và bảo vệ Lò phản ứng” của bản Báo cáo Phân tích an toàn SAR-2009.

Đối với Hệ kiểm soát liều:

- Năm 1993: Thiết kế lại và lắp đặt Hệ kiểm soát liều khu vực Nhà số 1 với số liệu hiển thị và lưu giữ trên máy tính cá nhân (PC) để thay thế các hệ máy cũ.
- Năm 2000 và 2004: thay thế các khối detector và các bản mạch điện tử của 12 kênh đo.
- Năm 2008: Lắp đặt mới một Hệ kiểm soát liều khu vực Nhà số 1.

Đối với Nguồn cấp điện khẩn cấp:

- Năm 1994: Thiết kế và lắp đặt thêm các bộ nguồn nuôi liên tục (UPS) để cấp điện (trong trường hợp mất điện lưới) cho Hệ điều khiển và bảo vệ Lò phản ứng, Hệ theo dõi các thông số công nghệ Lò phản ứng; Hệ kiểm soát liều bức xạ khu vực; hệ truyền thanh và một số đèn chiếu sáng sự cố.

Đối với gian nhà lò:

- Năm 1980: Gia cố mái nhà lò – Gian nhà lò có cấu trúc mái kép.
- Năm 1992: Bóc lớp bê-tông bổ sung cho mái lò trước đây và thay bằng lớp vật liệu chống thấm tổng hợp composite.
- Năm 2000: Bóc cả lớp composite và lớp hồ vữa xi-măng, để lại mái bê-tông cốt thép nguyên thủy, sau đó dùng loại keo chống thấm RADCON#7 phun lên mái bê-tông.
- Năm 2011: Tăng cường các dầm đỡ ray và cải tạo cầu trục quay nhà lò có tải trọng 3,6 tấn lên thành 5,0 tấn.

Đối với Hệ làm mát vòng II:

- Năm 1993: Thay giàn gỗ tản nhiệt của tháp làm mát (công trình số 7).
- Năm 2004: Thay giàn gỗ tản nhiệt của tháp làm mát và gia cố khung sắt đỡ các quạt làm mát.

Đối với ống thải khí Lò phản ứng:

- Năm 1993: Lắp thêm các dây cáp để tăng cường việc chống đỡ ống thải khí.
- Năm 2006: Gia cố phần chân đế của ống thải khí.

Đối với Hệ thống an ninh:

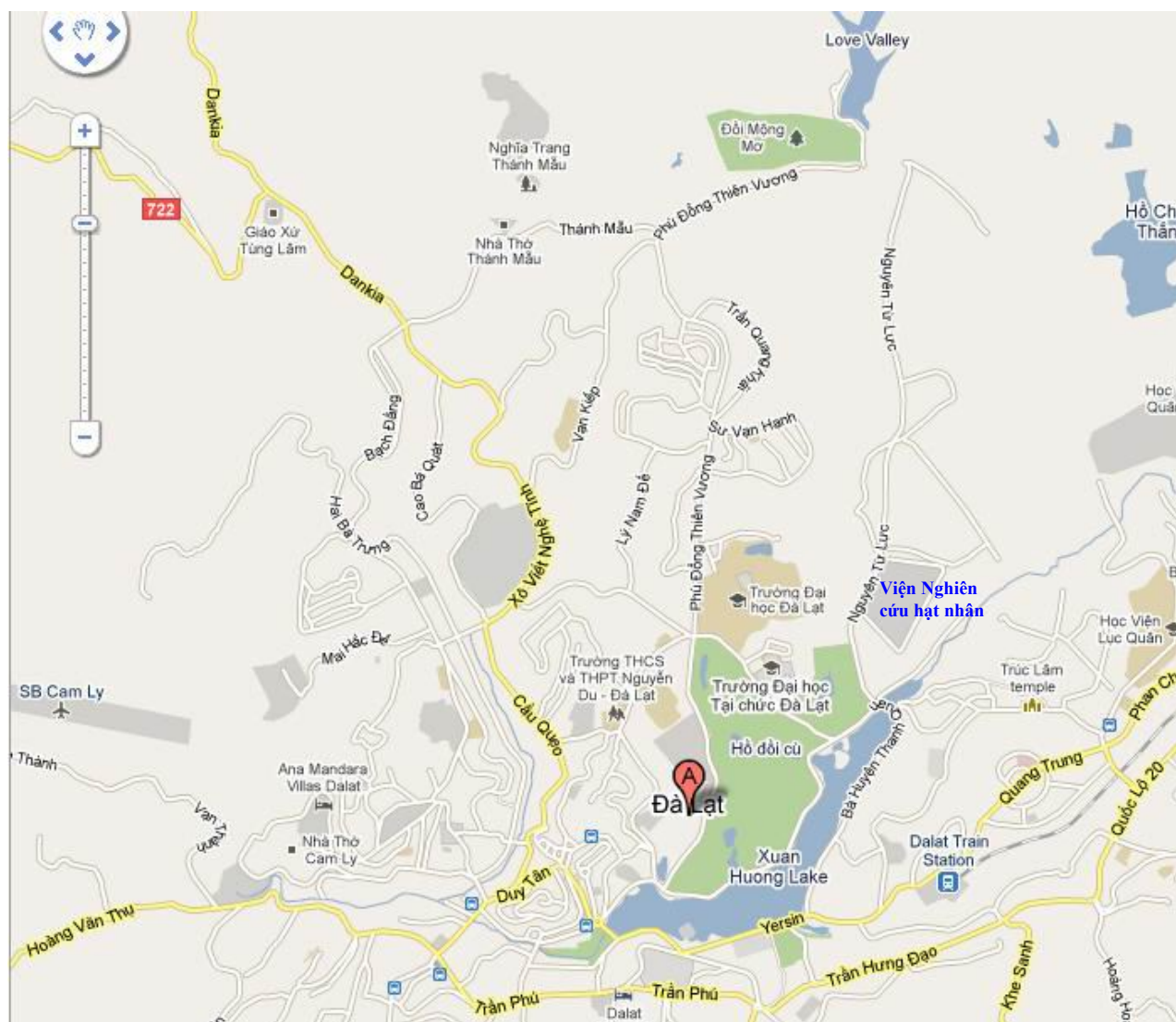
- Năm 2008 - 2011: Nâng cấp hệ thống an ninh cho khuôn viên Lò phản ứng do US DOE tài trợ (xem chi tiết thêm ở các Chương 1 “Giới thiệu và mô tả tổng quan Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt” của bản Báo cáo Phân tích an toàn SAR-2009).

2.4.4. Các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ trước đó

Không có.

2.4.5. Việc chôn chất thải tại chỗ trước đây

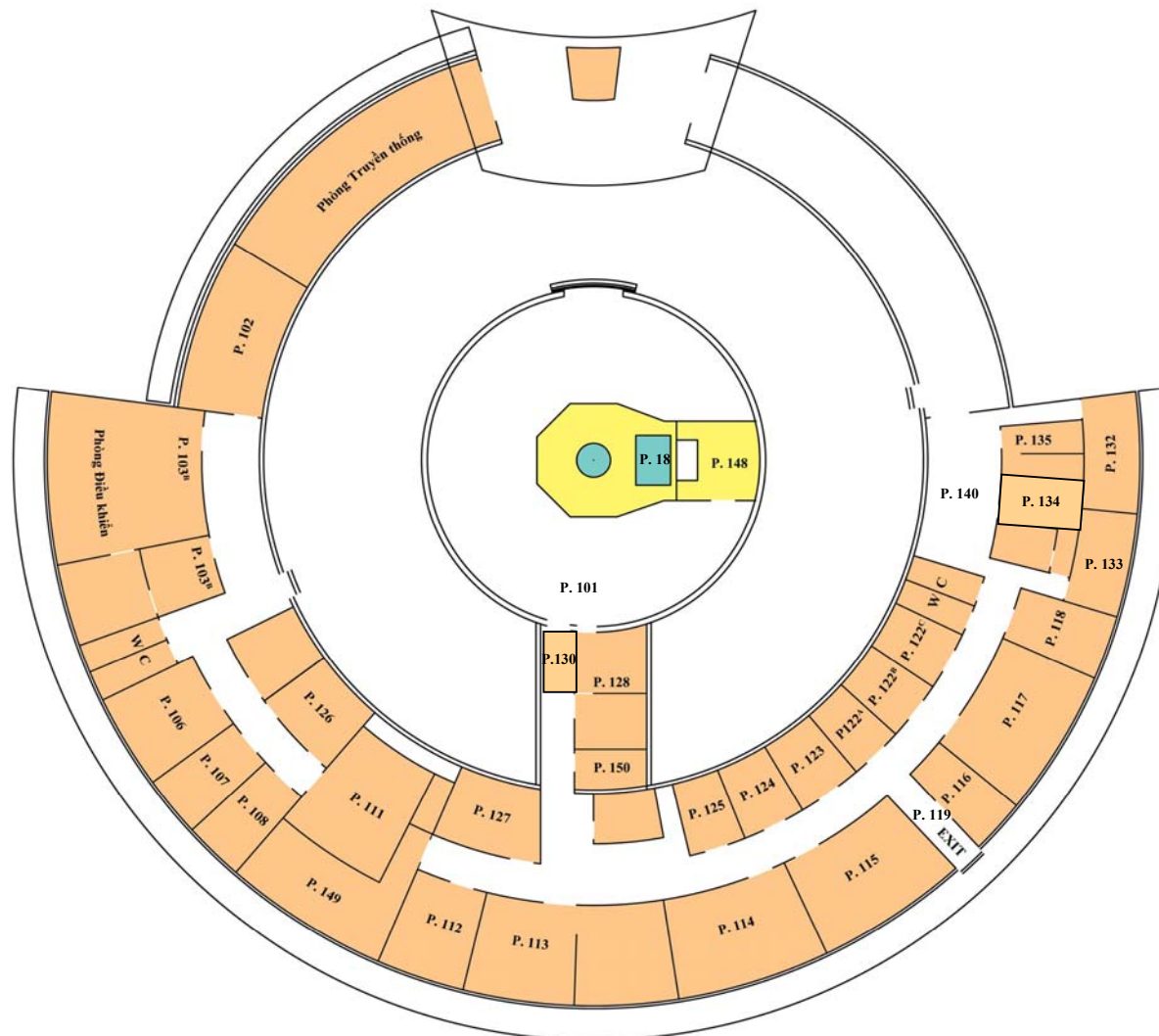
Không có.



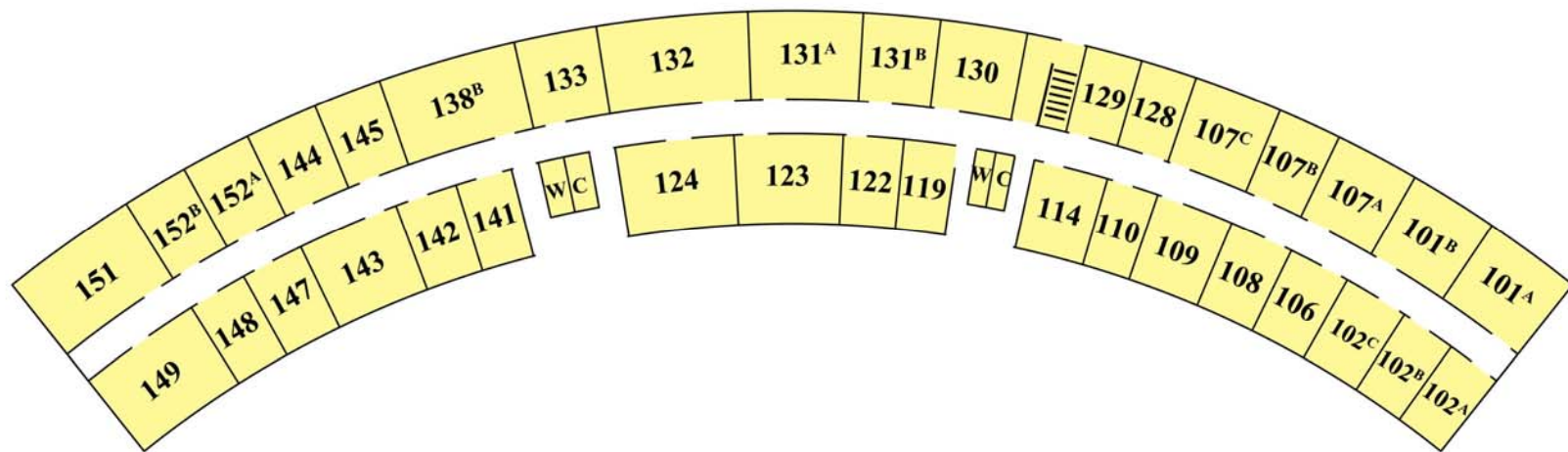
Hình 2.1. Bản đồ địa hình thành phố Đà Lạt



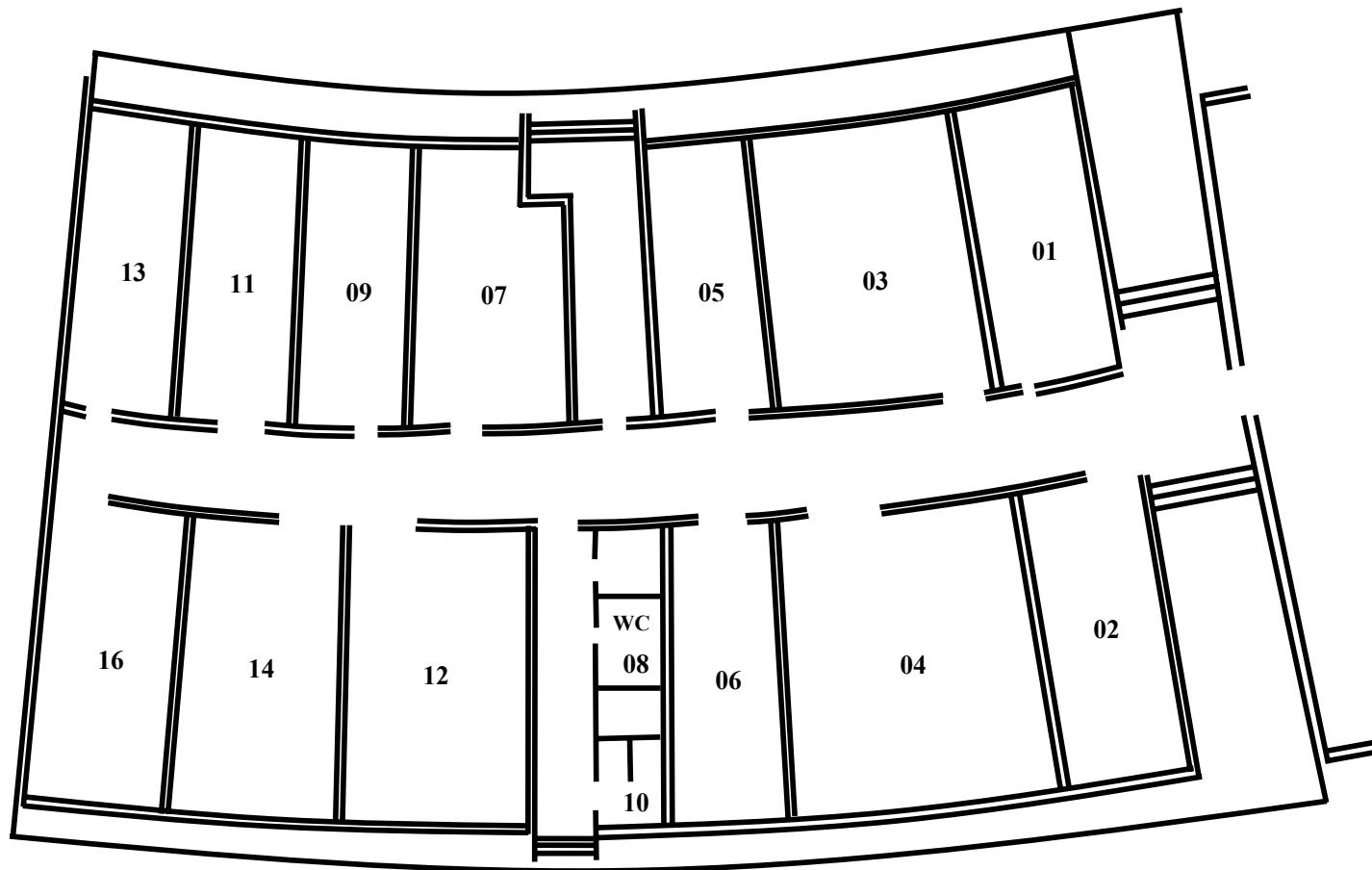
Hình 2.2. Bản đồ khuôn viên Viện Nghiên cứu hạt nhân



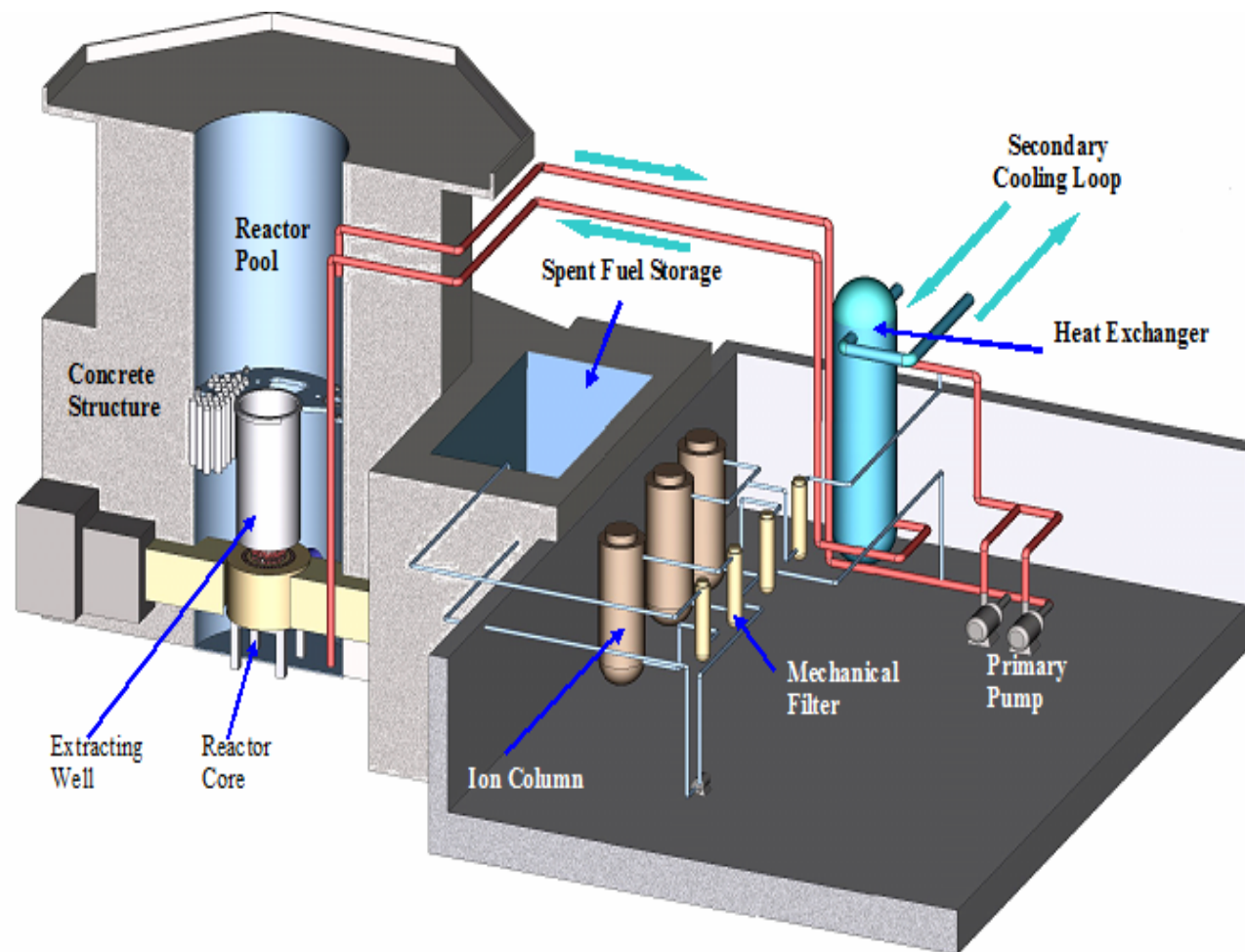
Hình 2.3. Sơ đồ bố trí các phòng trong khu vực toà nhà lò



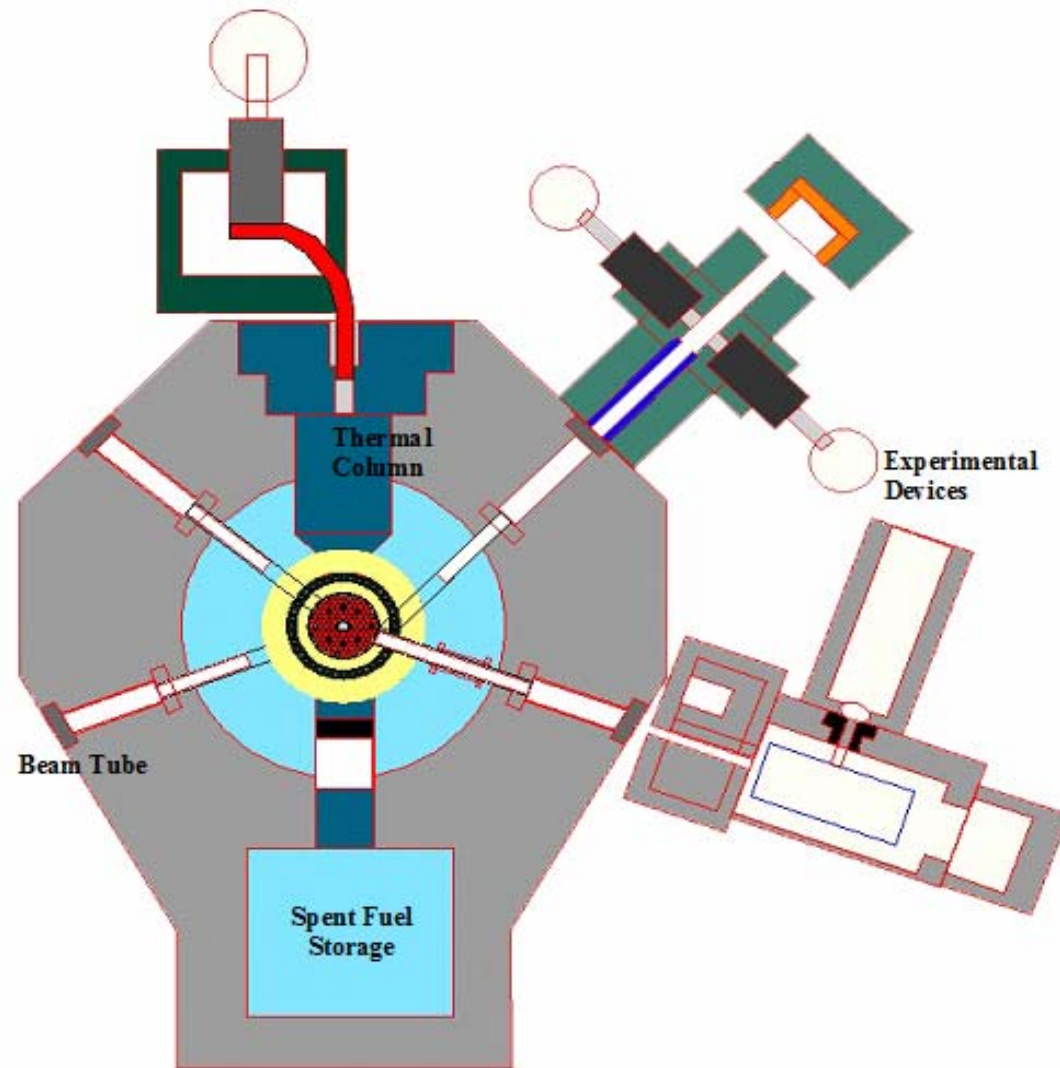
Hình 2.4. Sơ đồ bố trí các phòng trong khu vực Nhà số 2



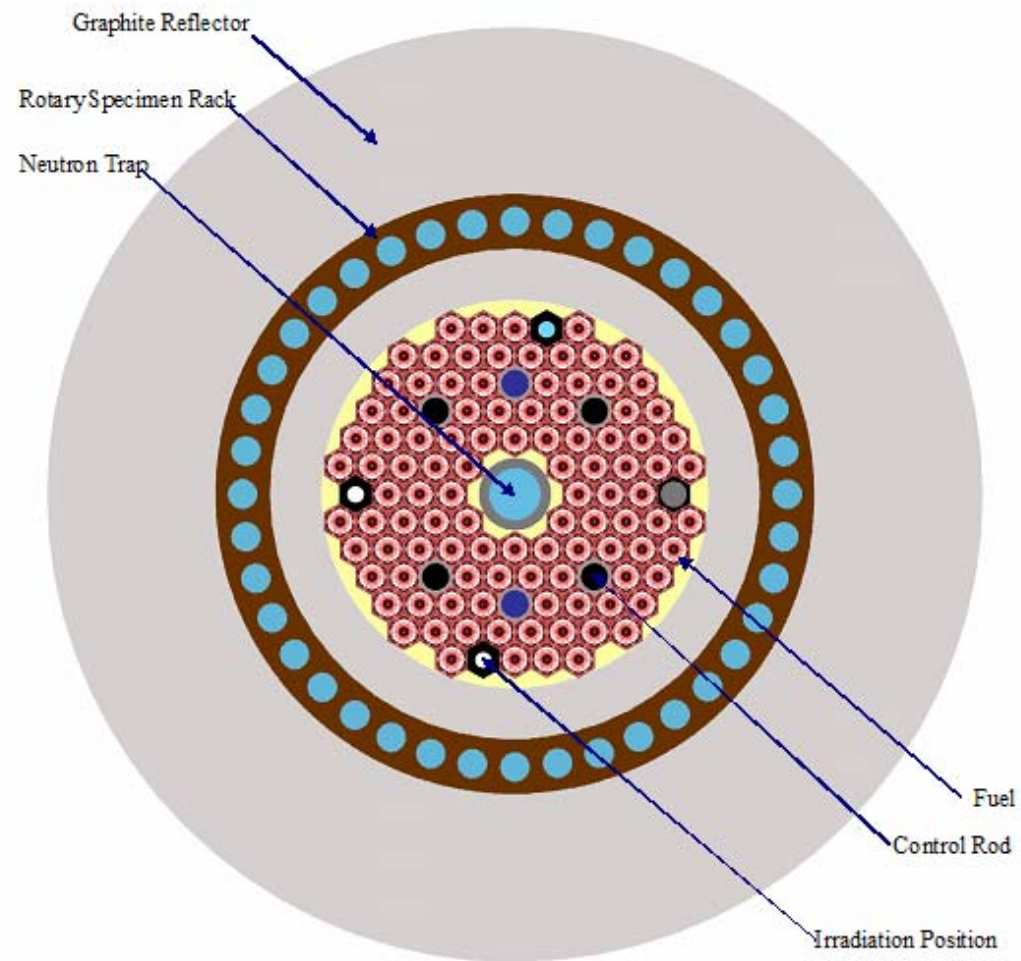
Hình 2.5. Sơ đồ bố trí các phòng trong khu vực Nhà số 2A



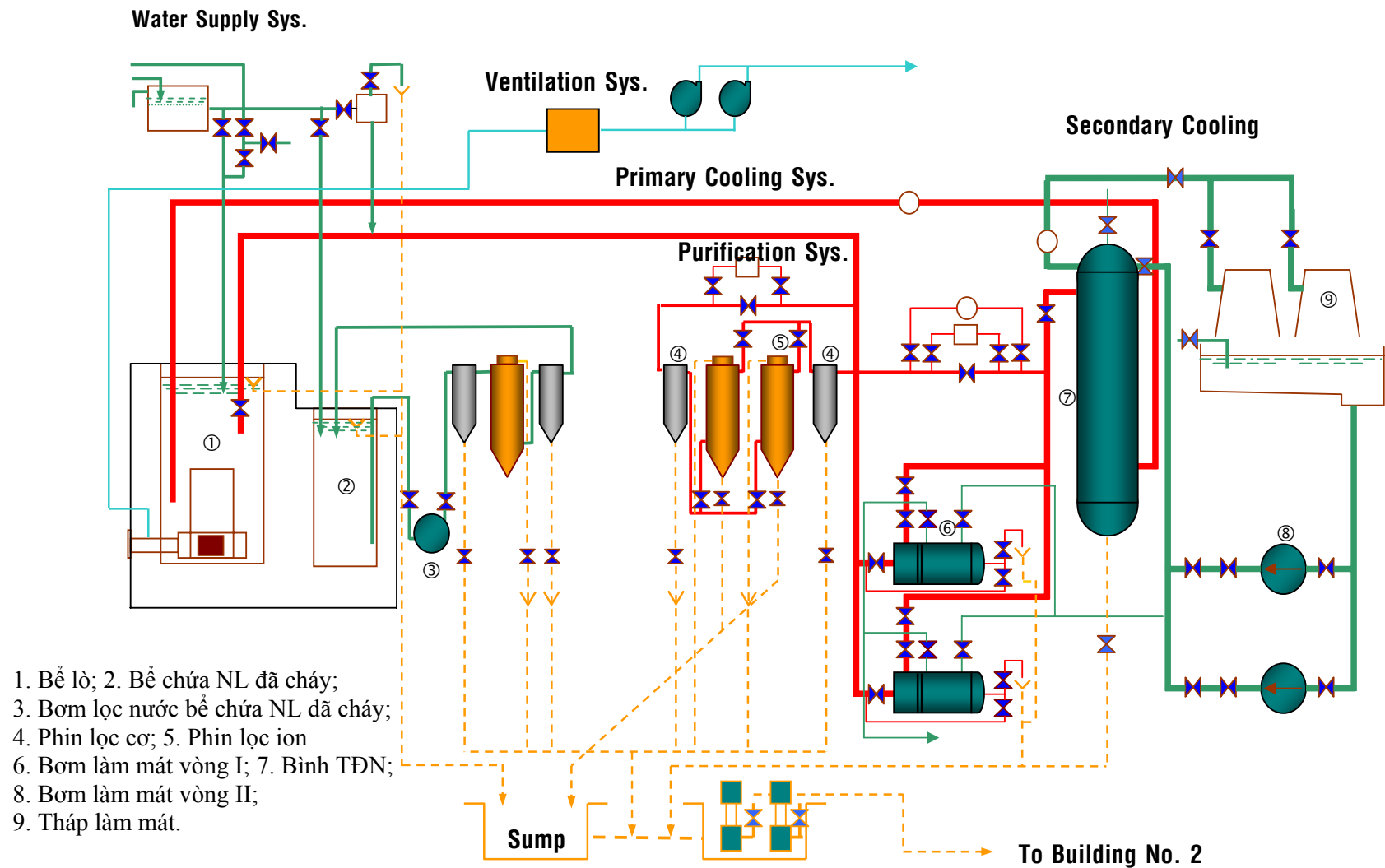
Hình 2.6. Mặt cắt đứng của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt



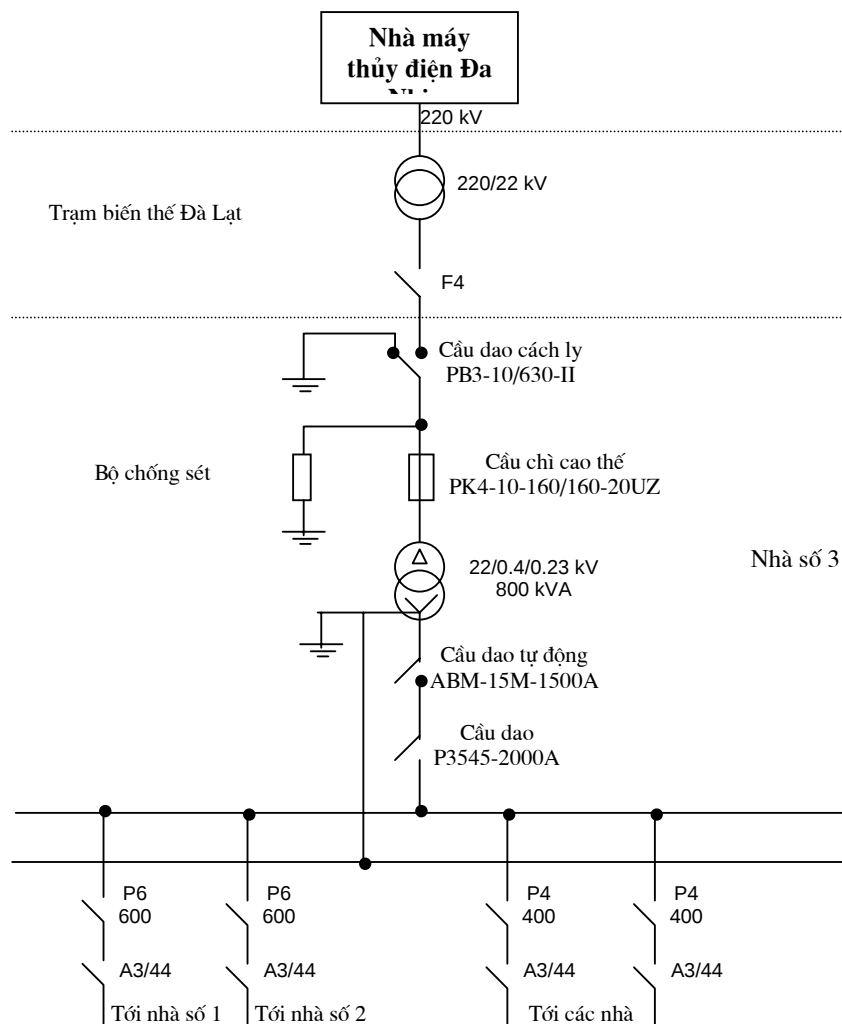
Hình 2.7. Mặt cắt ngang của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt



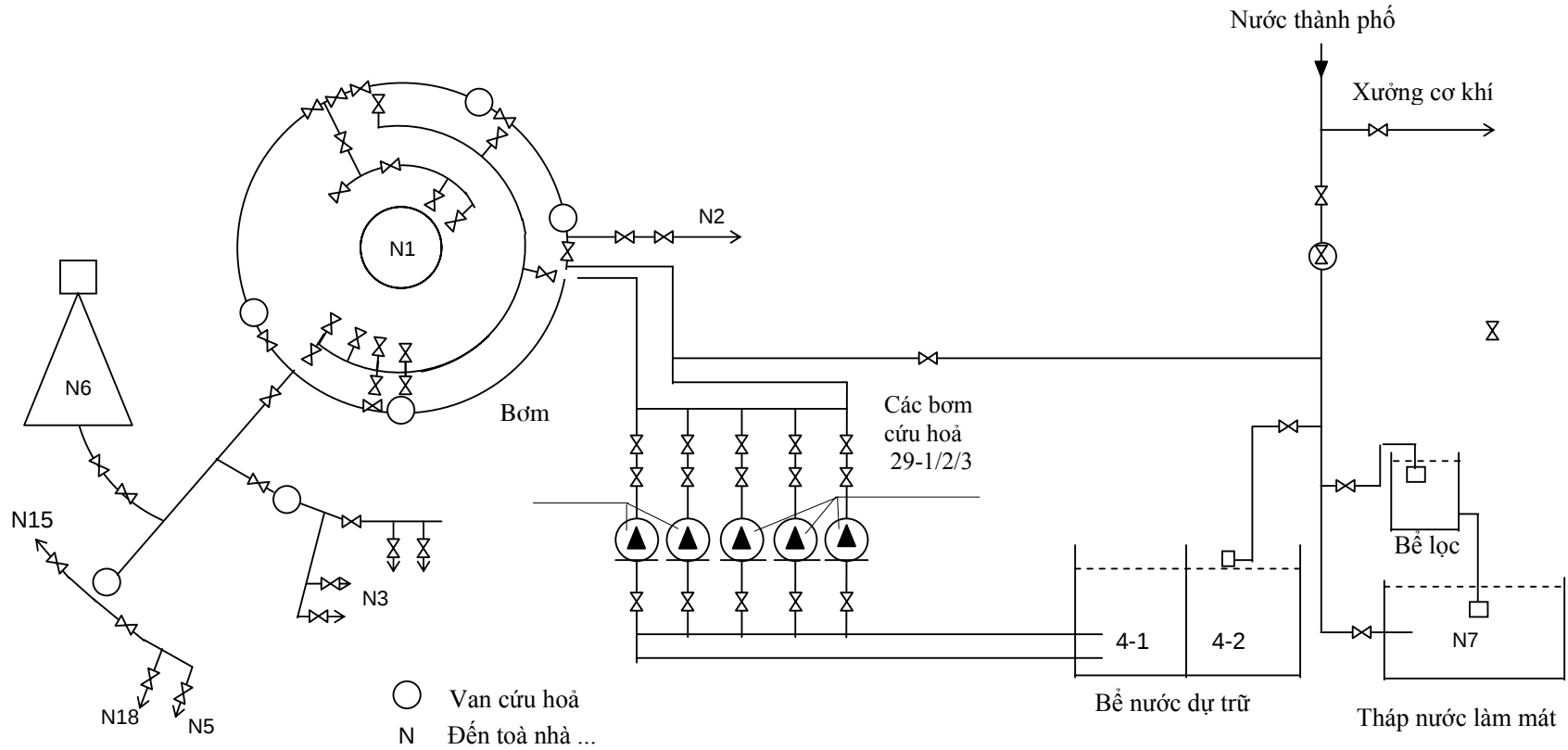
Hình 2.8. Cấu hình vùng hoạt LPUHNDL với 104 BNL



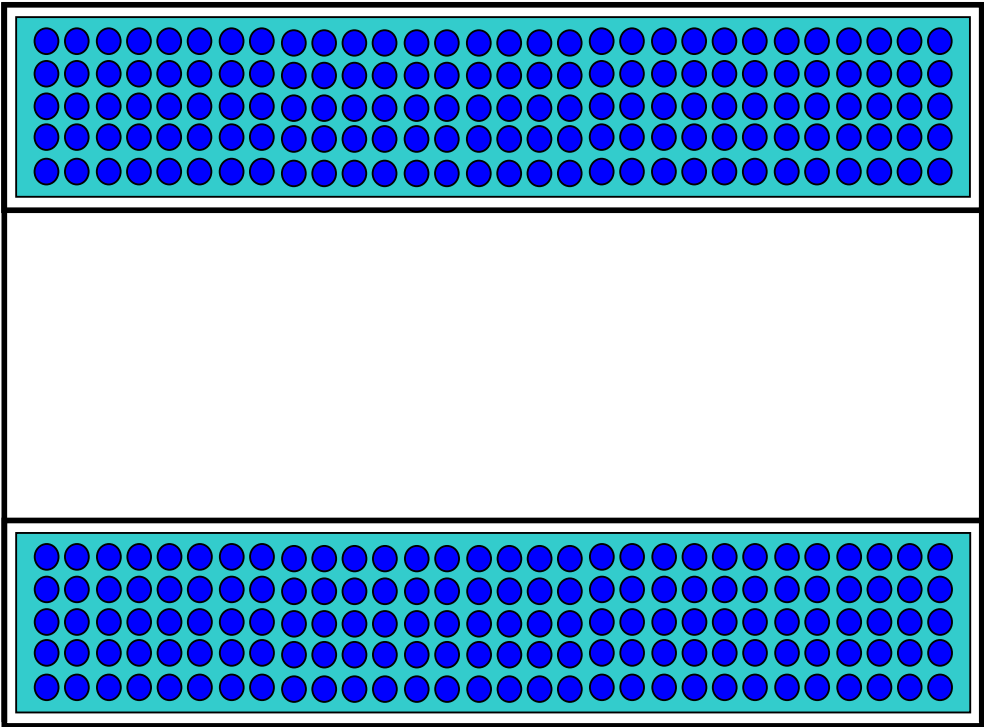
Hình 2.9. Hệ thống công nghệ LPUHNDL



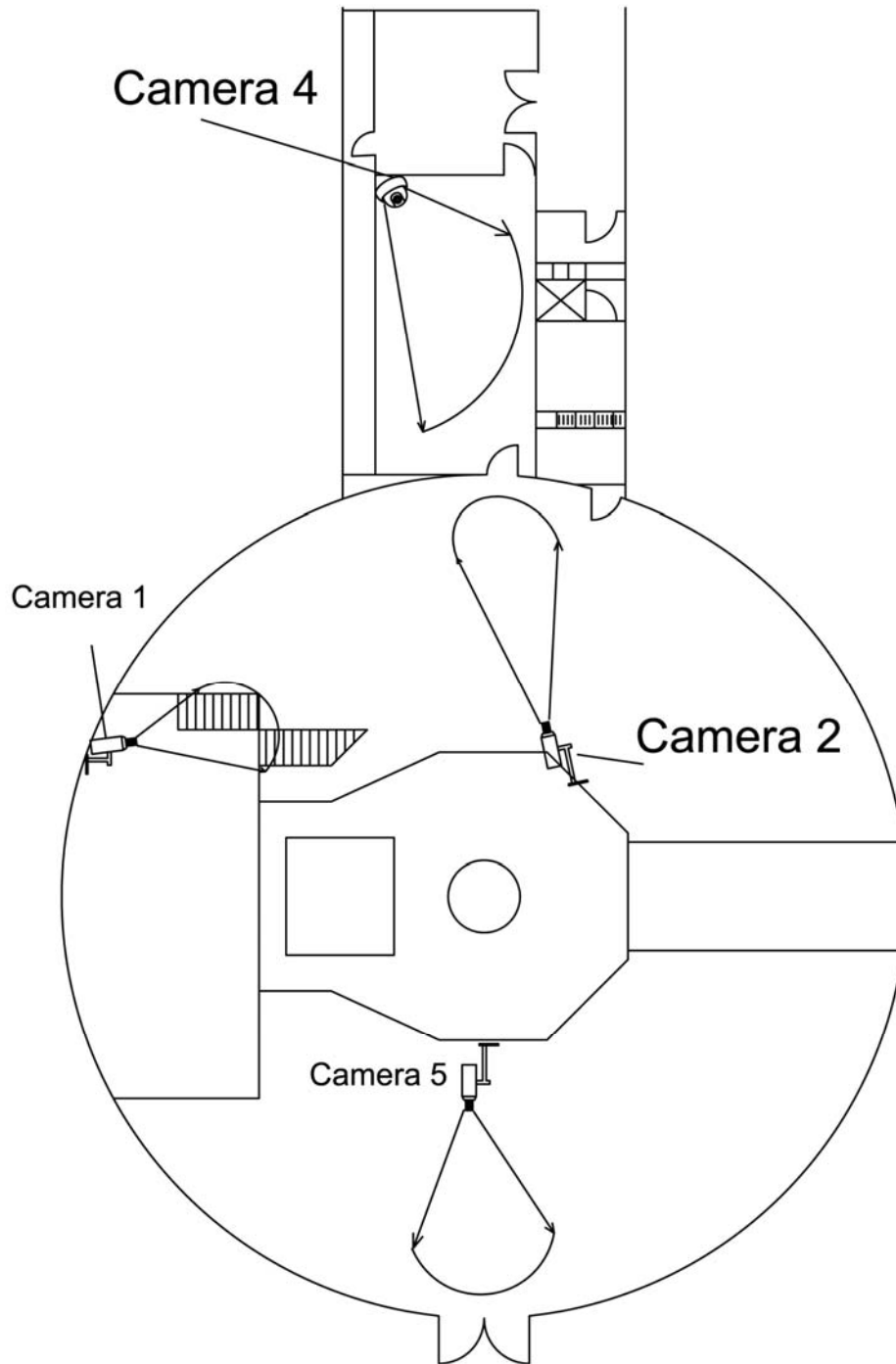
Hình 2.10. Các đường chuyển tải điện



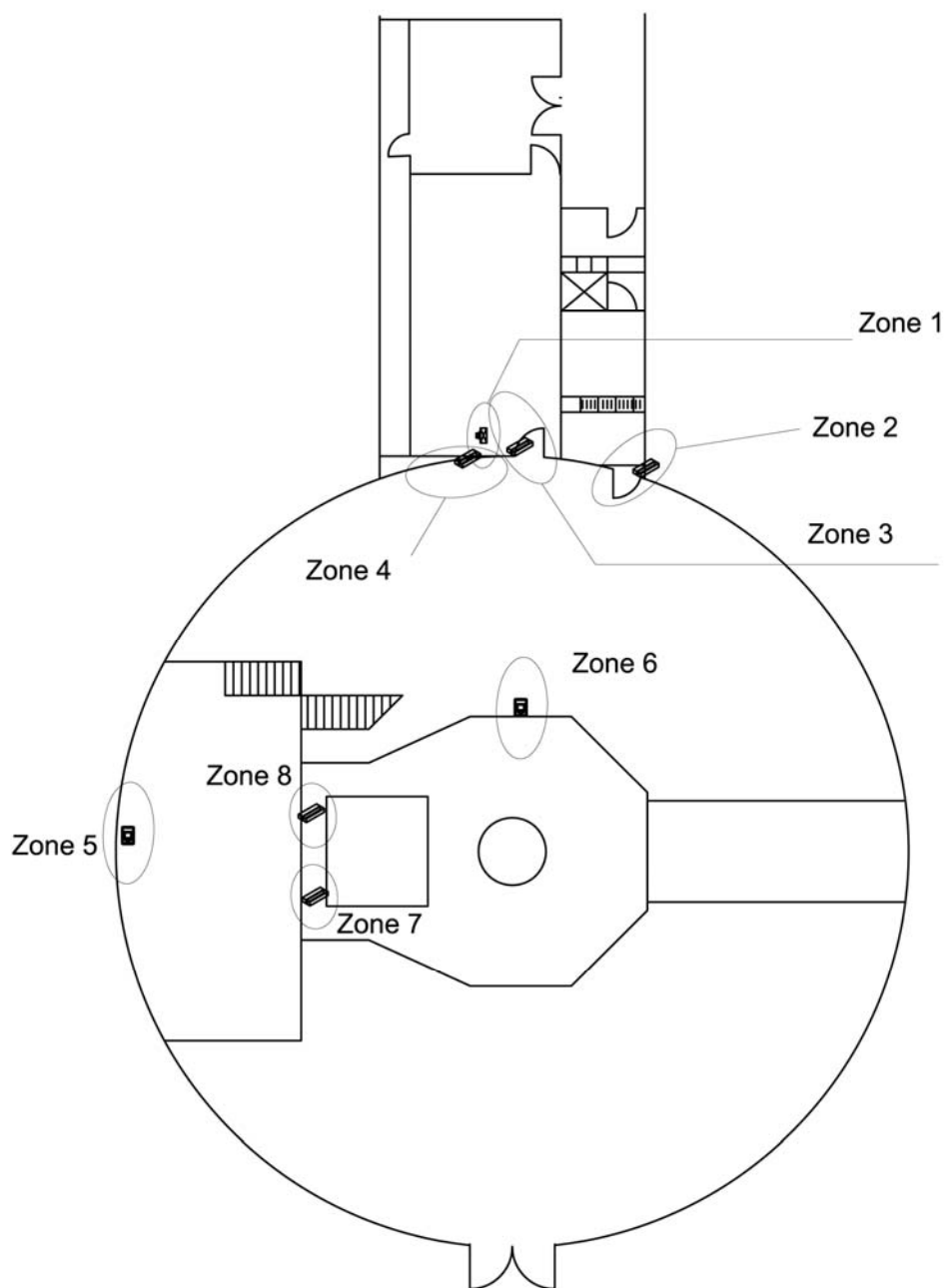
Hình 2.11. Sơ đồ hệ thống cấp nước cho khu vực Lò phản ứng



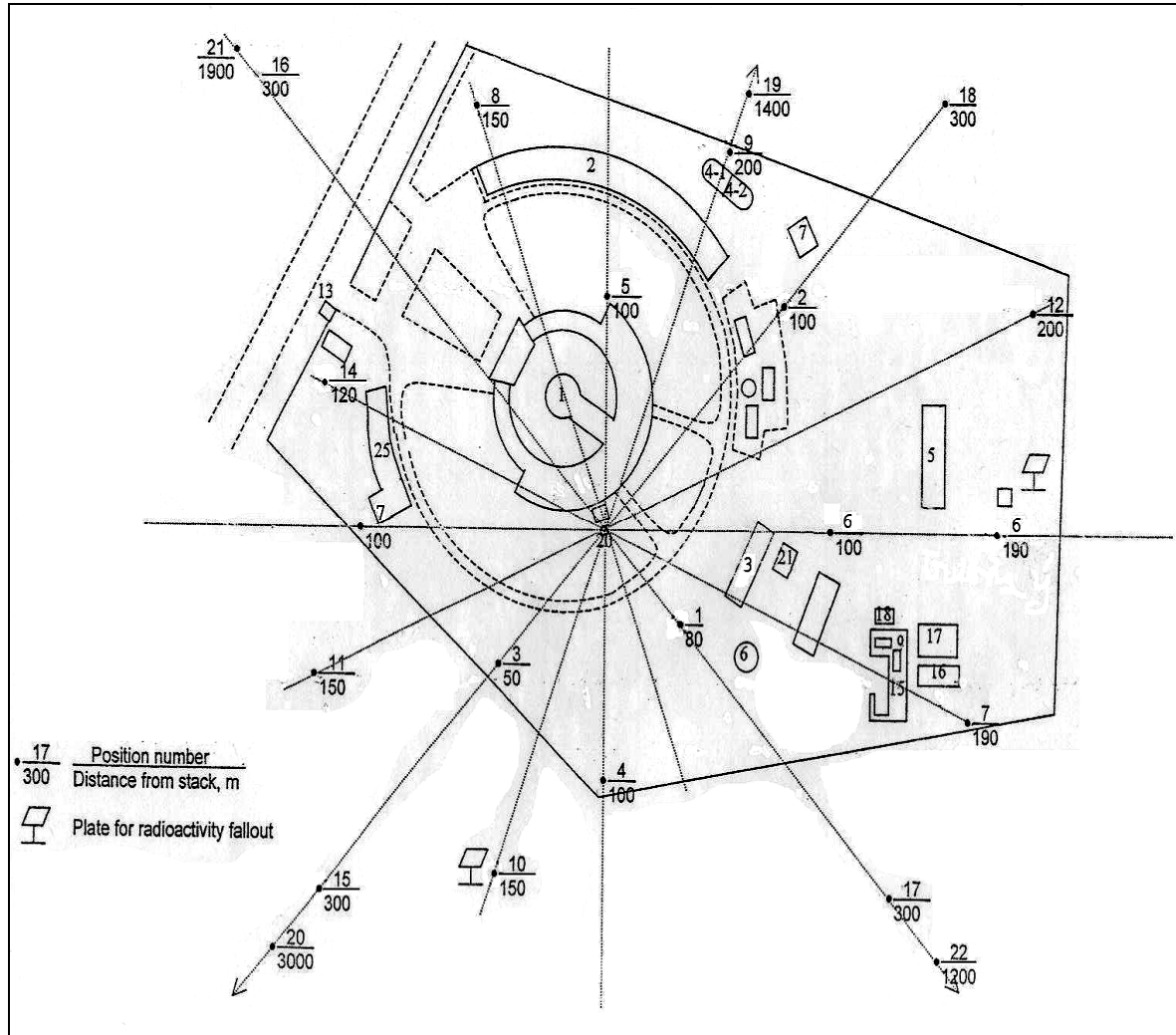
Hình 2.12. Sơ đồ bể chứa thanh nhiên liệu đã cháy



Hình 2.13. Vị trí lắp đặt các camera trong toà nhà lò



Hình 2.14. Vị trí lắp đặt các đầu dò (sensor) trong toà nhà lò



Ghi chú: • 17/300 Vị trí quan trắc
Khoảng cách từ ống thải, m

Hình 2.15. Các vị trí quan trắc trong vùng bán kính 3 km tính từ ống thải LPU

3. CHIẾN LƯỢC TẮT XẠ VÀ THÁO DỠ

Theo đề án của Viện Nghiên cứu hạt nhân trình Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam và Bộ Khoa học Công nghệ, dự kiến đến năm 2029 LPU'HNĐL sẽ chấm dứt vận hành và sau đó sẽ tiến hành công việc tắt xạ và tháo dỡ. Mục đích của việc tắt xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL sau khi kết thúc hoạt động là nhằm để giải phóng khỏi sự giám sát của pháp qui đối với khu vực gian nhà lò, các phòng công nghệ và phòng thí nghiệm ở Nhà số 1, Nhà số 2, Nhà số 2A và sẽ sử dụng lại những vị trí này không bị hạn chế.

3.1. VIỆC LỰA CHỌN CÁC CHIẾN LƯỢC

Việc lựa chọn một chiến lược tắt xạ và tháo dỡ cụ thể cho LPU'HNĐL sẽ định ra các mốc thời gian và chuỗi liên tiếp các hoạt động tắt xạ và tháo dỡ. Các chiến lược tắt xạ và tháo dỡ có thể là từ việc tháo dỡ tức thời và di chuyển tất cả vật liệu phóng xạ khỏi vị trí LPU' (cho phép sự giải phóng không hạn chế) cho đến việc lựa chọn chôn cất tại chỗ bao gồm việc chôn kín LPU' và hạn chế việc đi vào sau này. Để lựa chọn một chiến lược tắt xạ và tháo dỡ thích hợp, các yếu tố cần được xem xét bao gồm các vấn đề như: chi phí, sức khỏe, an toàn và tác động lên môi trường, khả năng của nguồn lực, mối liên quan với các tổ chức cùng tham gia, v.v.. Trong một vài trường hợp việc thiếu một nguồn lực chủ chốt cũng có thể dẫn đến việc loại bỏ một vài chiến lược tắt xạ và tháo dỡ.

Ba chiến lược tắt xạ và tháo dỡ, được định nghĩa bởi Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế, bao gồm: *tháo dỡ tức thời*, *tháo dỡ trì hoãn* và *chôn cất*.

Tháo dỡ tức thời được bắt đầu ở một thời gian ngắn sau khi lò phản ứng ngừng hoạt động, nếu cần thiết thì sẽ được tiến hành sau một thời gian chuyển tiếp ngắn để chuẩn bị cho việc thực hiện chiến lược tắt xạ và tháo dỡ. Tắt xạ và tháo dỡ thường được bắt đầu sau thời gian chuyển tiếp và tiếp tục ở các giai đoạn tiếp theo cho đến khi đạt được một trạng thái cuối cùng được phê chuẩn, bao gồm việc hoàn tất giải phóng cơ sở hoặc địa điểm khỏi sự kiểm soát của cơ quan pháp qui.

Như một chiến lược thay thế, việc tháo dỡ có thể trì hoãn với thời gian lên đến vài thập kỷ. **Tháo dỡ trì hoãn** là một chiến lược mà một cơ sở hoặc địa điểm được đặt trong điều kiện an toàn trong một khoảng thời gian nhất định, sau đó được tắt xạ và tháo dỡ. Trong thời gian tháo dỡ trì hoãn, một chương trình giám sát và bảo dưỡng sẽ được thực hiện để đảm bảo mức độ yêu cầu về an toàn luôn được duy trì. Trong giai đoạn LPU' dừng hoạt động và chuyển tiếp, những hành động cụ thể đối với cơ sở là cần thiết để giảm bớt và cách ly các nguồn phóng xạ (như sự di dời nhiên liệu đã cháy, điều kiện hóa thải phóng xạ còn lại từ giai đoạn vận hành, v.v..) để chuẩn bị cho cơ sở chuyển vào thời kỳ tháo dỡ trì hoãn.

Chôn cất là một chiến lược trong đó vật liệu phóng xạ còn lại ngay lập tức được chôn kín lâu dài tại địa điểm. Một chỗ cất giữ thải phóng xạ mức thấp và trung bình được thiết lập và các yêu cầu, kiểm soát cho việc thiết lập, hoạt động và sự đóng kín của kho chứa thải có thể được áp dụng.

Đặc điểm của việc tháo dỡ tức thời là sẽ sớm sử dụng trở lại địa điểm của LPU' cho mục đích khác và công việc tắt xạ và tháo dỡ có thể được thực hiện bởi nhân lực có hiểu biết sâu về cơ sở. Việc này cũng có thể bao gồm giá thành tổng thể thấp hơn mặc dù yêu cầu cần có sự cam kết cung cấp một lượng lớn kinh phí ban đầu. Một phần của chi phí ban đầu này có thể xuất phát từ việc sử dụng che chắn bức xạ dày hơn hay sử dụng nhiều thiết bị thao tác từ

xa để tránh liều cao cho nhân viên do việc lựa chọn chiến lược này không tận dụng được lợi ích của hiệu ứng phân rã phóng xạ. Ngoài ra, cũng có thể có yêu cầu cần có nơi chứa thải lớn để chứa thải.

Ngược lại với việc tháo dỡ tức thời, đặc điểm của tháo dỡ trì hoãn bao gồm việc giảm đáng kể hoạt độ phóng xạ và do vậy sẽ giảm sự chiếu xạ đối với nhân viên và dân chúng và cũng giảm đáng kể thể tích chôn thải. Tuy nhiên, việc tháo dỡ trì hoãn sẽ dẫn đến việc các vị trí và các toà nhà quanh LPU sẽ không sẵn sàng cho việc sử dụng lại trong một thời gian dài. Thêm vào đó, công việc bảo dưỡng thiết bị, đảm bảo an ninh và giám sát cần được tiếp tục thực hiện cho tới khi các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ hoàn thành và do vậy lựa chọn này cần có chi phí liên tục hằng năm cho công việc vận hành và quản lý. Với những lý do trên và dựa theo kinh nghiệm của thế giới, giá thành tổng cộng cho việc tháo dỡ và tẩy xạ theo lựa chọn này trong thực tế sẽ là bằng hoặc cao hơn so với lựa chọn tháo dỡ tức thời. Hơn nữa, khi thời gian kéo dài, sự sẵn có của các nhân viên hiểu biết sâu và có kinh nghiệm về LPU sẽ giảm đi đáng kể và do vậy việc tháo dỡ trì hoãn cũng sẽ kèm theo khả năng thiếu đội ngũ nhân viên được huấn luyện.

Chôn cất tại chỗ sẽ bao gồm việc di chuyển các bó nhiên liệu ra khỏi vùng hoạt của LPU, tháo hết nước bể lò và vật liệu phóng xạ còn lại ngay lập tức được chôn kín lâu dài tại địa điểm bằng việc dùng xi măng để cố định chúng. Đây là một lựa chọn rẻ nhất cho việc tháo dỡ, yêu cầu không nhiều về thời gian và nhân lực. Tuy nhiên vì trạng thái cuối cùng của LPU theo sự lựa chọn này sẽ là các khối cấu trúc có phóng xạ và do vậy cần có sự kiểm soát lâu dài đối với vị trí, tức là việc sử dụng lại vị trí sẽ bị hạn chế.

3.2. CÁC LÝ DO CHO VIỆC LỰA CHỌN MỘT CHIẾN LƯỢC CỤ THỂ

Khi lựa chọn một chiến lược tẩy xạ và tháo dỡ thích hợp cho một cơ sở cụ thể, cần phải xem xét một loạt các yếu tố chung và riêng biệt cho từng cơ sở. Những yếu tố này bao gồm các vấn đề về chi phí, sức khỏe, an toàn và tác động lên môi trường, khả năng của nguồn lực, mối liên quan với các tổ chức cùng tham gia, v.v..

Những yếu tố chung ảnh hưởng đến việc lựa chọn chiến lược tẩy xạ và tháo dỡ cho LPUHNĐL sẽ bao gồm:

- Chính sách quốc gia và khung pháp quy;
- Nguồn tài chính/ chi phí thực hiện một chiến lược;
- Hệ thống quản lý thải phóng xạ và nhiên liệu đã cháy;
- Những tác động đến sức khỏe, an toàn và môi trường;
- Kiến thức và nguồn nhân lực;
- Những tác động xã hội và quan hệ với các tổ chức cùng tham gia; và
- Công nghệ và kỹ thuật thích hợp.

Thêm vào đó, khi lựa chọn chiến lược tẩy xạ và tháo dỡ cho LPUHNĐL, một số đặc điểm dưới đây cần được đưa vào xem xét:

- LPU được đặt ở gần trung tâm thành phố và việc mở rộng khu dân cư quanh khu vực LPU hiện đang gia tăng, điều này sẽ tạo ra nhu cầu cao về việc sử dụng lại vị trí và sẽ có sự khó khăn nhất định trong việc vận chuyển nhiên liệu cháy, chất thải phóng xạ và thiết bị nhiễm bẩn.
- Sự kích hoạt các cấu trúc và thành phần đặt trong vùng hoạt là không đáng kể do

- mật độ thông lượng neutron của LPU không cao.
- Hầu hết các công trình xây dựng không bị nhiễm bắn phóng xạ; chỉ một số phòng thiết bị công nghệ của LPU, phòng sản xuất đồng vị phóng xạ và phòng thí nghiệm phân tích kích hoạt có nhiễm bắn phóng xạ bề mặt.
- Viện NCHN có sẵn cơ sở quản lý/xử lý chất thải phóng xạ và thải phóng xạ sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ không nhiều;
- Đội ngũ nhân viên vận hành LPUHNĐL của Viện NCHN có nhiều kinh nghiệm và hiểu biết sâu về LPU;
- Có nguồn bức xạ khác (nguồn Co-60) đang vận hành ở Viện NCHN.

Như đã phân tích ở mục 3.1, vì phương án chôn cất tại chỗ có nhược điểm là việc sử dụng lại vị trí sẽ bị hạn chế (hay để trở thành vị trí không bị hạn chế thì sẽ mất thời gian rất dài) và do vậy lựa chọn này không phù hợp với mục đích đặt ra ban đầu là sử dụng lại vị trí của LPUHNĐL không bị hạn chế sau khi tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ. Ngoài ra, lựa chọn này cũng không phù hợp với kinh nghiệm thế giới mà thường yêu cầu một sự giải phóng vị trí không bị hạn chế sau khi kết thúc công việc tẩy xạ và tháo dỡ. Trong hai phương án còn lại (tức là tháo dỡ tức thời và tháo dỡ trì hoãn), các công việc chung cần phải làm trước khi tiến hành công việc tháo dỡ bao gồm:

- Chấm dứt vận hành lò và tháo dỡ hệ điều khiển để ngăn ngừa việc khởi động lại;
- Di chuyển nhiên liệu đã cháy;
- Tháo hết nước làm nguội vòng 1;
- Tiến hành công việc tẩy xạ;
- Hoàn tất việc di chuyển và xử lý thải phóng xạ sinh ra trong quá trình vận hành LPU.

Việc chọn phương án tháo dỡ trì hoãn cho LPUHNĐL có thể nhận được một vài sự thuận lợi do nhờ vào sự phân rã tự nhiên của chất phóng xạ và vì vậy sẽ làm giảm liều chiếu xạ cho nhân viên. Tuy nhiên so với việc tháo dỡ tức thời, việc tháo dỡ trì hoãn có một số bất lợi như sau:

- Mất kinh nghiệm của nhân viên vận hành sau một thời dài trì hoãn việc tháo dỡ;
- Cần phải duy trì hệ thống quản lý tài liệu thích hợp cho mục đích tẩy xạ và tháo dỡ sau này;
- Thêm chi phí việc vận hành và bảo dưỡng các hệ thống và thiết bị cần thiết trong suốt thời gian lưu giữ lâu dài;
- Nguy hiểm tiềm tàng của việc giải phóng phóng xạ vào môi trường vẫn còn do sự cố hay hư hỏng các hàng rào bảo vệ;
- Lựa chọn có thể không nhận được sự đồng thuận đối với các tổ chức cùng tham gia công việc tẩy xạ và tháo dỡ.

Trong trường hợp phương án tháo dỡ tức thời được lựa chọn cho LPUHNĐL, sự hiểu biết và kinh nghiệm của nhân viên vận hành về tình trạng và lịch sử của cơ sở hạt nhân sẽ được sử dụng một cách hiệu quả. Điều này là rất quan trọng cho việc lập kế hoạch và thực hiện thành công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL. Ngoài ra đây là một lựa chọn có thể dễ chấp nhận cho tất cả các tổ chức cùng tham gia công việc tẩy xạ và tháo dỡ.

So sánh với các lập luận vừa được trình bày và kết hợp với một số đặc điểm cụ thể của LPUHNĐL như đã được đề cập ở trên, phương án tháo dỡ tức thời là một lựa chọn tối ưu cho việc tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sau khi kết thúc vận hành.

Khi lựa chọn phương án tháo dỡ tức thời LPUHNDL, các yếu tố ràng buộc dưới đây có ảnh hưởng đến việc thực hiện tháo dỡ và tẩy xạ LPU cần được xem xét, đánh giá đầy đủ để có những hành động thích hợp:

Chính sách quốc gia và khung pháp quy:

Hiện tại khung pháp quy cho hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU đã được chỉ rõ trong bộ Luật Năng lượng nguyên tử nhưng các qui định cụ thể về tiêu chuẩn để giải phóng vật liệu, cấu trúc và địa điểm nhằm cho phép tái sử dụng vị trí cho các mục đích hạt nhân hay phi hạt nhân vẫn còn đang thiếu. Nếu như việc thiếu các qui định này xảy ra trong thời gian thực hiện công việc tẩy xạ và tháo dỡ thì việc tháo dỡ tức thời sẽ đối mặt với sự chậm trễ đáng kể do đòi hỏi phải có bộ khung thiết lập các quy định cho toàn bộ các giai đoạn của quá trình tháo dỡ và tẩy xạ LPU. Tuy nhiên, hiện nay Chính phủ đang có các chương trình thúc đẩy mạnh việc ứng dụng năng lượng nguyên tử vào mục đích hoà bình, đặc biệt là việc xây dựng các nhà máy điện hạt nhân sắp tới, cho nên những hạn chế hiện nay về các tiêu chuẩn cụ thể cho việc thu dọn vật liệu phóng xạ và giải phóng vị trí hy vọng sẽ được sớm khắc phục. Ngoài ra, LPUHNDL dự kiến sẽ hoạt động cho đến năm 2029 cho nên từ nay đến lúc đó vẫn còn nhiều thời gian để chuẩn bị cho việc hoàn thiện khung pháp quy và qui định liên quan đến việc tẩy xạ và tháo dỡ các LPU.

Nguồn tài chính:

Chiến lược tháo dỡ tức thời đòi hỏi một nguồn kinh phí lớn trong một thời gian ngắn và do đó chiến lược này dễ bị tác động xấu bởi nguồn vốn không đủ. Tuy nhiên, LPUHNDL là một cơ sở hạt nhân của Nhà nước, nguồn kinh phí cho hoạt động vận hành và bảo dưỡng LPU hiện nay cũng như cho công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPU sau khi ngừng hoạt động sẽ nhận được từ kinh phí hàng năm của Bộ Khoa học và Công nghệ. Việc thiếu kinh phí để thực hiện hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ cho LPUHNDL chỉ có thể xảy ra nếu như việc này không bị ràng buộc bởi một khung quy định về luật. Tuy nhiên theo qui định ở điều 7 và điều 30, mục 3 của Luật Năng lượng nguyên tử Việt Nam, Chính phủ sẽ có trách nhiệm cấp kinh phí để thực hiện công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNDL sau khi kết thúc hoạt động và do vậy khả năng thiếu vốn trong quá trình thực hiện dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNDL là khó có thể xảy ra.

Hệ thống quản lý thải phóng xạ và nhiên liệu đã cháy:

Trường hợp lý tưởng nhất là hệ thống quản lý thải phóng xạ và quản lý nhiên liệu đã cháy, bao gồm nơi cất giữ cuối cùng cho tất cả các loại thải, sẵn sàng tại thời điểm tẩy xạ và tháo dỡ. Có thể nói rằng khi không có một hệ thống quản lý tại chỗ các thải sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ thì việc tháo dỡ tức thời sẽ không thể thực hiện được trừ khi có được một nơi cất giữ thải.

Nhằm quản lý an toàn chất thải phóng xạ sinh ra tại cơ sở của Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, một hệ công nghệ tổ hợp để quản lý chất thải phóng xạ mức độ thấp và trung bình đã được Liên Xô thiết kế và lắp đặt vào giai đoạn khôi phục và mở rộng LPU (1982-1984). Hệ thống này bao gồm Trạm xử lý chất thải phóng xạ lỏng, Phòng điều khiển cho Trạm xử lý thải lỏng, Kho lưu giữ tạm chất thải và Phòng thí nghiệm Hóa- Lý. Sau khi LPUHNDL chấm dứt hoạt động, hệ thống quản lý thải phóng xạ này sẽ được tiếp tục sử dụng phục vụ cho việc tẩy xạ và tháo dỡ LPU.

Để cất giữ các BNL đã cháy, bên cạnh thùng lò ở trong gian nhà lò có một bể chứa nhiên liệu đã cháy có thể chứa đến 300 BNL. Bể chứa nhiên liệu đã cháy này hoàn toàn có đủ khả năng để chứa các BNL hiện còn trong vùng hoạt của LPU'HNĐL. Khi LPU' chấm dứt hoạt động, sau một thời gian làm nguội thích hợp, các BNL trong vùng hoạt sẽ được chuyển đến cất giữ tạm ở Bể chứa thanh nhiên liệu đã cháy và trước khi tiến hành tháo dỡ các cấu trúc của LPU' các BNL này sẽ được chuyển trả về Nga hay chuyển đến một nơi khác (trong khuôn viên Viện NCHN hay nơi cất giữ thải phóng xạ cho toàn quốc) để cất giữ lâu dài.

Việc ảnh hưởng đối với sức khỏe, an toàn và môi trường:

Việc đánh giá ảnh hưởng đối với sức khỏe, an toàn và môi trường bao gồm việc đánh giá tác động về liều chiếu đối với nhân viên làm việc và dân chúng và những rủi ro liên quan đến các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ cũng như những tác động đến môi trường.

Với việc lựa chọn chiến lược tháo dỡ tức thời, cần phải có những cân nhắc kỹ càng về phương pháp luận và công nghệ cụ thể để giảm sự tiếp xúc cho nhân viên, dân chúng và các tác động lên môi trường; tối ưu hóa việc bảo vệ nhân viên làm việc và dân cư. Ngoài ra, việc giảm thiểu sự vận chuyển các vật liệu phóng xạ cũng cần được quan tâm.

Kiến thức và nguồn nhân lực:

Sự hiểu biết về tình trạng và lịch sử của một cơ sở hạt nhân là rất quan trọng cho việc lập kế hoạch, lựa chọn chiến lược và thực hiện thành công tẩy xạ và tháo dỡ lò phản ứng trên quan điểm cả về kỹ thuật cũng như an toàn. Do vậy trường hợp lý tưởng nhất là tận dụng được sự hiểu biết của nhân viên vận hành trong thời gian thực hiện công việc tháo dỡ và tẩy xạ LPU'.

Để nhận được sự thuận lợi từ kiến thức và nguồn nhân lực vận hành hiện có thì phương án tháo dỡ tức thời là chiến lược chiếm ưu thế. Ngoài ra, để tăng cường thêm nguồn nhân lực cho việc tẩy xạ và tháo dỡ Lò phản ứng, cũng cần xem xét đến việc tham gia của các tổ chức nước ngoài trong việc lập kế hoạch và quản lý thực hiện tẩy xạ và tháo dỡ LPU'.

Những tác động xã hội và quan hệ với các tổ chức cùng tham gia:

Trong suốt giai đoạn lập kế hoạch cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL, những mối quan tâm, những vấn đề khó khăn đặt ra và những quan điểm của các tổ chức cùng tham gia đều cần được đưa vào xem xét và đạt được sự nhất trí hợp lý. Những tác động của xã hội và môi trường cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc thực hiện dự án tẩy xạ và tháo dỡ. Vì vậy, để dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL thành công, dự án cần phải được công khai, minh bạch và rõ ràng với tất cả các tổ chức cùng tham gia. Để có được sự chấp nhận của công chúng, cần có những cách thức để từ đó những đề xuất, thảo luận, đối thoại và quyết định đều được đưa ra trước công chúng. Lưu ý rằng trong trường hợp yêu cầu sử dụng lại địa điểm của LPU' thì lựa chọn tháo dỡ tức thời là chiến lược hợp lý nhất.

Công nghệ và kỹ thuật thích hợp.

Tính sẵn sàng và sử dụng công nghệ thích hợp là những phần quan trọng của kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ. Những đặc trưng cụ thể của địa điểm có thể yêu cầu công nghệ phát triển

và sửa đổi lại cho phù hợp, tuy nhiên trong nhiều trường hợp công nghệ thuần thực/chín mười là có thể tìm thấy từ thương mại.

Tóm lại, phương án đề nghị lựa chọn thực hiện việc tẩy xạ và tháo dỡ cho LPUHNĐL là tháo dỡ tức thời với việc di chuyển chất thải phóng xạ (sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ) đến cất giữ tạm ở Nhà lưu giữ tạm thải phóng xạ (Nhà số 5) của Viện NCHN. Vị trí của Lò phản ứng sẽ được sử dụng lại không hạn chế với việc chuyển toà nhà lò, các phòng công nghệ và phòng thí nghiệm ở Nhà số 1, Nhà số 2 và Nhà số 2A thành khu di tích cơ sở hạt nhân hoặc dùng cho hoạt động R&D. Thời gian dự kiến cho việc thực hiện tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sau khi chấm dứt vận hành sẽ từ 5 đến 6 năm.

4. QUẢN LÝ DỰ ÁN

Các mục tiêu chính của dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL bao gồm:

- Giảm thiểu nguy cơ tiềm ẩn của phóng xạ đối với sức khỏe của cộng đồng và các tác động của phóng xạ đối với môi trường;
- Tháo dỡ và cô lập vĩnh viễn các nguồn nhiễm xạ;
- Tuân thủ luật pháp và các qui định của quốc gia cũng như luật pháp của quốc tế, đặc biệt là trong lĩnh vực hạt nhân cũng như trong các lĩnh vực xã hội và kinh tế;
- Giải phóng khu vực LPUHNĐL khỏi sự giám sát của pháp qui và tái sử dụng vị trí vào mục đích khác.

4.1. CÁC YÊU CẦU VỀ PHÁP QUY

Các luật, nghị định và qui định trong nước và quốc tế hiện có dưới đây liên quan đến công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPU cần phải được tuân thủ:

- Luật Năng lượng nguyên tử (số 13/2008/L-CTN, ngày 12/6/2008);
- Luật Bảo vệ môi trường (số 52/2005/QH11, ngày 12/12/2005);
- Qui phạm an toàn bức xạ ion hoá (TCVN 4498:1988);
- Quản lý chất thải phóng xạ - Phân loại chất thải phóng xạ.(TCVN 6868:2001);
- Quy chế Hoạt động kiểm soát hạt nhân (số 45/2010/QĐ-TTg, ngày 14/6/2010);
- Quy chế quản lý chất thải nguy hại (số 155/1999/QĐ-CP, ngày 16/7/1999);
- Qui tắc ALARA của Nguyên tử năng quốc tế.

4.2. CÁCH TIẾP CẬN DỰ ÁN

4.2.1. Quản lý dự án theo chức năng

Một Ban Quản lý dự án cần được thành lập để quản lý toàn bộ các công việc của dự án. Công việc của dự án thường được chia ra thành một số lĩnh vực dựa vào chức năng hoạt động như: công việc quản lý hành chính, công việc liên quan đến kỹ thuật và công nghệ, và công việc giám sát an toàn. Dưới đây là những công việc cần phải có để một dự án hoạt động có hiệu quả:

- Quản lý dự án;
- Quản lý an toàn;
- Kiểm soát phóng xạ;
- Đảm bảo chất lượng;
- Quản lý chất thải;
- Quản lý tài chính và kế toán;
- Quản lý nhân sự;
- Quản lý các hợp đồng và đặt hàng;
- Xây dựng kế hoạch và tiến độ;
- Vận hành và bảo dưỡng các hệ thống/thiết bị của LPUHNĐL;
- Thực hiện công việc tẩy xạ và tháo dỡ;
- Đảm bảo an ninh.

Các gói công việc chủ yếu trong dự án tháo dỡ và tẩy xạ LPUHNDL nên bao gồm các hoạt động và công việc sau:

- Các hoạt động trước khi tiến hành tẩy xạ và tháo dỡ;
- Các công việc tẩy xạ;
- Các công việc tháo dỡ;
- Vận chuyển, cất giữ thải và các công việc đo đạc, kiểm soát cuối cùng.

Công việc của dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNDL gồm hai mức: (1) công tác lập kế hoạch và (2) các qui trình để kiểm soát các công việc hằng ngày. Sự phát triển các kế hoạch chi tiết cho việc tẩy xạ, tháo dỡ, việc loại bỏ các chất thải phóng xạ, hóa chất/ nguy hại và việc khảo sát đặc trưng phóng xạ sau khi kết thúc công việc tháo dỡ là những hồ sơ cần thiết cho việc mời thầu. Các kế hoạch này còn cung cấp một trình tự chi tiết công việc cho phép Ban quản lý dự án hiểu rõ trình tự và thời gian của các công việc cần giám sát và hỗ trợ.

Việc kiểm soát công việc hằng ngày sẽ được thông qua chương trình của Ban Quản lý dự án. Ngoài ra, việc kiểm tra liều chiếu và các vật liệu phóng xạ, các công việc chi tiết và hướng dẫn cụ thể sẽ được định rõ và kèm với yêu cầu của Ban Quản lý dự án cho từng loại công việc. Các vấn đề kỹ thuật sẽ được quy định cụ thể nhằm giảm liều chiếu xạ đối với người làm việc thấp đến mức hợp lý (quy tắc ALARA của Cơ quan Nguyên tử năng quốc tế).

Các nhà thầu phải chuẩn bị và thực hiện công việc theo các yêu cầu của Ban Quản lý dự án cùng với sự phân tích chi tiết các nhiệm vụ của kế hoạch. Các yêu cầu này sẽ bao gồm các khu vực hoặc các thành phần bị ảnh hưởng phóng xạ, điều kiện tiên quyết (bao gồm cả hỗ trợ thiết bị, điều kiện của cơ sở, môi trường, nhân lực và thiết bị cần thiết), thời gian dự kiến hoàn thành các công việc và sự phụ thuộc vào các công việc trước đó. Khi có sự thay đổi so với lịch làm việc đã định sẵn cần phải có văn bản tường trình và xin phép của nhà thầu đối Ban Quản lý dự án.

4.2.2. Các nguồn lực

Việc quản lý dự án bao gồm việc lập kế hoạch, tổ chức thực hiện và kiểm soát các nguồn lực (thiết bị, tài chính, nhân lực, ...) để đáp ứng các vấn đề về kỹ thuật, tài chính cũng như thời gian của dự án. Để thực hiện thành công dự án, Ban Quản lý dự án phải dự đoán được tất cả các công việc cần đưa ra khi lập kế hoạch, tổ chức thực hiện và kiểm soát các hoạt động của dự án. Việc quản lý dự án theo mục tiêu hoạt động nên được áp dụng.

Các giai đoạn của dự án là: lập kế hoạch, xây dựng chương trình thực hiện, thực hiện và kiểm soát. Các yếu tố ảnh hưởng đến việc quản lý dự án bao gồm:

- Các mục tiêu của dự án (tiến trình, chất lượng, thời gian và kinh phí);
- Mục tiêu của các tổ chức;
- Ngân sách có thể, nguồn lực và thời gian;
- Khối lượng công việc và hiệu suất làm việc;
- Nhân lực;
- Thời gian lãng phí;
- Các ước tính về giá thành;

- Thời gian làm thêm.

Để quản lý công việc của dự án, các chương trình quản lý cần được áp dụng như: phương pháp Gantt (Gantt Method), phương pháp đường tới hạn (Critical Path Method), Kỹ thuật xem xét và đánh giá chương trình (Program Evaluation and Review Technique), v.v... Ngoài ra, các hoạt động được lập kế hoạch nên được cấp kinh phí phù hợp theo hàng năm.

4.2.3. Sự xem xét và giám sát

Trong quá trình thực hiện việc tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL, các kế hoạch phải được thường xuyên xem xét và giám sát để theo kịp tiến độ của dự án đã đề ra.

Kinh phí cấp cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sẽ được lập và phê duyệt cho từng năm và sẽ được cấp từ kinh phí nhà nước.

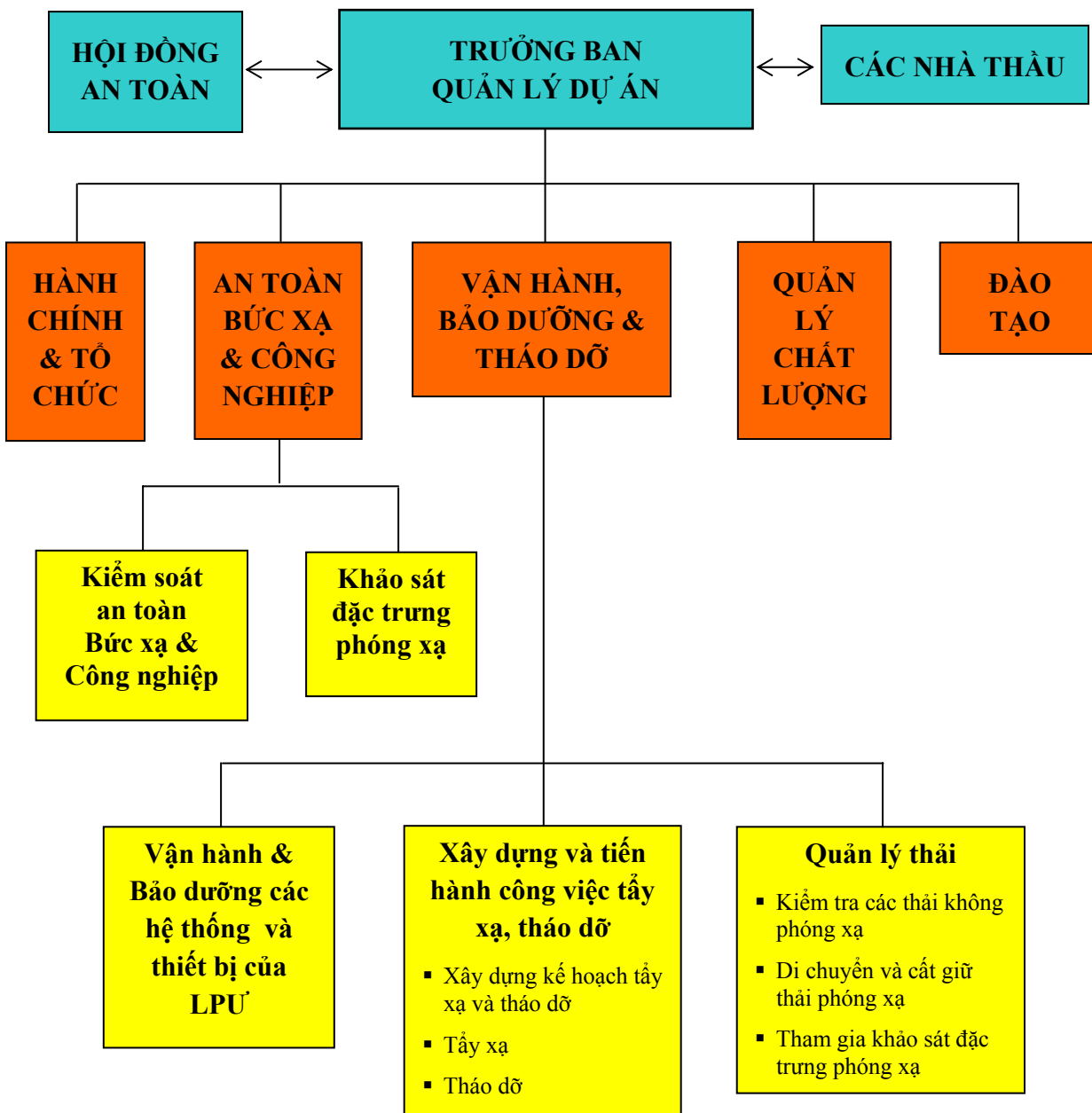
4.3. TỔ CHỨC QUẢN LÝ DỰ ÁN VÀ TRÁCH NHIỆM

Tổ chức quản lý dự án nên được thiết lập ngay trong quá trình xây dựng kế hoạch cho công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL và được định biên một cách thích hợp. Nhân sự của Ban Quản lý dự án được xác định trước khi bắt đầu dự án tháo dỡ, bao gồm cả việc xác định rõ vai trò và trách nhiệm, sự phân chia quyền hạn, các cấu trúc báo cáo và thông tin liên lạc. Ngoài ra, các thủ tục hành chính của dự án phải được chuẩn bị và ghi chép thành tài liệu để đào tạo nhân viên trước khi dự án bắt đầu. Việc thành lập Ban Quản lý dự án và Cơ quan giám sát là để đảm bảo mọi công việc tháo dỡ và tẩy xạ LPU được hoàn thành một cách an toàn với tiêu chuẩn cao nhất về chất lượng và hiệu suất. Sơ đồ dự kiến về cấu trúc của Ban Quản lý dự án tháo dỡ và tẩy xạ LPUHNĐL được cho ở [Hình 4.1](#).

4.3.1. Trưởng ban quản lý dự án

Trưởng ban quản lý dự án là người chịu trách nhiệm chính trong tất cả mọi công việc về mặt tiến độ cũng như về mặt an toàn của dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL theo một kế hoạch đã định sẵn. Trưởng ban quản lý dự án nên là Viện trưởng (hoặc phó Viện trưởng) Viện Nghiên cứu hạt nhân. Trưởng ban quản lý dự án cần phải đảm bảo rằng:

- Dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPU phải được tiến hành phù hợp với các luật và các quy định của Nhà nước cũng như của địa phương;
- Công việc tháo dỡ phải đảm bảo việc bảo vệ dân chúng, những người làm việc và môi trường;
- Phải tập hợp đầy đủ nguồn lực và đội ngũ công nhân lành nghề;
- Hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ phải được thực hiện một cách an toàn trong phạm vi tài chính cho phép và đúng tiến độ của kế hoạch;
- Sử dụng chương trình kiểm soát phóng xạ và an toàn trong công nghiệp, sử dụng nguồn nhân lực một cách hiệu quả.



Hình 4.1. Sơ đồ dự kiến của Ban quản lý dự án tháo dỡ và tẩy xạ LPUHNDL

4.3.2. Nhóm vận hành, bảo dưỡng và tháo dỡ

Nhóm vận hành, bảo dưỡng và tháo dỡ có trách nhiệm vận hành và bảo dưỡng các hệ thống/thiết bị của LPU được tiếp tục vận hành cho đến khi kết thúc công việc tháo dỡ; thực hiện các công việc tẩy xạ và tháo dỡ các cấu trúc, hệ thống/thiết bị của LPU (hoặc phối hợp với các nhà thầu); di chuyển, quản lý chất thải phóng xạ tại cơ sở và tiến hành khảo sát đặc trưng phóng xạ sau khi kết thúc công việc tháo dỡ.

Ngoài ra, Nhóm vận hành, bảo dưỡng và tháo dỡ có trách nhiệm biên soạn tất cả các kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ, bao gồm cả các yêu cầu về mặt an ninh cho khu vực lò cũng như các kế hoạch ứng phó khẩn cấp. Nhóm này còn có trách nhiệm giám sát kỹ thuật trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ các cấu kiện, hệ thống/thiết bị của LPU khi công việc này được thực hiện bởi các nhà thầu.

Người phụ trách Nhóm vận hành, bảo dưỡng và tháo dỡ, nên là Giám đốc Trung tâm LPU, là người chịu trách nhiệm đảm bảo rằng tất cả các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ được tiến hành một cách an toàn và việc kiểm soát chiếu xạ cũng như vật liệu phóng xạ phù hợp với các tiêu chuẩn an toàn hiện hành cũng như đảm bảo quy tắc ALARA của Cơ quan Nguyên tử năng quốc tế. Người phụ trách nhóm vận hành, bảo dưỡng và tháo dỡ là người chịu trách nhiệm về việc thực hiện các chương trình đảm bảo chất lượng và tính hiệu quả của các chương trình an toàn phóng xạ và an toàn công nghiệp. Người này có thẩm quyền cuối cùng phê duyệt những thay đổi nhỏ và các thủ tục (không đòi hỏi đến việc đánh giá an toàn) và cho tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ hàng ngày.

4.3.3. Nhóm an toàn bức xạ

Nhóm an toàn bức xạ có trách nhiệm và thẩm quyền giám sát an toàn đến việc thực hiện hàng ngày các công việc tẩy xạ, tháo dỡ và bố trí lại các vật liệu phóng xạ trong khu vực LPU. Nhóm an toàn bức xạ có quyền đình chỉ các công việc liên quan đến an toàn bức xạ và an toàn công nghiệp nếu thấy phương pháp hoặc qui trình thực hiện là không an toàn. Điều này cũng sẽ bao gồm cả những công việc không tuân thủ theo nguyên tắc ALARA, từ đó có thể dẫn đến việc giải phóng chất phóng xạ không được kiểm soát hoặc không nằm trong kế hoạch ra môi trường và/hoặc trái với các quy định hiện hành. Trách nhiệm của nhóm an toàn bức xạ bao gồm:

- Thực hiện công việc hiệu chỉnh và sử dụng các dụng cụ ghi đo phóng xạ để đo mức phóng xạ và mức ô nhiễm;
- Tiến hành các công việc khảo sát đặc trưng phóng xạ;
- Duy trì và thực hiện nguyên tắc ALARA và chương trình kiểm soát liều cá nhân;
- Giám sát và phê duyệt kế hoạch vận chuyển các chất phóng xạ;
- Thực hiện các chương trình kiểm soát môi trường;
- Giám sát việc đảm bảo an toàn công nghiệp;
- Đào tạo về an toàn phóng xạ cho những người tham gia vào công việc tẩy xạ và tháo dỡ;
- Duy trì và thực hiện các qui trình bảo vệ phóng xạ.

4.3.4. Nhóm quản lý chất lượng

Nhóm quản lý chất lượng có nhiệm vụ giám sát sự tuân thủ khi thực hiện các công việc tẩy xạ và tháo dỡ theo một quy trình đã vạch sẵn. Nhóm này có trách nhiệm báo cáo với Trưởng ban quản lý dự án về mọi hành vi không tuân thủ theo quy trình đã được phê duyệt trước.

4.3.5. Nhóm hành chính

Nhóm hành chính chịu trách nhiệm chính về:

- Việc quản lý các kế hoạch;

- Tổ chức;
- Kinh phí, vật tư thiết bị của Ban quản lý dự án;
- An ninh của cơ sở LPUHNDL.

4.3.6. Trung tâm đào tạo

Trung tâm đào tạo có nhiệm vụ phối hợp với Nhóm an toàn bức xạ để mở lớp đào tạo về an toàn bức xạ cho tất cả những người tham gia vào công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPU về an toàn bức xạ; cách bảo vệ đường hô hấp và an toàn lao động.

Các lớp đào tạo sẽ bao gồm các lớp nằm trong kế hoạch, các lớp không nằm trong kế hoạch (theo nhu cầu công việc).

4.3.7. Hội đồng an toàn

Hội đồng an toàn chịu trách nhiệm độc lập trong việc xem xét, đánh giá về mặt an toàn trong công việc tẩy xạ và tháo dỡ và đề ra các biện pháp kiểm soát thích hợp. Hội đồng cũng xem xét các qui trình cũng như các công việc tháo dỡ liên quan đến các vật liệu phóng xạ, kiểm soát phóng xạ, những thay đổi trong kế hoạch khi tiến hành công việc tháo dỡ. Ngoài ra, Hội đồng an toàn cũng có trách nhiệm định kỳ kiểm tra kết quả về việc kiểm soát an toàn hạt nhân, an toàn phóng xạ và môi trường.

Ở mức tối thiểu, Hội đồng an toàn nên họp hàng tháng dựa theo mức độ của công việc tẩy xạ và tháo dỡ. Hội đồng an toàn có trách nhiệm báo cáo lại với Trưởng ban quản lý dự án các kết quả của việc xem xét và đánh giá bằng văn bản. Hội đồng an toàn có quyền yêu cầu dừng công việc lại nếu thấy việc này không đáp ứng được các điều kiện về an toàn.

Hội đồng an toàn có những chức năng chính như sau:

- Xem xét những đề xuất thay đổi của kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ, kể cả những thay đổi về các thiết bị, hệ thống theo dõi và kiểm soát để xem xét có ảnh hưởng đến vấn đề an toàn hay không;
- Xem xét những thay đổi về qui trình và những chỉnh sửa lớn có ảnh hưởng nghiêm trọng đến vấn đề an toàn;
- Giám sát và xem xét các công việc có tiềm năng giải phóng chất phóng xạ ra môi trường;
- Xem xét các báo cáo về các hành vi vi phạm tới các thông số kỹ thuật, giấy phép và các thủ tục có ảnh hưởng nghiêm trọng đến an toàn của nhân viên và xã hội;
- Xem xét các báo cáo của thanh tra Cục an toàn bức xạ và hạt nhân và đưa ra những đề xuất về các hành động khắc phục cần thiết;
- Xem xét và đánh giá chương trình đo liều cá nhân và mức chiếu xạ đối với những người tham gia công việc tẩy xạ và tháo dỡ;
- Xem xét và phê duyệt chương trình kiểm soát phát tán chất phóng xạ ra môi trường.

4.4. VĂN HÓA AN TOÀN

Các chính sách và biện pháp cho việc thực hiện văn hóa an toàn được dự kiến trước trong chương trình đào tạo, trong nội quy của nội bộ Ban quản lý dự án và trong quy tắc về an toàn hạt nhân. Tất cả các công nhân phải được tham gia khóa đào tạo trước khi dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL được bắt đầu.

Có ba giai đoạn có thể biểu hiện sự kết hợp các đặc điểm được kèm theo từng giai đoạn này. Các giai đoạn này thể hiện một sự đánh giá ngày càng tăng dần ý nghĩa an toàn trong các yếu tố hành vi và thái độ của những người tham ra dự án. Các đặc tính của từng giai đoạn cung cấp biện pháp cho các tổ chức để sử dụng như là cơ sở để tự đánh giá. Giai đoạn 1 đề cập đến an toàn dựa trên các quy tắc và các quy định, giai đoạn 2 đề cập đến các hành vi an toàn là mục tiêu của tổ chức và giai đoạn 3 đề cập đến sự hoàn thiện của các hành vi an toàn.

Trong quá trình tháo dỡ, giai đoạn cuối cùng phải tuân theo các đặc điểm sau: sự nhấn mạnh về truyền thông, đào tạo, lãnh đạo, quản lý, nâng cao hiệu quả và hiệu suất. Chương trình đào tạo được thiết lập nhằm đáp ứng các kỹ năng về kỹ thuật, nguồn nhân lực, quản lý, năng lực và sự hiểu biết cần thiết để cho Ban quản lý có đóng góp hiệu quả cho sự quản lý an toàn. Tự đào tạo cùng với các kinh nghiệm vận hành trong và ngoài nước là vấn đề cơ bản để thiết lập một nền văn hóa an toàn và tăng cường hệ thống quản lý an toàn.

Các sự nỗ lực nên dành cho sự học hỏi và chia sẻ các kinh nghiệm thực tế trên thế giới và có thể sử dụng phương pháp đánh giá tiên đoán rủi ro trong giai đoạn chuẩn bị của công việc. Việc phân tích các lỗi sai hỏng và hậu quả của nó là rất quan trọng đối với vấn đề an toàn.

4.5. CÔNG TÁC HUẤN LUYỆN

4.5.1. Các vấn đề chung

Tất cả các nhân viên tham ra dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL đều phải tham gia đào tạo và được phân loại. Tất cả mọi người đều phải có hiểu biết về những hậu quả do phóng xạ gây ra trong công việc của mình. Những người cần được đào tạo bao gồm:

- Tất cả các nhân viên của dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL;
- Các nhân viên của các nhà thầu;
- Các công nhân thuê khoán để tham gia công việc tháo dỡ.

Tần suất đào tạo/đào tạo lại và mức độ chi tiết của chương trình đào tạo phải phù hợp với công việc mà nhân viên đó tham gia thực hiện trong dự án. Việc đào tạo nên bao gồm một số vấn đề quan trọng sau đây:

- Lớp đào tạo về an toàn bức xạ;
- Đào tạo về các biện pháp bảo vệ đường hô hấp;
- Đào tạo tổng quan về an toàn: Ban quản lý dự án và các nhà thầu trong dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL phải có trách nhiệm để đảm bảo rằng các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ được tiến hành phù hợp với sức khỏe nghề nghiệp và yêu cầu an toàn cho toàn thể công nhân tham gia dự án và dân chúng nói chung.

4.5.2. Đào tạo nhân viên trong dự án

Tất cả các nhân viên tham gia dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL phải được tham dự các lớp tập huấn về an toàn trong công việc của mình. Các lớp tập huấn này có thể bao gồm:

- Tập huấn theo kế hoạch;
- Các lớp tập huấn bất thường; và
- Các lớp tập huấn thường xuyên.

4.5.3. Đào tạo các nhân viên khác

Tất cả mọi nhân viên tham gia công việc tẩy xạ và tháo dỡ mà không phải là người trong dự án cần phải được đào tạo để có hiểu biết cơ bản về an toàn phóng xạ trong phần công việc mà họ sẽ tham gia thực hiện.

4.6. NHÀ THẦU HỖ TRỢ

Trong quá trình thực hiện dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL, có một số công việc phải mời một số nhà thầu tham gia. Các nhà thầu này phải có đầy đủ giấy tờ pháp lý để tham gia trong công việc tháo dỡ. Các nhà thầu này sẽ phải chịu hoàn toàn trách nhiệm về công việc, chất lượng công việc cũng như về mặt an toàn (an toàn về phóng xạ cũng như an toàn lao động) trước Ban Quản lý dự án trong phần việc mà mình đảm nhận.

Nhân viên của các nhà thầu phải được khám sức khỏe, phải qua một lớp huấn luyện về an toàn bức xạ do Ban quản lý dự án đào tạo và chỉ những ai được cấp phép mới có quyền tham gia vào trong công việc tháo dỡ.

4.7. LỊCH TRÌNH CÔNG VIỆC

Dự kiến các công việc cùng với tiến độ cho việc thực hiện dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL được trình bày cụ thể ở phần 5.2, Chương 5 của báo cáo này.

5. CÁC HOẠT ĐỘNG LIÊN QUAN ĐẾN VIỆC TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ

Các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL cần phải được thực hiện một cách an toàn và phù hợp với nguyên tắc ALARA, chương trình đảm bảo an toàn bức xạ của Viện NCHN và các qui trình đã được ban hành. Mục đích của các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ là để giải phóng khỏi sự giám sát của cơ quan pháp quy đối với gian nhà lò, các phòng công nghệ và các phòng thí nghiệm trong khu vực Nhà số 1, Nhà số 2 và Nhà số 2A để việc sử dụng lại những vị trí này không bị hạn chế. Những đề xuất cho các hoạt động liên quan đến tẩy xạ và tháo dỡ LPU ở các giai đoạn khác nhau sẽ được trình bày chi tiết trong các phần dưới đây.

5.1. CÁC HOẠT ĐỘNG TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ

5.1.1. Hoạt động chuẩn bị cho việc tẩy xạ và tháo dỡ ở giai đoạn vận hành LPU

Ở giai đoạn vận hành LPU, một số công việc cần được thực hiện trước nhằm chuẩn bị cho giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ sau khi LPU kết thúc hoạt động. Dưới đây là các công việc cần được quan tâm thực hiện thường xuyên.

- Phân loại, tính toán, dự báo khối lượng và thể tích thải phóng xạ sinh ra trong giai đoạn vận hành LPU cũng như trong các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ:
 - *Đo đạc mức độ phóng xạ của thiết bị;*
 - *Thiết lập các tiêu chuẩn giải phóng (release criteria) và đánh giá ảnh hưởng của chúng đối với các phương pháp tẩy xạ và tháo dỡ;*
 - *Lưu giữ các sổ sách về điều kiện vận hành hiện tại của LPU và các thiết bị dựa vào các phép đo, lấy mẫu và tính toán v.v...*
 - *Thống kê lượng thải phóng xạ và không phóng xạ, và đánh giá công nghệ dùng để xử lý chúng.*
- Thu thập, xử lý và lưu giữ những thông tin cần thiết liên quan đến các toà nhà, cấu trúc và hệ thống công nghệ của LPU phục vụ cho việc tẩy xạ và tháo dỡ:
 - *Thu thập và lưu giữ tài liệu kỹ thuật về các hệ thống công nghệ của LPU;*
 - *Lập danh sách các thiết bị và cấu kiện bị kích hoạt và không bị kích hoạt phục vụ cho việc tháo dỡ;*
 - *Phân tích rủi ro đối với những công việc tẩy xạ và tháo dỡ đã được lựa chọn;*
 - *Đánh giá việc sử dụng lại các thiết bị.*
- Chuẩn bị các công việc có liên quan đến thao tác tháo dỡ các bó nhiên liệu đã cháy từ vùng hoạt.
- Thu thập tài liệu và thông tin kỹ thuật chuẩn bị cho việc tẩy xạ và tháo dỡ:
 - *Thiết kế, đặt hàng và thử nghiệm các thiết bị tháo dỡ;*
 - *Thiết kế, đặt hàng và thử nghiệm các thiết bị dùng cho việc tháo dỡ thùng lò;*
 - *Xây dựng các đặc trưng thiết kế kỹ thuật cho thiết bị mới, bao gồm chỉ dẫn kỹ thuật về vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa, thử nghiệm và đo các thông số làm việc;*
 - *Đặt hàng các dụng cụ phục vụ cho việc tháo dỡ từ xa các thành phần cấu kiện phức tạp và đa dạng về hình thù, vật liệu, độ dày cũng như về mức độ kích hoạt;*
 - *Thiết kế các công cụ đặc biệt, sửa đổi hay cải tiến các công cụ sẵn có nếu các công cụ này không phù hợp;*
 - *Thuê các thiết bị đặc biệt hay sử dụng các nhà thầu phụ.*
- Xây dựng kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ cuối cùng;

- Chuẩn bị những kế hoạch/quy trình cho các công việc sẽ được thực hiện ở giai đoạn chuyển tiếp và yêu cầu phê chuẩn.

Về mặt pháp quy, do quy trình và thời gian xét duyệt có thể bị kéo dài nên việc chuẩn bị một kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ cuối cùng cần được tiến hành một vài năm trước khi LPU chấm dứt vận hành.

5.1.2. Giai đoạn chuyển tiếp

Việc kết thúc giai đoạn vận hành được thực hiện trước giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPU. Quá trình chuyển tiếp từ lúc một cơ sở chính thức dừng hoạt động đến khi bắt đầu thực hiện kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ sẽ bao gồm một số công việc vận hành thường quy cộng với các công việc đặc thù cho riêng giai đoạn này. Các điều chỉnh cả về mặt kỹ thuật lẫn tổ chức cần được thực hiện để hướng cơ sở đến những mục tiêu và yêu cầu mới. Cơ sở cần tiến hành những công việc quan trọng liên quan đến sự cất giữ an toàn vật liệu phóng xạ (vốn độc lập với việc chọn lựa kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ) ngay sau khi LPU ngừng hoạt động để giảm nguy cơ chiếu xạ lên nhân viên và dân chúng.

Trong giai đoạn này, một kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ cuối cùng (final decommissioning plan) nên được đệ trình lên cơ quan pháp quy. Bản Kế hoạch này nên bao gồm kế hoạch chi tiết về các hoạt động trong quá trình chuyển tiếp, kế hoạch chi tiết về quá trình tẩy xạ và tháo dỡ, và kế hoạch mô tả những hành động cuối cùng nhằm đảm bảo rằng những nguy cơ phóng xạ và không phóng xạ đã được giảm và đáp ứng các yêu cầu do cơ quan pháp quy đặt ra.

Những công việc có thể nhìn thấy trước ở giai đoạn kết thúc vận hành bao gồm:

- Xử lý và cất giữ tạm thời nhiên liệu hạt nhân:
 - *Chuyển các bó nhiên liệu đã cháy trong bể lò vào bể chứa nhiên liệu đã cháy (và sau đó chuyển đến cất giữ lâu dài ở Nhà số 5 hoặc chuyển trả về Nga) theo các thủ tục vận hành sẵn có;*
 - *Quản lý các bó nhiên liệu mới chưa sử dụng;*
 - *Tiến hành thống kê vật liệu hạt nhân.*
- Dừng hoạt động tất cả các hệ thống công nghệ trừ các hệ thống phục vụ cho sự hoạt động thường xuyên như hệ thống thông gió; hệ kiểm soát liều phóng xạ; hệ lọc nước bể chứa nhiên liệu đã cháy,...
- Tháo nước khỏi các hệ thống làm mát:
 - *Tháo nước vòng làm mát sơ cấp và chuyển đến hệ xử lý nước thải phóng xạ ở Nhà số 2;*
 - *Tháo nước vòng làm mát thứ cấp.*
- Làm sạch và tẩy xạ các hệ thống/thiết bị hệ công nghệ LPU để đưa các hệ thống/thiết bị vào trạng thái cất giữ hay thải bỏ vĩnh viễn.
- Tiến hành đo đạc và khảo sát liều phóng xạ ở các phòng công nghệ LPU và các phòng sản xuất đồng vị phóng xạ;
- Xác định mức phóng xạ của các nhân phóng xạ trong các hệ thống công nghệ LPU bị nhiễm bẩn hay bị kích hoạt để làm cơ sở cho các công việc tẩy xạ và tháo dỡ trong tương lai.
- Tháo dỡ các thiết bị thí nghiệm đặt ở các kênh ngang của LPU và tháo dỡ các hệ

thống bên ngoài LPU mà không liên quan đến an toàn và không còn sử dụng ở giai đoạn tháo dỡ sau này;

- Duy trì và tăng cường (nếu cần) các rào chắn bảo vệ để ngăn ngừa sự nhiễm bẩn lan rộng, tăng cường bảo vệ quanh tường bê tông che chắn sinh học;
- Bố trí các vị trí lưu giữ tạm thời để làm đơn giản sự vận hành thiết bị (dùng các phòng trống);
- Phân loại, điều kiện hoá và loại bỏ/lưu giữ chất thải phóng xạ sinh ra ở giai đoạn vận hành;
- Thiết kế, lắp đặt, vận hành và bảo dưỡng các thiết bị bổ sung dùng cho việc phân loại các chất phóng xạ và các chất độc hại (nếu cần thiết);
- Thu thập các nguồn tài liệu và kỹ thuật cho giai đoạn tháo dỡ;
- Cập nhật hồ sơ tẩy xạ và tháo dỡ để xin phép bắt đầu giai đoạn tháo dỡ;
- Xây dựng các thiết kế cần thiết và hồ sơ kỹ thuật;
- Thực hiện các biện pháp hành chính và tổ chức tương ứng với tình trạng đã thay đổi của LPU.

Trạng thái cuối cùng của LPU sau khi hoàn thành giai đoạn này có thể được đặc trưng như sau:

- Các chất phóng xạ được đặt trong phạm vi các rào chắn bảo vệ và nơi lưu giữ tạm thời;
- Một số các thiết bị/hệ thống công nghệ LPU không còn sử dụng ở giai đoạn tháo dỡ đã được tháo dỡ xong.

Thời gian của giai đoạn chuyển tiếp có thể kéo dài từ 2 đến 3 năm phụ thuộc vào sự chuẩn bị về mặt kỹ thuật và nguồn lực để thực hiện các công việc đã đề cập ở trên.

5.1.3. Giai đoạn tháo dỡ

Mục đích cần đạt được của giai đoạn tháo dỡ là chia nhỏ và di chuyển các hệ thống thiết bị và cấu kiện của LPU và các chất phóng xạ ra khỏi khu vực LPU. Để đạt được mục đích này cần thực hiện các công việc sau:

- Tẩy xạ các khu vực và thiết bị để thuận tiện cho công việc tháo dỡ:
 - *Tẩy xạ các khu vực và thiết bị trong các phòng công nghệ;*
 - *Tẩy xạ các khu vực lân cận sẽ được dùng cho việc di chuyển thiết bị.*
- Chuẩn bị các khu vực lưu giữ tạm thời cho các vị trí có các thiết bị hoặc cấu kiện được chia nhỏ hoặc tháo dỡ.
- Tháo dỡ các thiết bị công nghệ ở phần trên của lò và trong thùng lò:
 - *Tháo dỡ các thanh điều khiển, detector và ống dẫn;*
 - *Tháo dỡ cơ cấu truyền động các thanh điều khiển và giá đỡ;*
 - *Tháo dỡ nắp lò với cơ cấu xoay;*
 - *Tháo dỡ giá đỡ thùng lò và các cốc chứa tạm thời trong bể lò;*
 - *Tháo dỡ các kênh thí nghiệm đứng;*
- Tháo dỡ vành phản xạ berili, mâm quay, vành phản xạ graphit và mâm xoi lỗ.
- Tháo dỡ cơ cấu đóng mở và che chắn cột nhiệt và cột nhiệt.

- Tháo dỡ các kênh thí nghiệm nằm ngang.
- Tháo dỡ thùng lò:
 - Tháo dỡ các phần bulong ốc vít ở phần trên thùng lò;
 - Khoan cắt để tạo thành khe hở thùng lò;
 - Nâng thùng lò khỏi tường bê tông bảo vệ sinh học;
 - Vận chuyển thùng lò đến khu vực định trước để cắt thành từng mảnh (segmentation) dễ dàng cho việc vận chuyển;
 - Đặt các mảnh cắt của thùng lò vào trong container vận chuyển.
- Tháo dỡ hệ làm mát vòng 1:
 - Tháo dỡ các phin lọc trao đổi ion và phin lọc cơ của hệ lọc nước vòng 1;
 - Tháo dỡ các bơm, bể đỡ bơm và các đường ống;
 - Tháo dỡ bình trao đổi nhiệt.
- Tháo dỡ hệ làm mát vòng 2.
- Tháo dỡ tường bê tông bảo vệ sinh học:
 - Tháo dỡ phần bê tông bị kích hoạt nơi nồng độ nhân phóng xạ vượt quá mức giải phóng tự do (bằng phương tiện có che chắn bảo vệ hay từ xa);
 - Tháo dỡ phần không nhiễm bẩn (bằng phương tiện thông thường).
- Tháo nước và tháo dỡ bể chứa nhiên liệu đã cháy.
- Tháo dỡ các xà lim nóng (hotcell) ở các phòng sản xuất đồng vị phóng xạ Nhà số 1.
- Di chuyển các thành phần bị nhiễm bẩn do phục vụ cho việc tháo dỡ các thiết bị và cấu kiện khác.
- Tháo dỡ các thiết bị phụ trợ sạch và các cấu trúc không nhiễm bẩn để dự phòng cho việc ra vào.
- Di chuyển các nhiễm bẩn từ khu vực nhà lò, các phòng công nghệ ở Nhà số 1 và Nhà số 2:
 - Tẩy xạ hay di chuyển các vật nhiễm bẩn lớn hơn mức tiêu chuẩn giải phóng tự do.
- Làm sạch các khu vực lân cận (khi cần):
 - Di chuyển các lớp đất bị nhiễm bẩn;
 - Di chuyển các lớp trầm tích;
 - Di chuyển các thiết bị không sử dụng ra khỏi vị trí lò.
- Khảo sát đặc trưng phóng xạ của vật liệu phóng xạ để sử dụng lại không hạn chế hay chôn cất.
- Tẩy xạ để sử dụng lại một số thiết bị và cấu trúc.
- Điều kiện hoá và chuyển chất thải phóng xạ sinh ra do việc tẩy xạ và tháo dỡ đến nơi cất giữ lâu dài.
- Khảo sát đặc trưng phóng xạ của các gói thải:
 - Chọn các container vận chuyển;
 - Tính toán các giới hạn về thể tích và nồng độ nhân phóng xạ;
 - Ghi chép vào sổ sách.
- Phục hồi vị trí LPU phụ thuộc vào việc sử dụng sau này.
- Tiến hành khảo sát đặc trưng phóng xạ cuối cùng trong toà nhà lò, các phòng đặt thiết bị công nghệ và các phòng thí nghiệm ở Nhà số 1, Nhà số 2 và Nhà số 2A:

- Chuẩn bị các công việc cho việc khảo sát phóng xạ cuối cùng;
 - Tiến hành khảo sát đặc trưng phóng xạ;
 - Lập hồ sơ về kết quả khảo sát;
 - Giám sát về hành chính ở các khu vực đã tiến hành khảo sát để ngăn ngừa sự nhiễm bẩn trở lại.
- Thực hiện các qui trình hướng vào việc kết thúc kiểm soát bức xạ (biên soạn báo cáo phân tích an toàn sau cùng) và chấm dứt giấy phép tẩy xạ và tháo dỡ.
 - Thực hiện các biện pháp quản trị tương ứng với trạng thái đã thay đổi của vị trí đặt LPU.

Trạng thái cuối cùng của việc hoàn thành giai đoạn tháo dỡ được đặc trưng bởi việc giải phóng vị trí LPU khỏi sự kiểm soát bức xạ và sử dụng lại không hạn chế với việc chuyển toà nhà lò và các phòng công nghệ và phòng thí nghiệm ở Nhà số 1 và Nhà số 2 thành các nơi phục vụ cho triển lãm hạt nhân hoặc cho công việc R&D. Thời gian dự kiến thực hiện giai đoạn này sẽ mất khoảng 2 năm đến 3 năm phụ thuộc vào việc sẵn sàng nguồn lực vật chất, công nghệ và kinh nghiệm nhận được đối với việc tẩy xạ và tháo dỡ.

5.2. LỊCH TRÌNH TẨY XẠ VÀ THÁO DỠ

Lịch trình và công việc cụ thể cho việc tẩy xạ và tháo dỡ LPU chưa thể chỉ rõ trong thời gian này. Tuy nhiên dự kiến một số công việc chính cùng với yêu cầu về tiến độ được trình bày trên **Bảng 5.1**.

Bảng 5.1. Dự kiến các công việc chính cho hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL

Thời gian so với thời điểm chấm dứt hoạt động LPU (CDHĐ Năm.tháng)	Công việc
CDHĐ -1.0	Thu thập số liệu vận hành và tiến hành tính toán hoạt độ phóng xạ của các cấu kiện bên trong bể lò và các cấu trúc chính.
CDHĐ -1.0	Xây dựng kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ cuối cùng.
CDHĐ -0.6	Xây dựng kế hoạch/qui trình cho các công việc được thực hiện ở giai đoạn chuyển tiếp.
CDHĐ 0.0	Chấm dứt hoạt động của LPUHNĐL.
CDHĐ +0.1	Tháo dỡ nhiên liệu khỏi vùng hoạt và cất giữ ở Kho chứa tạm trong bể lò.
CDHĐ +0.4	Di chuyển các bó nhiên liệu cháy sang cất giữ ở Bể chứa nhiên liệu đã cháy.
CDHĐ +0.5	Tháo nước khỏi các hệ thống làm mát
CDHĐ +0.6	Làm sạch và tẩy xạ các hệ thống hay thiết bị hệ công nghệ Lò phản ứng
CDHĐ +0.8	Tiến hành đo đạc và khảo sát liều phóng xạ ở các phòng công nghệ Lò phản ứng và các phòng sản xuất đồng vị phóng xạ.
CDHĐ +1.2	Thiết lập chính xác hàm lượng phóng xạ của nhân phóng xạ trong các hệ thống công nghệ Lò phản ứng bị nhiễm bẩn hay bị kích hoạt.

CDHĐ +1.8	Tháo dỡ các hệ thống bên ngoài Lò phản ứng mà không liên quan đến an toàn và không còn sử dụng ở giai đoạn tháo dỡ sau này.
CDHĐ +2.0	Thiết kế, lắp đặt, vận hành và bảo dưỡng các thiết bị bổ sung dùng cho việc phân loại các chất phóng xạ và các chất độc hại.
CDHĐ +2.0	Phân loại, điều kiện hoá và loại bỏ/lưu giữ chất thải phóng xạ sinh ra ở giai đoạn vận hành.
CDHĐ +2.0	Cập nhật hồ sơ tẩy xạ và tháo dỡ để xin phép bắt đầu giai đoạn tháo dỡ.
CDHĐ +2.3	Tẩy xạ các khu vực và thiết bị để thuận tiện cho công việc tháo dỡ.
CDHĐ +2.5	Chuyển các BNL đã cháy xuống cất giữ lâu dài ở Nhà số 5 hoặc chuyển trả về Nga.
CDHĐ +2.6	Tháo dỡ các cấu kiện bên trong bể lò, cột nhiệt, kênh thí nghiệm nằm ngang và thùng lò; tháo dỡ hệ làm mát vòng 1 và vòng 2; tháo dỡ tường bê tông bảo vệ sinh học; tháo nước và tháo dỡ bể chứa nhiên liệu đã cháy; tháo dỡ các xà lim nóng ở các phòng sản xuất đồng vị phóng xạ Nhà số 1; Tháo dỡ các thiết bị phụ trợ sạch và các cấu trúc không nhiễm bẩn để dự phòng cho việc ra vào.
CDHĐ +4.0	Tiến hành khảo sát đặc trưng phóng xạ cuối cùng trong gian nhà lò, Nhà số 1, Nhà số 2 và Nhà số 2A.
CDHĐ +4.6	Biên soạn báo cáo phân tích an toàn sau cùng và chấm dứt giấy phép tẩy xạ và tháo dỡ.

6. KIỂM TRA VÀ BẢO DƯỠNG

Trong quá trình tháo dỡ kết thúc hoạt động, một phần của các hệ thống công nghệ hiện có trong giai đoạn LPU đang hoạt động sẽ được tiếp tục vận hành. Các hệ thống được vận hành cho đến khi kết thúc hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ sẽ là mục tiêu cho chương trình kiểm tra và bảo dưỡng. Chương trình này sẽ được xem xét và cập nhật để phù hợp với từng thời điểm tương ứng của giai đoạn tháo dỡ và tẩy xạ. Khi các hoạt động tháo dỡ được triển khai và một số hệ thống hoặc các thiết bị được loại bỏ không sử dụng nữa, chương trình kiểm tra và bảo dưỡng sẽ phải được sửa đổi cho phù hợp với các hệ thống còn lại.

6.1. CÁC THIẾT BỊ VÀ HỆ THỐNG YÊU CẦU KIỂM TRA VÀ BẢO DƯỠNG

Các thiết bị và hệ thống dưới đây dự kiến sẽ được tiếp tục vận hành trong giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL và cần được kiểm tra và bảo dưỡng định kỳ:

- Hệ kiểm soát liều khu vực Nhà số 1, được dùng để kiểm soát bức xạ gamma ở 12 vị trí, bao gồm: trên bề mặt lò, trên bể chứa nhiên liệu cháy, phòng đặt thiết bị bơm vòng I (phòng 148), phòng điều khiển lò (phòng 128), phòng thông gió và lọc khí (phòng 127), cũng như trên các đường ống của hệ làm mát vòng I và vòng II.
- Hệ theo dõi các thông số công nghệ: cung cấp khả năng theo dõi mức nước, lưu lượng nước, và độ dẫn điện của nước trong bể chứa nhiên liệu cháy.
- Hệ thống thông gió cho gian nhà lò và hệ thống thông gió cho các phòng làm việc ở Nhà số 1.
- Các hệ thống phụ trợ như: hệ cung cấp nước tinh khiết để bổ sung vào bể chứa nhiên liệu cháy, hệ thống cấp nước sinh hoạt, hệ cầu quay gian nhà lò, hệ thống thông tin liên lạc, v.v...
- Hệ thống cung cấp điện bình thường và khẩn cấp cho toàn bộ cơ sở LPUHNĐL.
- Hệ thống bảo vệ an ninh như hệ thống camera và sensor giám sát trong gian nhà lò và tại Nhà số 5.
- Hệ thống phòng cháy và chữa cháy trong toàn cơ sở, bao gồm các đầu dò khói và thiết bị chữa cháy (bơm cứu hoả, vòi nước, bình chữa cháy,...).

Ngoài ra, trong quá trình thực hiện tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL, một số thiết bị và hệ thống sẽ được lắp đặt bổ sung và cũng cần được kiểm tra và bảo dưỡng định kỳ.

6.2. KẾ HOẠCH KIỂM TRA VÀ BẢO DƯỠNG

Kiểm tra và bảo dưỡng định kỳ các hệ thống/thiết bị công nghệ của LPU theo đúng quy trình và quy phạm là để duy trì độ tin cậy và hiệu quả sử dụng của tất cả các thiết bị/hệ thống theo đúng tính năng kỹ thuật và tính toán thiết kế ban đầu. Do vậy, Viện Nghiên cứu hạt nhân có trách nhiệm đảm bảo kinh phí, vật tư kịp thời cho việc thực hiện công tác kiểm tra và bảo dưỡng.

Trưởng nhóm Vận hành, Bảo dưỡng và Tháo dỡ có trách nhiệm xây dựng, tổ chức thực hiện đầy đủ kế hoạch, nội dung kiểm tra và bảo dưỡng. Một thành viên trong Ban Lãnh đạo Nhóm Vận hành, Bảo dưỡng và Tháo dỡ phụ trách công tác kiểm tra và bảo dưỡng là người giúp

Trưởng nhóm thực hiện trực tiếp công tác này. Kết quả thực hiện kiểm tra và bảo dưỡng phải được báo cáo bằng văn bản đến Trưởng nhóm. Hệ thống/thiết bị đã được kiểm tra và bảo dưỡng chỉ được đưa vào vận hành trở lại sau khi được Trưởng nhóm Vận hành, Bảo dưỡng và Tháo dỡ xem xét và phê duyệt.

Các phòng chuyên môn thuộc Nhóm Vận hành, Bảo dưỡng và Tháo dỡ; Nhóm Hành chính – Tổ chức và Nhóm An toàn Bức xạ và Công nghiệp có trách nhiệm thực hiện đầy đủ các yêu cầu kiểm tra và bảo dưỡng đối với các hệ thống/thiết bị do đơn vị mình phụ trách. Tất cả nhân viên thực hiện công tác kiểm tra và bảo dưỡng phải nắm vững quy trình và hiểu rõ cấu tạo, nguyên tắc hoạt động của loại hệ thống/thiết bị được kiểm tra và bảo dưỡng.

Tất cả các kết quả kiểm tra và bảo dưỡng cho các hệ thống/thiết bị phải được ghi vào sổ theo dõi việc kiểm tra và bảo dưỡng cho các hệ thống/thiết bị tương ứng và đồng thời cũng được ghi vào các biểu mẫu tương ứng của Chương trình bảo đảm chất lượng (QA).

Định kỳ, kế hoạch kiểm tra và bảo dưỡng phải được xem xét lại và có thể sửa đổi, bổ sung cho phù hợp với điều kiện thực tế có tính đến các yếu tố như kinh nghiệm vận hành, sự lão hoá hoặc khi có sửa đổi thiết kế đối với các hệ thống công nghệ của LPU.

Trưởng nhóm Vận hành, Bảo dưỡng và Tháo dỡ có trách nhiệm trình kế hoạch kiểm tra và bảo dưỡng hàng năm để Trưởng ban quản lý dự án phê duyệt. Ngoài ra Trưởng nhóm Vận hành, Bảo dưỡng và Tháo dỡ có trách nhiệm định kỳ tổ chức các đợt huấn luyện cho các nhân viên thực hiện công tác kiểm tra và bảo dưỡng.

7. QUẢN LÝ THẢI PHÓNG XẠ

Quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL yêu cầu xử lý lượng thải phóng xạ đặc trưng của một lò phản ứng cụ thể nhằm làm giảm hoạt độ phóng xạ xuống mức cho phép giải phóng cơ sở/vị trí khỏi sự giám sát của pháp qui để sử dụng lại không bị hạn chế. Những thiết bị và vật liệu không thể tẩy xạ xuống mức thấp hơn tiêu chuẩn giải phóng vật liệu phóng xạ sẽ được xử lý như là chất thải phóng xạ.

Trong quá trình thực hiện công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL, cơ sở xử lý thải phóng xạ hiện có ở Viện NCHN sẽ được tiếp tục sử dụng và cần trang bị thêm một số thiết bị để phục vụ cho việc thu gom, phân loại, xử lý, điều kiện hóa, vận chuyển, lưu giữ chất thải sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ. Tuy nhiên, do thải phóng xạ sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ có một lượng thể tích lớn, hoạt độ phóng xạ bao trùm một dải rộng và có một số vật liệu thải đặc biệt (khác với thải sinh ra trong quá trình hoạt động, bảo dưỡng của cơ sở), nên cần có sự nghiên cứu và xây dựng các kỹ thuật xử lý cho từng loại thải phóng xạ cũng như những kỹ thuật xử lý cho những cấu trúc bị nhiễm xạ.

7.1. NHẬN DẠNG CÁC DÒNG THẢI

Thải phóng xạ sinh ra trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL sẽ bao gồm chất thải bị kích hoạt, chất thải bị nhiễm bản phóng xạ và chất thải thứ cấp sinh ra từ các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ. Bốn loại thải phóng xạ dưới đây dự kiến sẽ sinh ra trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL:

- Thải phóng xạ rắn;
- Thải phóng xạ lỏng;
- Thải phóng xạ thể khí;
- Thải chứa cả vật liệu phóng xạ và vật liệu nguy hiểm khác.

Các phần tiếp theo trong các mục 7.2, 7.3, 7.4 và 7.5 sẽ trình bày chi tiết các dòng thải phóng xạ được sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL.

7.2. THẢI PHÓNG XẠ RẮN

7.2.1. Các loại thải phóng xạ rắn

Các loại thải phóng xạ rắn dự kiến sẽ sinh ra trong hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU' bao gồm thải phóng xạ rắn sơ cấp và thải phóng xạ thứ cấp, chiếm phần lớn của dòng thải phóng xạ sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ.

Những dòng thải phóng xạ rắn sơ cấp chủ yếu bao gồm:

- Thải kim loại có hoạt độ phóng xạ từ thấp tới cao như những cấu kiện bên trong Lò phản ứng, thùng lò, các bơm nước vòng I, các hố thu, van, đường ống, vật liệu xây dựng, ...;
- Thải kim loại có thể nén được ở áp lực cao có hoạt độ từ thấp tới cao từ những nguồn giống như trên cộng thêm vào các đường cáp điện, thiết bị đo đạc bị nhiễm xạ, ...;
- Bê tông và gạch có thể nén vụn được ở áp lực cao từ những hoạt động phá hủy của những vật liệu bị kích hoạt hoặc bị nhiễm xạ;
- Những tấm lót sàn bị nhiễm xạ;

- Bùn cặn từ những lắng đọng lại trong các hồ thu và các bơm chất lỏng;
- Đất bị nhiễm xạ;
- Thải đặc biệt như gạch chì bị nhiễm xạ, graphit và berili;
- Thải có thể đốt được như quần áo bảo hộ, dụng cụ trong phòng thí nghiệm;
- Nhựa trao đổi ion dùng trong hệ lọc nước bề chứa thanh nhiên liệu đã cháy.

Những dòng thải phóng xạ rắn thứ cấp chủ yếu bao gồm:

- Nhựa trao đổi ion dùng trong hệ xử lý nước thải phóng xạ;
- Bùn cặn tạo ra trong suốt hoạt động cắt, khoan sử dụng nước làm mát;
- Xi sắt tạo ra trong hoạt động cắt kim loại;
- Các phin lọc HEPA thải ra từ các hệ thống thông gió.

7.2.2. Ước tính khối lượng/thể tích của chất thải phóng xạ rắn

Dựa vào kết quả tính toán, hoạt độ, khối lượng và thể tích của thải phóng xạ rắn từ các thành phần cấu trúc chính của LPU'HNĐL bị kích hoạt phân theo hai mức có hoạt độ riêng lớn hơn 1 Bq/g và lớn hơn 10 Bq/g với thời gian nguội từ 1-10 năm được cho trên các Bảng 7.1-7.5 (Xem “**Báo cáo kết quả nghiên cứu đánh giá các đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt**”).

Bảng 7.1. Hoạt độ và thể tích thải của bê-tông trong cấu trúc che chắn phóng xạ

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Thể tích (m ³)	Hoạt độ riêng (MBq/m ³)	Hoạt độ tổng (MBq)	Thể tích (m ³)	Hoạt độ riêng (MBq/m ³)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	44,4	1695	75275	25,3	2962	75029
3	37,0	818	30305	19,3	1562	30109
5	34,5	610	21016	17,3	1207	20840
10	30,2	386	11665	13,9	830	11509

Bảng 7.2. Hoạt độ và khối lượng thải của graphite trong vành phản xạ lò

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	770	7,36E+03	5667	770	7,36E+03	5667
3	770	5,32E+03	4100	770	5,32E+03	4100
5	770	4,21E+03	3245	770	4,21E+03	3245
10	770	2,64E+03	2032	770	2,64E+03	2032

Bảng 7.3. Hoạt độ và khối lượng thải của graphite trong cột nhiệt, cột nhiệt hóa

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	5641	1,42E+02	804	3764	2,10E+02	791
3	5641	1,06E+02	599	3642	1,65E+02	602
5	5602	8,57E+01	480	3510	1,33E+02	465
10	4894	6,24E+01	306	3025	9,85E+01	298

Bảng 7.4. Hoạt độ và khối lượng thải của nhôm trong vành phản xạ lò

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	129	1,12E+06	143943	129	1,12E+06	143943
3	129	3,65E+05	46940	129	3,65E+05	46940
5	129	2,22E+05	28595	129	2,22E+05	28595
10	129	1,18E+05	15168	129	1,18E+05	15168

Bảng 7.5. Hoạt độ và khối lượng thải của nhôm trong các cấu kiện lò (trừ vành phản xạ)

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	580	1,95E+05	113220	530	1,95E+05	113219
3	568	6,62E+04	37623	471	6,62E+04	37622
5	562	4,32E+04	23204	449	4,32E+04	23204
10	537	4,26E+04	12493	406	4,26E+04	12492

Ngoài ra, hoạt độ các đồng vị phóng xạ chính trong các vật liệu cấu trúc LPU cũng đã được tính toán và trình bày trên các Bảng 7.6-7.8.

Bảng 7.6. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong bê-tông che chắn

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
Ca-41	1468	1467	1466	1464
Ca-45	32991	1475	66	0
Fe-55	25122	14728	8637	2274
Co-60	1508	1159	890	461
Sb-125	571	346	210	60
Cs-134	1148	586	299	56
Sm-151	685	674	664	638
Eu-152	10178	9186	8291	6419
Eu-154	445	379	322	215

Bảng 7.7. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong graphite

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Vành phản xạ)				Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Phần còn lại)			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
C-14	837	836	836	837	130	130	130	130
Co-60	3669	2819	2166	1124	554	426	327	169
Sn-119m	480	61	8	0	54	7	1	0
Sb-125	503	305	185	53	48	29	18	5
Te-125m	123	74	45	13	12	7	4	1

Bảng 7.8. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong vật liệu nhôm

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Vành phản xạ)				Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Phần còn lại)			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
Co-60	53245	35323	25537	13302	34965	26109	19841	10348
Ni-63	2416	2054	1902	1842	2351	2249	2190	2123
Zn-65	88051	9527	1123	6	75825	9234	1144	6

Bảng 7.9 liệt kê các thiết bị và hệ thống của LPU'HNĐL và trong các phòng thí nghiệm có thể bị nhiễm bắn phóng xạ.

Bảng 7.9. Dự kiến các hệ thống và thiết bị của LPUHNĐL bị nhiễm bắn phóng xạ

Loại cấu kiện	Vật liệu chính	Nơi lắp đặt
HỆ THỐNG LÀM MÁT SƠ CẤP		
Các bơm vòng I	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Bình trao đổi nhiệt	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Các đường ống	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Các van	Thép không rỉ	Gian nhà lò
HỆ LỘC NƯỚC VÒNG I		
Các phin lọc cơ	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Các phin lọc trao đổi ion	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Các đường ống	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Các van	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Nhựa trao đổi ion	Hợp chất hữu cơ	Gian nhà lò
HỆ LỘC NƯỚC BỂ CHỨA THANH NHIÊN LIỆU ĐÁ CHÁY		
Bơm vận chuyển		Gian nhà lò
Các phin lọc cơ	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Các phin lọc trao đổi ion	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Các đường ống	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Các van	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Nhựa trao đổi ion	Hợp chất hữu cơ	Gian nhà lò
CÁC HỆ THỐNG PHỤ TRỢ		
Hệ thống thông gió V1	Thép thường, phin lọc HEPA	Gian nhà lò
Hệ thống thông gió các phòng thí nghiệm Nhà số 1	Thép thường	Gian nhà lò và Nhà số 1
Hệ thống thông gió “hot cell”	Thép thường, phin lọc HEPA	Nhà số 1
Dụng cụ tay gấp bó nhiên liệu	Thép không rỉ	Gian nhà lò
Container vận chuyển thanh nhiên liệu đã cháy	Chì	Gian nhà lò
Hệ thống thu gom và vận chuyển nước thải phóng xạ	Thép không rỉ	Nhà số 1 và Nhà số 2
Hệ thống xử lý nước thải phóng xạ	Thép không rỉ	Nhà số 2
CÁC THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM Ở NHÀ 1		
Kênh chuyển mẫu khí nén 13-2	Nhôm, chì	Gian nhà lò và Nhà số 1
Kênh chuyển mẫu khí nén 7-1	Nhôm, chì	Gian nhà lò và Nhà số 1
Các hotcell sản xuất đồng vị phóng xạ	Thép không rỉ, chì	Nhà số 1
Các thiết bị thí nghiệm của Trung tâm Phân tích đặt trong các phòng 122 ^A , 122 ^B , 122 ^C Nhà số 1	Thép không rỉ, chì	Nhà số 1
CÁC THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM Ở NHÀ 2		
Các thiết bị thí nghiệm của Trung tâm Phân tích đặt trong các 04 và 07 Nhà số 2A	Thép không rỉ, chì	Nhà số 2A

7.2.4. Xử lý thải phóng xạ rắn

Việc xử lý chất thải phóng xạ rắn bao gồm công việc tẩy xạ, xử lý và điều kiện hoá để làm giảm thể tích lưu giữ chất thải phóng xạ.

Việc tẩy xạ sơ bộ (thô) được thực hiện tại chỗ trong khu vực tháo dỡ sẽ được đảm nhận bởi các nhân viên của Nhóm Vận hành, Bảo dưỡng và Tháo dỡ dưới sự phối hợp kiểm soát liều phóng xạ của các nhân viên từ Nhóm An toàn Bức xạ và Công nghiệp. Phương pháp tẩy xạ được áp dụng có thể bao gồm việc phun nước rửa sạch các bề mặt hay dùng xà Nhóm để tẩy xạ các thành phần có bề mặt phức tạp và có kích thước lớn hoặc dùng tấm phủ mỏng bằng giấy hấp thụ ướt để tẩy xạ các bề mặt phẳng. Tuy nhiên hai phương pháp sau hy vọng sẽ ít được sử dụng khi tháo dỡ LPU'HNĐL.

Các thành phần cấu trúc của LPU' như bê tông và kim loại sẽ được tháo dỡ, chia nhỏ (nếu có thể) và đóng thành các kiện thải trước khi chuyển đến Nhà lưu giữ tạm thời chất thải phóng xạ (Nhà số 5). Việc vận chuyển các kiện thải từ nơi tháo dỡ đến Nhà số 5 sẽ được thực hiện bằng các xe tải với các qui trình được biên soạn trước và đã được phê duyệt.

Việc đóng gói tại Nhà số 5 sẽ bao gồm công việc phân loại và cho chất thải vào thùng phuy chuẩn (200 lít), ép chất thải với áp suất cao và sau đó điều kiện hoá chất thải bằng bê tông (nếu cần). Qui trình này phải được chuẩn bị dưới dạng văn bản nhằm đảm bảo:

- Công việc được tiến hành tuân theo sự phê duyệt của Ban Lãnh đạo Viện NCHN;
- Các yêu cầu cụ thể cho việc đóng gói được chỉ rõ;
- Các yêu cầu về đảm bảo chất lượng cho công việc đóng gói được tuân theo;
- Việc theo dõi suất liều và mức độ nhiễm bẩn của mỗi kiện thải được thực hiện đầy đủ và được ghi chép lại, và
- Mỗi kiện thải được đánh dấu, dán nhãn và kiểm kê.

Các kiện thải phóng xạ phải đáp ứng được các tiêu chuẩn cho việc vận chuyển và chôn cất cho từng loại chất thải sinh ra trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ. Các chỉ dẫn cho việc xác định thành phần đồng vị phóng xạ trong một kiện thải thông qua sự kết hợp giữ các phép đo trực tiếp, tính toán che chắn bức xạ, và việc sử dụng các trọng số bức xạ thích hợp nên được chỉ ra đầy đủ trong các quy trình đã được phê duyệt.

Khu vực Nhà số 5 sẽ được kiểm soát và giám sát để giảm thiểu sự phơi nhiễm phóng xạ cho công nhân và hạn chế tối đa sự phát tán ô nhiễm đến mức có thể.

7.2.5. Cất giữ tạm thời chất thải phóng xạ rắn chờ chuyển đi

Các chất thải phóng xạ rắn sẽ được cất giữ tạm thời một thời gian ở Nhà số 5 trước khi chuyển đến một cơ sở cất giữ lâu dài của quốc gia. Khu vực Nhà số 5 là khu vực kiểm soát (controlled area) và cách xa các Nhà số 1, Nhà số 2 và Nhà số 2A. Việc kiểm tra định kỳ các kiện thải lưu giữ trong khu vực này sẽ được thực hiện định kỳ để đảm bảo tính toàn vẹn của chúng luôn được duy trì.

Việc kiểm soát an ninh cho khu vực Nhà số 5 sẽ được tăng cường nhằm ngăn ngừa sự xâm phạm trái phép vào khu vực và các vật liệu phóng xạ được lưu giữ bên trong. Ngoài ra, các biện pháp phòng ngừa cần được thực hiện để đảm bảo rằng các gói thải được bảo vệ thích

hợp, tránh các rủi ro nguy hiểm tại khu vực cất giữ (ví dụ như, điều kiện thời tiết khắc nghiệt và sự di chuyển của các tải nặng).

7.3. THẢI PHÓNG XẠ LÔNG

Hai dòng thải phóng xạ lông chính dự kiến sẽ sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU bao gồm:

- Nước tháo ra từ bể lò được sử dụng để làm mát và làm chậm neutron, hoặc từ hoạt động và bảo dưỡng bình thường của cơ sở, hoặc từ những hoạt động làm sạch những vật liệu bị nhiễm bắn phóng xạ không đáng kể, hoặc từ việc làm mát cho một số thiết bị phục vụ tháo dỡ;
- Dung dịch tẩy xạ, dung dịch sau tái sinh nhựa trao đổi ion của trạm xử lý thải phóng xạ lông.

Chất thải phóng xạ lông sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU sẽ được xử lý tại Trạm xử lý nước thải phóng xạ đặt tại khu vực Nhà số 2 bằng phương pháp keo tụ, lắng lọc và trao đổi ion 2 cấp hoặc bằng phương pháp bốc hơi hiện đang áp dụng tại Viện NCHN. Các Hình 7.1 và 7.2 cho sơ đồ nguyên lý của hệ thống keo tụ và khử khoáng và hệ thống hoá hơi hiện có ở Viện NCHN. Bùn cặn sinh ra từ hệ thống keo tụ và khử khoáng hay cặn đã được hoá rắn từ hệ thống bốc hơi sẽ được vận chuyển đến khu vực Nhà số 5 và xử lý như chất thải phóng rắn đã đề cập ở phần 7.2.4.

7.4. CHẤT THẢI PHÓNG XẠ THỂ KHÍ

Chất thải phóng xạ thể khí sinh ra trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPU chủ yếu bao gồm các hạt có nguồn gốc từ các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ khác nhau. Thiết bị xử lý chất thải phóng xạ thể khí bao gồm hệ thống thông gió với phin lọc HEPA. Mục đích của hệ thống xử lý chất thải phóng xạ thể khí là để theo dõi và kiểm soát sự giải phóng khí phóng xạ ra môi trường và cung cấp sự thông gió đầy đủ nhằm giảm thiểu sự nhiễm bắn phóng xạ trong khu vực LPU.

Khí thải phóng xạ từ cơ sở LPU sẽ được thải ra bên ngoài qua hệ phin lọc HEPA được đặt bên ngoài cơ sở. Thiết bị theo dõi sẽ giám sát luồng phóng xạ, liên tục đưa ra các kết quả đo từ lối ra của phin lọc HEPA. Các quy trình sẽ được thiết lập và kiểm soát để hỗ trợ việc lấy mẫu, đo đạc, và báo cáo sự giải phóng khí phóng xạ nhằm đảm bảo rằng khí thải được theo dõi và duy trì ở mức giới hạn cho phép.

Hoạt động tháo dỡ nên được tiến hành theo kế hoạch định trước để đảm bảo khí thải phóng xạ thoát ra ngoài sẽ được giảm thiểu và được theo dõi chặt chẽ bằng cách thực hiện những xem xét sau trong quá trình lập kế hoạch chi tiết cho hoạt động tháo dỡ:

- Duy trì một hệ thống xử lý khí thải phóng xạ với hệ thống thông gió tạm thời hoặc di động có gắn các phin lọc HEPA;
- Sử dụng hệ thống lọc HEPA tại chỗ khi các hoạt động nào đó trong nội bộ có thể làm phát tán đáng kể các hạt bụi phóng xạ;
- Sử dụng bổ sung phin lọc HEPA tổng hợp khi các phin lọc HEPA tại chỗ không hiệu quả hoặc việc sử dụng đơn lẻ có thể dẫn đến việc phát tán đáng kể các hạt bụi phóng xạ;
- Thiết lập quản lý để kiểm soát tại điểm thải ra bên ngoài môi trường của hệ thống gió

tạm thời; và

- Thiết lập các quy trình cho việc phân tích luồng khí qua tất cả các đường dẫn quan trọng được sử dụng trong suốt thời gian tẩy xạ và tháo dỡ.

7.4. CHẤT THẢI CHỨA CẢ VẬT LIỆU PHÓNG XẠ VÀ VẬT LIỆU NGUY HIỂM KHÁC

Chất thải hỗn hợp hoạt độ thấp dự kiến có thể sẽ sinh ra trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ bao gồm lớp sơn ở bên ngoài của cấu trúc che chắn LPU, chì, các tấm lót sàn, ... Những vật liệu này sẽ được phân loại để sử dụng lại, tái sinh hay chuyển đến hệ thống chôn thải thông thường.

Trong quá trình tiến hành tẩy xạ và tháo dỡ LPU không nên dùng hóa chất hoặc các chất khác mà khi sử dụng sẽ có khả năng tạo ra chất thải hỗn hợp. Chất thải hỗn hợp sẽ được quản lý theo quy định của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

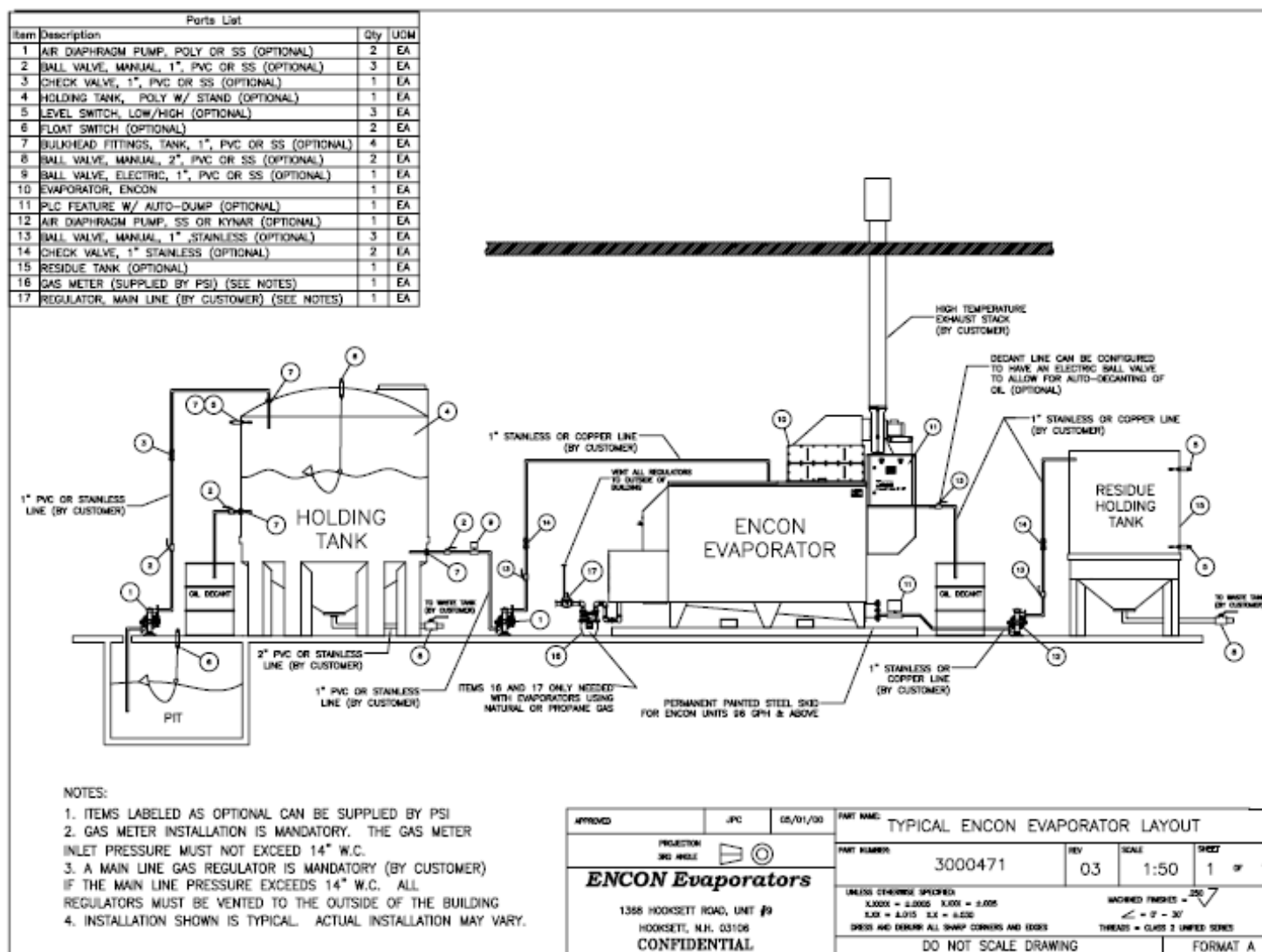
7.5. GIẢM THIỂU TỐI ĐA CHẤT THẢI PHÓNG XẠ

Việc giảm thiểu đáng kể thể tích thải phóng xạ sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ sẽ đạt được nếu thực hiện các biện pháp sau:

- a) Chuẩn bị trước Kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ; phân vùng, sắp xếp thứ tự thực hiện công việc và kiểm soát nhiễm bẩn phóng xạ;
- b) Lựa chọn kỹ thuật tẩy xạ và tháo dỡ;
- c) Phân loại vật liệu thải;
- d) Có Chương trình tẩy xạ các thiết bị và công cụ bị nhiễm xạ
- e) Tách riêng thải phóng xạ từ thải không phóng xạ trong suốt hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ;
- f) Có Chiến lược sử dụng lại và tái chế thải;
- g) Giải phóng những vật liệu hoạt độ thấp được quy định như thải thường hoặc cho sử dụng lại và tái chế.
- h) Xem xét về lợi ích kinh tế.

Việc giảm thiểu chất thải phóng xạ sẽ được thực hiện tại Viện NCHN trong suốt quá trình tẩy xạ và tháo dỡ. Việc này sẽ được giải quyết bằng sự quản lý tập trung, đào tạo nhân viên và bằng các quy trình để đảm bảo rằng việc giảm khối lượng được quan tâm trong từng công việc. Các dụng cụ sử dụng trong LPUHNDL sẽ được kiểm soát và tái sử dụng để giảm thiểu số lượng các dụng cụ bị nhiễm xạ, và tất cả các thiết bị và vật liệu được cung cấp từ các công ty bên ngoài cần được thiết kế thuận lợi cho việc tẩy xạ. Một chương trình giảm thiểu việc đóng gói các vật liệu không cần thiết khác bên trong khu vực kiểm soát của LPUHNDL nên được thiết lập. Thêm vào, việc đóng thùng chất thải phóng xạ trong quá trình tháo dỡ sẽ được thực hiện theo các quy trình soạn sẵn. Mục tiêu chính của những quy trình này là nhằm đảm bảo các khoảng trống trong các thùng được giảm thiểu và việc giảm khoảng trống sẽ giúp cho thể tích chất thải phóng xạ sinh ra được giảm xuống đến mức tối đa có thể.

Tất cả nhân viên thường xuyên làm việc trong khu vực kiểm soát bức xạ của LPU sẽ được đào tạo cơ bản về bức xạ. Chương trình đào tạo này nên bao gồm cả chương trình giảm thể tích chất thải phóng xạ một cách có hiệu quả.



Hình 7.2. Sơ đồ bố trí Hệ bốc hơi của Viện NCHN

8. ƯỚC TÍNH SƠ BỘ CHI PHÍ TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ VÀ CƠ CHẾ CẤP KINH PHÍ

8.1. ƯỚC TÍNH SƠ BỘ CHI PHÍ

Việc ước tính sơ bộ chi phí cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL được thực hiện dựa trên cơ sở phân tích chi phí tẩy xạ và tháo dỡ LPU nghiên cứu TRIGA Mark II của trường Đại học Illinois ở Champaign-Urbana, Hoa Kỳ và dựa theo kỹ thuật “Bottom up” và phương pháp “Work Breakdown Structure – WBS”. Cách tiếp cận của phương pháp này đã được phát triển bởi sự hợp tác của các tổ chức Cộng đồng Châu Âu (EC), Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) và OECD/Nuclear Energy Agency (NEA). Trong quá trình tiến hành phân tích để ước tính chi phí cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL, các tài liệu đánh giá chi phí cho việc tẩy xạ và tháo dỡ cơ sở hạt nhân của một số nước đã được dùng để tham khảo. Ngoài ra, kết quả nhận được từ việc ước tính chi phí cho hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL cũng đã được so sánh với ước tính chi phí cho hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ của một số LPU nghiên cứu có các đặc trưng tương tự với LPUHNĐL.

Bảng 8.1 trình bày kết quả ước tính sơ bộ chi phí tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL với giả thiết rằng chiến lược được lựa chọn để thực hiện việc tẩy xạ và tháo dỡ cho LPUHNĐL là tháo dỡ tức thời. Khi phân tích các hạng mục chính, chi phí cho việc cất giữ hay vận chuyển vật liệu hạt nhân chưa được tính đến vì có thể các bó nhiên liệu hoặc cất giữ một thời gian dài tại Viện NCHN hoặc sẽ chuyển trả về Nga. Việc phân tích chi tiết chi phí cho hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL cũng như thông tin về chi phí cho hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ một số LPU nghiên cứu trên thế giới được trình bày ở **Phụ lục A** của báo cáo này.

Bảng 8.1. Kết quả ước tính chi phí cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL

TT	Những hạng mục chính của dự án tháo dỡ, tẩy xạ	Số tiền ước tính năm 2011		Tỷ lệ phần trăm (%)
		USD	VND	
1	Những hoạt động chuẩn bị tháo dỡ, tẩy xạ	72569	1496223518	2,6
2	Những hoạt động chấm dứt hoạt động cơ sở	219668	4529108981	7,9
3	Mua hay tìm được những thiết bị, vật liệu phục vụ dự án	94637	1951233913	3,4
4	Hoạt động tháo dỡ	502043	10351112785	18,1
5	Xử lý và vứt bỏ thải	926152	19095395930	33,5
6	An ninh, giám sát và bảo dưỡng	101142	2085349022	3,7
7	Tạo mỹ quan và khôi phục lại địa điểm	54507	1123825326	2,0
8	Quản lý dự án, công việc và phụ giúp địa điểm	44625	920085432	1,6
9	Công việc khác	752858	15522422442	27,2
	Tổng chi phí	2768200	57074757350	100,0

Kết quả ước tính nêu trên chỉ là ước tính sơ bộ. Chi phí cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL nên được tiếp tục cập nhật, đặc biệt là cần chi tiết hơn trong kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ cuối cùng cho LPUHNĐL.

8.2. CƠ CHẾ CẤP KINH PHÍ

Viện nghiên cứu hạt nhân là viện nghiên cứu của quốc gia và do vậy Chính phủ sẽ đảm bảo cung cấp nguồn tài chính trong suốt quá trình hoạt động của cơ sở, bao gồm cả chi phí cho hoạt động của LPU và chi phí cho việc tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sau khi chấm dứt hoạt động. Điều này được qui định cụ thể trong điều 7 và điều 40, mục 3 Luật Năng lượng Nguyên tử Việt Nam. Do vậy, nguồn tài chính hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sẽ được đảm bảo sẵn sàng khi cần.

9. ĐÁNH GIÁ AN TOÀN CHO CÁC CÔNG VIỆC TẮY XẠ VÀ THÁO DỠ LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

Tháo dỡ kết thúc hoạt động của một cơ sở hạt nhân bao gồm những hoạt động hành chính và kỹ thuật nhằm loại bỏ vĩnh viễn một phần hay toàn bộ việc kiểm soát của cơ quan pháp qui đối với cơ sở đó. Những hoạt động này bao gồm các công việc tẩy xạ, tháo dỡ và di chuyển vật liệu phóng xạ, các thành phần cấu trúc có nhiễm phóng xạ và chất thải phóng xạ. Trong tất cả các giai đoạn tháo dỡ kết thúc hoạt động, nhân viên làm việc tại cơ sở, dân chúng và môi trường cần được bảo vệ khỏi các mối nguy hiểm liên quan đến các tiến trình tháo dỡ kết thúc hoạt động. Những rủi ro có liên quan đến bức xạ cũng như không liên quan đến bức xạ và các biện pháp bảo vệ cần phải được xác định rõ ràng trong một bản đánh giá về an toàn để đảm bảo sự an toàn của nhân viên, dân chúng và môi trường khi thực hiện các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ. Nhằm phục vụ công việc tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL trong tương lai, việc đánh giá an toàn sơ bộ cho hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ cần được tiến hành, trong đó các rủi ro do bức xạ và không liên quan đến bức xạ cũng như các biện pháp ngăn ngừa và ứng phó với các rủi ro này trong quá trình thực hiện các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sẽ được đề cập.

9.1. TIÊU CHUẨN AN TOÀN

Trong quá trình tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ các thành phần cấu trúc và thiết bị của LPUHNĐL, mọi hoạt động phải được kiểm soát trong các giới hạn an toàn hạt nhân, an toàn bức xạ và an toàn lao động do cơ quan pháp qui qui định. Tiêu chuẩn cho liều chiếu xạ cá nhân phải tuân theo nguyên tắc ALARA với mục đích là tránh việc chiếu xạ không cần thiết và giảm thiểu liều chiếu đến mức thấp nhất một cách hợp lý có thể được. Theo các qui định đã được ban hành bởi cơ quan có thẩm quyền quốc gia, liều chiếu của các cá nhân cần phải được giới hạn sao cho liều hiệu dụng tổng cộng cũng như liều tương đương tổng cộng đối với các cơ quan hay mô do công việc bức xạ gây nên không được vượt quá các giới hạn liều như được đưa ra ở Bảng 9.1.

Bảng 9.1. Giới hạn liều nghề nghiệp và liều dân chúng

Dạng chiếu xạ	Giới hạn liều hàng năm, mSv/năm
Liều nghề nghiệp	20
Liều dân chúng	1

Đối với trường hợp xảy ra sự cố hoặc tai nạn, Viện NCHN cần phải có các biện pháp ứng phó nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của bức xạ lên nhân viên làm việc, dân chúng và môi trường. Trong trường hợp này, tiêu chuẩn chấp nhận sẽ bao gồm:

- Các lớp bảo vệ hoặc ngăn chặn phải được duy trì;
- Sự phóng thích sản phẩm phân hạch ra môi trường là không đáng kể.

Ngoài ra, các tiêu chuẩn về an toàn lao động, an toàn phòng chống cháy nổ (không liên quan đến bức xạ) đã được quy định cụ thể trong các văn bản pháp quy về an toàn lao động và an toàn phòng chống cháy nổ và do vậy sẽ không đề cập lại ở đây.

9.2. CÁC GIỚI HẠN VÀ ĐIỀU KIỆN VẬN HÀNH

Căn cứ vào những hướng dẫn của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA), các giới hạn và điều kiện vận hành áp dụng trong giai đoạn vận hành LPU cần phải được xem xét và định rõ lại cho giai đoạn tháo dỡ kết thúc hoạt động. Một số các giới hạn và điều kiện vận hành trong giai đoạn hoạt động của LPU nếu tiếp tục được áp dụng có thể trở thành những rào cản không cần thiết trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ. Các giới hạn và điều kiện vận hành áp dụng trong giai đoạn hoạt động của LPUHNĐL bao gồm các mức như: (1) các giới hạn an toàn, (2) các ngưỡng đặt của hệ thống an toàn, (3) các điều kiện giới hạn cho vận hành an toàn và (4) các yêu cầu về việc quản lý và giám sát. Ngoại trừ một số yêu cầu về việc quản lý và giám sát đã được quy định trong quy phạm vận hành LPUHNĐL, các mức còn lại đều không còn phù hợp hoặc không thể áp dụng cho giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ. Do vậy khi LPU chính thức chấm dứt hoạt động, các giới hạn và điều kiện vận hành cần phải được xem xét và sửa đổi lại cho phù hợp với giai đoạn mới. Đối với công tác quản lý chất thải phóng xạ tại Viện NCHN, các giới hạn và tiêu chuẩn an toàn sẽ được áp dụng dựa trên các pháp lệnh và qui định hiện hành về an toàn bức xạ và quản lý chất thải phóng xạ của quốc gia và các hướng dẫn của IAEA.

9.3. CÁC RỦI RO TRONG CÁC HOẠT ĐỘNG TẨY XẠ VÀ THÁO DỠ BÌNH THƯỜNG

Một số rủi ro có thể sẽ xảy ra trong khi tiến hành các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL. Ngoài các nguy cơ gây mất an toàn lao động (chẳng hạn như nguy hiểm khi thao tác với các thiết bị nặng, rơi ngã từ trên cao trong quá trình thao tác, nguy cơ gây chấn thương cho nhân viên từ các vật nhọn kim loại và các mảnh vụn từ các phôi cắt, khả năng gia tăng đáng kể số lượng bụi, khí độc,...) có thể thấy trước các mối nguy hiểm khác dự kiến sẽ xảy ra trong các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ. Những mối nguy hiểm đó bao gồm nguy hiểm khi tiếp xúc với vật liệu bị kích hoạt trong thời gian tẩy xạ, tháo dỡ, khảo sát, di chuyển và đóng gói các thành phần cấu kiện hay thiết bị. Tương tự, nguy cơ hấp thụ các nhân phóng xạ từ các bề mặt hay không khí bị ô nhiễm cũng cần được tránh nhờ các biện pháp bảo vệ an toàn. Công việc chính trong quá trình tháo dỡ kết thúc hoạt động của LPUHNĐL là việc loại bỏ dần các mối nguy hiểm phóng xạ bằng các phương pháp tẩy xạ và từng bước tháo dỡ các thành phần cấu trúc của LPU. Những công việc này đòi hỏi phải được tiến hành trong các giới hạn an toàn đã được các cấp có thẩm quyền phê duyệt. Tất cả các tình huống có khả năng gây nguy hiểm trong các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ cần được quan tâm và đánh giá một cách đầy đủ nhất có thể. Nhân viên làm việc, dân chúng và môi trường cần được bảo vệ bằng các phương pháp loại bỏ hoặc làm giảm các nguy cơ bức xạ và nguy cơ không liên quan đến bức xạ có thể phát sinh trong quá trình tháo dỡ kết thúc hoạt động.

Một số rủi ro liên quan đến bức xạ hoặc không liên quan đến bức xạ trong quá trình tiến hành công việc tháo dỡ và tẩy xạ LPUHNĐL có thể nhìn thấy trước như sau:

Các rủi ro liên quan đến bức xạ:

- Nguy cơ chiếu xạ từ các vật liệu bị kích hoạt hoặc từ các thành phần cấu trúc LPU;
- Nguy cơ hấp thụ các nhân phóng xạ phát tán trong quá trình tháo dỡ các thành phần cấu trúc của LPU.

Các rủi ro không liên quan đến bức xạ:

- Cháy, nổ;
- Các rủi ro liên quan đến các chất độc hại hay vật liệu độc hại;
- Các rủi ro liên quan đến điện hoặc có nguy cơ gây chấn thương cho nhân viên.

9.3.1. Các rủi ro liên quan đến bức xạ**9.3.1.1. Nguy cơ chiếu xạ từ các vật liệu bị kích hoạt hoặc từ các cấu trúc LPU'**

Việc tháo dỡ kết thúc hoạt động của một LPU' bao gồm việc tẩy xạ, tháo dỡ, di chuyển và đóng gói một lượng đáng kể các vật liệu phóng xạ (kể cả việc di chuyển nhiên liệu và các chất thải phóng xạ sinh ra trong quá trình vận hành LPU'). Nguy cơ chiếu xạ cho nhân viên từ các vật liệu bị kích hoạt từ các thành phần cấu trúc LPU' có thể sẽ tăng lên khi tiến hành các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ. Do vậy, việc xác định các thành phần cấu trúc của LPU', dựa trên lịch sử vận hành của lò nhằm xác định những thành phần đóng góp chính vào liều phóng xạ là rất cần thiết trong giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPU'. Các thành phần cấu trúc chủ yếu của LPU'HNĐL bao gồm:

- Cấu trúc che chắn LPU' được làm bê tông cốt thép để che chắn phóng xạ xung quanh và dưới đáy thùng lò;
- Các thành phần cấu trúc được làm bằng nhôm như thùng lò, các kênh ngang, vỏ bọc vành phản xạ, vỏ cột nhiệt, giá đỡ vành phản xạ, giếng hút, ống dẫn thanh điều khiển, ống nhôm bao quanh vùng hoạt, mâm xoi, v.v..;
- Các thành phần cấu trúc được làm bằng thép không gỉ như thanh điều khiển, một số ốc vít, hệ thống truyền động của mâm quay, ống nước vòng I, v.v..;
- Các thành phần cấu trúc được làm bằng vật liệu graphit như vành phản xạ, cột nhiệt, cột nhiệt hóa, v.v..

Ngay từ giai đoạn thiết kế LPU'HNĐL, việc lựa chọn các vật liệu có mức độ kích hoạt phóng xạ thấp hoặc chỉ sinh ra các đồng vị sống ngắn đã được quan tâm nhằm giảm thiểu liều gây ra trong khi tháo dỡ cũng như giảm lượng chất thải phóng xạ cần phải xử lý và cất giữ. Tuy nhiên đối với các tạp chất trong các thành phần cấu trúc của LPU', mặc dù với hàm lượng rất nhỏ nhưng do sản phẩm kích hoạt neutron của chúng có thời gian sống dài (như ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{152}Eu , v.v..) nên chúng là các nhân tố đóng góp chính vào suất liều phóng xạ khi tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ. Hiện nay, một số thành phần cấu trúc của LPU'HNĐL đã được lấy mẫu và phân tích bằng phương pháp kích hoạt neutron (NAA) nhằm xác định hàm lượng các thành phần tạp chất đóng góp chính vào mức liều phóng xạ. Các kết quả phân tích này cũng đã được sử dụng để tính toán các hoạt độ phóng xạ của các thành phần cấu trúc LPU' nhằm cung cấp dữ liệu cho việc xây dựng một kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL (Xem báo cáo “**Tính toán hoạt độ phóng xạ của các thành phần cấu trúc LPU'HNĐL chuẩn bị cho kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ**”). Từ kết quả tính toán cũng như kinh nghiệm nhận được từ các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ của các LPU' nghiên cứu loại TRIGA, có thể thấy rằng một số cấu trúc bên trong và xung quanh vùng hoạt như: vành nhôm bao quanh vùng hoạt, mâm xoi, vành phản xạ, thùng lò, các kênh ngang và cột nhiệt, cấu trúc che chắn LPU', v.v.. sẽ gây ra nguy cơ chiếu xạ cao cho nhân viên khi thao tác tháo dỡ. Ngoài ra, một số thành phần cấu trúc được làm bằng bê tông hoặc graphit cũng có thể phát tán bụi phóng xạ trong khi tháo dỡ, gây nguy cơ chiếu xạ cho nhân viên làm việc.

9.3.1.2. Nguy cơ hấp thụ các nhân phóng xạ phát tán trong quá trình tháo dỡ các thành phần cấu trúc LPU

Trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ các thành phần cấu trúc của LPU, nguy cơ hấp thụ các nhân phóng xạ từ thành phần cấu trúc hay không khí bị ô nhiễm sẽ tăng lên do tồn tại các đồng vị sống dài phát α như ^{232}Th và phát β như ^3H , ^{14}C , ^{45}Ca , ^{125}Sb , ^{154}Eu , v.v... có trong thành phần bê tông và graphit của LPU. Việc phát tán các nhân phóng xạ trên vào khu vực gian nhà lò và đi ra môi trường bên ngoài từ các hoạt động khoan cắt, loại bỏ và đóng gói các lớp bê tông che chắn và các cấu trúc khác của LPU cần phải được kiểm soát nghiêm ngặt. Như đã nói ở trên, tuy những đồng vị phóng xạ này không đóng góp nhiều vào hoạt độ tổng cộng của bê tông và graphit nhưng chúng rất có ý nghĩa trong việc đánh giá rủi ro đối với chiếu trong và công tác quản lý thải chất thải phóng xạ khi tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ.

9.3.2. Các rủi ro không liên quan đến bức xạ

Việc đánh giá an toàn cho những rủi ro không liên quan đến bức xạ trong suốt giai đoạn tháo dỡ kết thúc hoạt động là rất cần thiết. Các rủi ro này có thể bao gồm:

- Các nguy cơ cháy nổ;
- Nguy cơ phát tán các vật liệu độc hại sử dụng trong các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ;
- Các nguy cơ gây chấn thương cho nhân viên từ việc tẩy xạ và tháo dỡ các thành phần cấu trúc của LPU;
- Các sự cố liên quan đến điện.

Sau khi chấm dứt vận hành của LPUHNĐL, trong bản kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ cuối cùng, những nguy cơ gây ra các rủi ro không liên quan đến bức xạ như đã được liệt kê ở trên cần được xem xét đánh giá cụ thể để có kế hoạch ngăn chặn hoặc ứng phó thích hợp.

9.4. SỰ KIỆN BẤT THƯỜNG HOẶC SỰ CỐ

9.4.1. Các rủi ro, tai nạn liên quan đến bức xạ:

Đối với LPUHNĐL, sự cố hư hỏng vỏ bọc nhiên liệu và dẫn đến việc phóng thích các sản phẩm phân hạch từ nhiên liệu vào môi trường là có thể xảy ra. Những khả năng dẫn đến hư hỏng vỏ bọc nhiên liệu có thể là do ăn mòn hoặc do bất cẩn để rơi bỏ nhiên liệu trong khi thao tác vận chuyển ra khỏi vùng hoạt hoặc ra khỏi bể chứa nhiên liệu cháy (hư hỏng cơ học). Theo kết quả tính toán cho trường hợp hư hỏng cơ học, do các sản phẩm phân hạch trong vỏ bọc nhiên liệu giải phóng ra bên ngoài một lượng không đáng kể nên liều phóng xạ gây ra cho nhân viên thao tác chuyển tải (ở một thời gian nhất định trong gian nhà lò) và dân chúng xung quanh không vượt quá giới hạn liều cho phép.

Để đánh giá sự chiếu xạ đối với nhân viên và dân chúng trong trường hợp xảy ra sự cố giả định tối đa ở LPUHNĐL, một vỏ bọc nhiên liệu được chiếu xạ tại vị trí thông lượng cực đại trong vùng hoạt với độ cháy 30% được giả sử bị hư hỏng hoàn toàn vỏ bọc ngay sau khi kết thúc đợt vận hành liên tục 100 giờ. Kết quả tính toán liều phóng xạ trong trường hợp này cho thấy liều hiệu dụng tổng cộng lớn nhất đối với dân chúng vẫn thấp hơn liều giới hạn cho phép hàng năm (1 mSv/năm). Trong giai đoạn chuyển tiếp của LPUHNĐL (xin xem phần 5.1.2 của bản kế hoạch này), sự kiện giả định tối đa trên cũng vẫn có thể áp dụng với giả thiết rằng một vật nặng rơi vào khu vực cất giữ tạm các vỏ bọc nhiên liệu dẫn đến làm hỏng vỏ bọc, tuy nhiên

hậu quả phóng xạ gây ra trong trường hợp này sẽ thấp hơn nhiều so với trường hợp đã xét ở trên.

9.4.2. Các rủi ro, tai nạn không liên quan hoặc gián tiếp liên quan đến bức xạ:

- Hông hoặc đổ sập các cấu trúc xây dựng. Sự kiện này có thể xảy ra khi rơi các vật nặng hoặc sập cấu trúc mái nhà lò gây ra hông nhiên liệu trong quá trình vận chuyển, ảnh hưởng đến các cấu trúc khác trong khu vực nhà lò, gây chấn thương và nguy cơ chiếu xạ cho nhân viên thao tác chuyển tải. Tuy nhiên sự kiện này rất khó có thể xảy ra.
- Một số tai nạn giả định khác như các sự cố về an ninh hay các sự kiện bất thường bên ngoài khác như ngập lụt cơ sở, động đất, rơi máy bay, v.v... cũng rất khó có thể xảy ra nên không được xem xét trong báo cáo này.

9.5. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÒNG NGỪA VÀ GIẢM THIỂU

9.5.1. Các phương pháp ngăn chặn và giảm thiểu nguy cơ chiếu xạ từ các vật liệu bị kích hoạt hoặc từ các thành phần cấu trúc LPU

Nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu các nguy cơ chiếu xạ từ các vật liệu bị kích hoạt hoặc từ các thành phần cấu trúc LPU, các biện pháp phòng ngừa có thể được liệt kê như sau:

- Dự tính suất liều cho từng công việc tháo dỡ cụ thể.
- Giảm thiểu việc chiếu xạ bằng cách tẩy xạ các vật liệu nhiễm bẩn trước khi tiến hành công việc.
- Lắp đặt các lớp che chắn càng nhiều càng tốt và làm việc phía sau các lớp che chắn. Tránh làm việc hoặc hạn chế thời gian làm việc trong các vùng bức xạ cao, đảm bảo liều chiếu đến mức thấp nhất hợp lý có thể được.
- Cung cấp các đánh giá và chỉ dẫn đầy đủ những kỹ thuật thao tác phù hợp đã được phê duyệt bởi cơ quan có thẩm quyền.
- Có sự chuẩn bị trước từ bên ngoài vùng phóng xạ như đọc các quy trình thực hiện trước khi thao tác.
- Phát triển và sử dụng các thiết bị đặc biệt để giảm thời gian thao tác trong khu vực phóng xạ cao (nếu có thể).
- Nhân viên tham gia công việc tháo dỡ, khảo sát, di chuyển và đóng gói các thành phần cấu kiện nhiễm xạ phải được cấp phép và tuân thủ chặt chẽ các quy trình thao tác dưới sự giám sát của trưởng nhóm công tác hoặc nhân viên có thẩm quyền.
- Nhân viên trực an toàn bức xạ sẽ phải luôn có mặt và giám sát suất liều bức xạ khu vực làm việc.
- Chỉ có nhân viên có thẩm quyền mới được cho phép người vào làm việc trong khu vực kiểm soát.
- Các nhân viên làm việc trong khu vực giám sát phải mang đầy đủ các phương tiện bảo hộ.
- Tất cả nhân viên làm việc trong khu vực kiểm soát phải đeo liều kế cá nhân và thiết bị cảnh báo liều phóng xạ.
- Kiểm soát nhiễm bẩn cá nhân và thiết bị.
- Áp dụng chương trình đảm bảo chất lượng cho từng công việc cụ thể.
- Thực hành vệ sinh tốt để giảm liều chiếu và để ngăn chặn sự lây lan của nhiễm bẩn phóng xạ.

- Lấy mẫu định kỳ môi trường khu vực thao tác để kiểm tra mức độ nhiễm bẩn phóng xạ.

9.5.2. Các phương pháp ngăn chặn và giảm thiểu nguy cơ hấp thụ các nhân phóng xạ phát tán trong quá trình tháo dỡ các thành phần cấu trúc LPU

Nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu các nguy cơ hấp thụ các nhân phóng xạ phát tán trong quá trình tháo dỡ các thành phần cấu trúc LPU, các biện pháp phòng ngừa có thể được liệt kê như sau:

- Sử dụng các thiết bị bảo vệ che chắn để hạn chế chiếu trong và chiếu ngoài, ví dụ như che chắn khu vực thao tác bằng các vật liệu ngăn chặn phát tán như vải, nylon, đảm bảo hệ thống lọc và thông gió trực tiếp và dự phòng.
- Tránh làm việc hoặc hạn chế thời gian làm việc trong các vùng bức xạ cao.
- Giảm thiểu việc chiếu xạ bằng cách tẩy xạ các nhiễm bẩn phóng xạ trước khi tiến hành công việc.
- Cung cấp các đánh giá và chỉ dẫn đầy đủ những kỹ thuật thao tác phù hợp đã được phê duyệt bởi cơ quan có thẩm quyền.
- Có sự chuẩn bị trước từ bên ngoài vùng phóng xạ như đọc các quy trình thực hiện trước khi thao tác.
- Phát triển và sử dụng các thiết bị đặc biệt để giảm thời gian thao tác (nếu có thể).
- Nhân viên tham gia công việc tháo dỡ, khảo sát, di chuyển và đóng gói các thành phần cấu kiện nhiễm xạ phải được cấp phép và tuân thủ chặt chẽ các quy trình thao tác dưới sự giám sát của trưởng nhóm công tác hoặc nhân viên có thẩm quyền.
- Nhân viên trực an toàn bức xạ sẽ phải luôn có mặt và giám sát suất liều bức xạ khu vực làm việc.
- Chỉ có nhân viên có thẩm quyền mới được cho phép người vào làm việc trong khu vực kiểm soát.
- Các nhân viên làm việc trong khu vực giám sát phải mang đầy đủ các phương tiện bảo hộ.
- Tất cả nhân viên làm việc trong khu vực kiểm soát phải đeo liều kế cá nhân và thiết bị cảnh báo liều phóng xạ.
- Kiểm soát nhiễm bẩn cá nhân và thiết bị.
- Kiểm soát liều chiếu trong đối với các nhân viên và đảm bảo giữ đến mức thấp nhất hợp lý có thể được.
- Áp dụng chương trình đảm bảo chất lượng cho từng công việc cụ thể.
- Thực hành vệ sinh tốt để giảm liều chiếu và để ngăn chặn sự lây lan của nhiễm bẩn phóng xạ.
- Lấy mẫu định kỳ môi trường khu vực thao tác để kiểm tra mức độ nhiễm bẩn phóng xạ.

9.5.3. Các biện pháp phòng ngừa và giảm thiểu các mối nguy hiểm dự kiến có thể phát sinh trong quá trình thao tác vận chuyển nhiên liệu

Những biện pháp phòng ngừa và giảm thiểu các mối nguy hiểm dự kiến có thể phát sinh trong quá trình thao tác vận chuyển nhiên liệu được liệt kê dưới đây:

- Cung cấp các đánh giá và chỉ dẫn đầy đủ những kỹ thuật thao tác phù hợp đã được phê duyệt bởi cơ quan có thẩm quyền.

- Nhân viên tham gia công việc chuyển tải nhiên liệu phải được cấp phép và tuân thủ chặt chẽ các quy trình chuyển tải nhiên liệu dưới sự giám sát của trưởng nhóm công tác hoặc nhân viên có thẩm quyền.
- Nhân viên trực an toàn bức xạ phải luôn có mặt và giám sát suất liều bức xạ khu vực làm việc.
- Chỉ có nhân viên có thẩm quyền mới được cho phép người vào làm việc trong khu vực kiểm soát.
- Các nhân viên làm việc trong khu vực giám sát phải mang đầy đủ các phương tiện bảo hộ.
- Tất cả nhân viên làm việc trong khu vực kiểm soát phải đeo liều kế cá nhân và thiết bị cảnh báo liều phóng xạ.
- Đảm bảo sự có mặt của các hệ thống che chắn phóng xạ và bảo vệ an toàn như bể lò, tòa nhà lò và hệ thống thông gió.
- Đảm bảo hệ thống cấp điện được liên tục và có dự phòng.
- Áp dụng chương trình đảm bảo chất lượng cho từng hạng mục chuyển tải và cất giữ nhiên liệu.

9.5.4. Các phương pháp phòng ngừa và giảm thiểu các rủi ro không liên quan đến bức xạ

Nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu các rủi ro không liên quan đến bức xạ có thể xảy ra trong giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPU, các biện pháp phòng ngừa có thể được liệt kê như sau:

- Tuân thủ nghiêm ngặt các quy định về an toàn lao động đã được ban hành.
- Tuân thủ nghiêm ngặt các quy định về an toàn phòng chống cháy nổ đã được ban hành.
- Kiểm tra, bảo dưỡng và sửa chữa các trang thiết bị định kỳ theo các quy định đã được ban hành.
- Cung cấp các đánh giá và chỉ dẫn đầy đủ những kỹ thuật thao tác phù hợp. Có sự chuẩn bị trước khi thực hiện công việc và hiểu rõ các quy trình thực hiện.
- Nhân viên tham gia công việc tháo dỡ, khảo sát, di chuyển và đóng gói các thành phần cấu kiện, thiết bị phải được cấp phép và tuân thủ chặt chẽ các quy trình thao tác dưới sự giám sát của trưởng nhóm công tác hoặc nhân viên có thẩm quyền.
- Chỉ có nhân viên có thẩm quyền mới được cho phép người vào làm việc trong khu vực giám sát.
- Các nhân viên làm việc trong khu vực giám sát phải mang đầy đủ các phương tiện bảo hộ.
- Áp dụng chương trình đảm bảo chất lượng cho từng công việc cụ thể.
- Huấn luyện và tái huấn luyện nhân viên theo định kỳ về an toàn lao động, an toàn phòng chống cháy nổ và quản lý thông qua việc cấp giấy phép làm việc.

9.6. KẾT LUẬN

Dựa trên kinh nghiệm của các nước đi trước có thể thấy rằng hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU sẽ được tiến hành một cách an toàn nếu như kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ được chuẩn bị kỹ càng và triển khai thích hợp. Việc đánh giá và phân tích đầy đủ các rủi ro, sự cố bức xạ và sự cố không liên quan đến bức xạ cũng như đề ra những biện pháp ngăn ngừa hoặc giảm thiểu ảnh hưởng của chúng là một trong những việc rất quan trọng đối với công việc tẩy xạ và tháo dỡ an toàn một cơ sở hạt nhân.

Trong khuôn khổ báo cáo phân tích an toàn sơ bộ này, các rủi ro liên quan bức xạ và không liên quan đến bức xạ có thể xảy ra trong hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ bình thường LPUHNĐL cũng như trong trường hợp tai nạn sự cố đã được phân tích làm rõ. Mặc dù sự cố giả định lớn nhất rất khó có thể xảy ra trong khi tiến hành các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ, nhưng nếu điều này có xảy ra thì liều chiếu xạ đối với dân chúng vẫn thấp hơn mức giới hạn cho phép. Để ứng phó hiệu quả với các rủi ro và tai nạn sự cố có thể xảy ra trong giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL, bản kế hoạch ứng phó sự cố đối với các sự kiện hạt nhân, bức xạ và trường hợp khẩn cấp thông thường khác đã được xây dựng và ban hành trong giai đoạn LPU đang hoạt động cần phải được cập nhật, sửa đổi lại cho phù hợp với giai đoạn tháo dỡ kết thúc vận hành.

10. ĐÁNH GIÁ VỀ TÁC ĐỘNG ĐỐI VỚI MÔI TRƯỜNG TRONG QUÁ TRÌNH THÁO DỖ Lò PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

Việc khảo sát và đo đạc trong quá trình hoạt động của LPUHNĐL cho thấy môi trường trong khu vực Lò phản ứng bị nhiễm bắn phóng xạ không đáng kể và hoạt độ phóng xạ trong môi trường bên ngoài LPU không vượt quá phong tự nhiên. Trong quá trình tháo dỡ LPUHNĐL, mọi công việc phải được tối ưu hóa và tiến hành dưới sự kiểm tra và kiểm soát nghiêm ngặt nhằm giảm thiểu tác động của phóng xạ đối với các nhân viên làm việc trực tiếp và dân chúng ở trong vùng lân cận. Việc đánh giá về tác động đối với môi trường trong quá trình tháo dỡ LPUHNĐL phải được xem xét, phân tích và lập kế hoạch cụ thể, chi tiết trước khi tiến hành công việc tháo dỡ. Ngoài ra, trong suốt quá trình tẩy xạ và tháo dỡ Lò phản ứng, kế hoạch này cũng cần được xem xét, đánh giá và cập nhật thường xuyên.

10.1. CÁC SỐ LIỆU CƠ SỞ

Tháo dỡ kết thúc hoạt động một cơ sở hạt nhân là những hoạt động hành chính và kỹ thuật nhằm loại bỏ vĩnh viễn một phần hay toàn bộ việc kiểm soát của cơ quan quản lý an toàn đối với cơ sở đó. Những hoạt động này bao gồm sự tẩy xạ, tháo dỡ và di chuyển vật liệu phóng xạ, chất thải phóng xạ, các thành phần và cấu trúc bị nhiễm bắn phóng xạ.

Mục đích của việc tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sau khi kết thúc hoạt động là sẽ giải phóng khỏi sự giám sát của pháp qui đối với khu vực Lò phản ứng và vùng lân cận để sử dụng lại vị trí không bị hạn chế.

Các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL bao gồm những công việc chính sau:

- Tẩy xạ các thiết bị và phòng thí nghiệm liên quan trong khu vực Lò phản ứng bị nhiễm bắn phóng xạ; và
- Tháo dỡ và cất giữ các thiết bị cùng các vật liệu bị nhiễm xạ trong phạm vi của Viện Nghiên cứu Hạt nhân Đà Lạt.

Mọi công việc tháo dỡ phải được tiến hành tuân theo qui định về an toàn bức xạ và hạt nhân. Các văn bản luật pháp quốc gia hiện hành liên quan đến bảo vệ môi trường và dân chúng bao gồm:

- Luật Năng lượng nguyên tử, luật số 13/2008/L-CTN, ngày 12/6/2008;
- Luật Bảo vệ môi trường, Số 52/2005/QH11, ban hành ngày 12/12/2005;
- Giới hạn liều đối với nhân viên bức xạ và dân chúng (TCVN 6866:2001).

Theo khuyến cáo của cơ quan có thẩm quyền quốc gia quy định, liều hiệu dụng tổng cộng không vượt quá giới hạn liều được liệt kê ở **Bảng 10.1**.

Bảng 10.1 Giới hạn liều nghề nghiệp và dân chúng

Phân loại chiếu xạ	Giới hạn liều hàng năm, mSv/năm
Nghề nghiệp	20
Dân chúng	1

Suốt trong quá trình tháo dỡ LPU'HNĐL, mọi công việc phải được tối ưu hóa và kiểm soát nghiêm ngặt để giảm thiểu tác động của phóng xạ đối với các nhân viên vận hành và môi trường xung quanh. Mọi công việc tháo dỡ LPU'HNĐL phải được tuân thủ theo quy tắc ALARA của Cơ quan Nguyên tử năng Quốc tế nhằm tránh việc chiếu xạ không cần thiết và giảm thiểu liều chiếu đến mức thấp nhất một cách hợp lý có thể được.

10.2. MÔ TẢ KẾ HOẠCH THÁO DỠ LPU'HNĐL

Các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL được trình bày trong Chương 5. Các hoạt động có thể dẫn đến việc phóng thích các hạt nhân phóng xạ vào môi trường được phân tích chi tiết trong Chương 9. Trong quá trình tháo dỡ LPU'HNĐL, các hoạt động có thể gây ra nhiễm bẩn phóng xạ đối với môi trường xung quanh là:

- Tẩy xạ các vật liệu bị nhiễm bẩn phóng xạ trong quá trình hoạt động của Lò phản ứng và tẩy xạ các phòng thí nghiệm liên quan;
- Tháo dỡ các vật liệu bị kích hoạt và bị nhiễm bẩn phóng xạ.

Các đường chủ yếu có thể dẫn đến sự nhiễm bẩn phóng xạ đối với môi trường xung quanh trong quá trình tháo dỡ LPU'HNĐL gồm:

- Thải lỏng: Do sự rò rỉ của nước bị nhiễm xạ trong quá trình tẩy xạ các vật liệu bị nhiễm xạ trong quá trình LPU'HNĐL hoạt động và các vật liệu ở các phòng thí nghiệm liên quan.
- Thải khí: Đường thải này liên quan chủ yếu đến công việc tháo dỡ các vật liệu bị nhiễm xạ trong quá trình hoạt động của LPU'HNĐL và các phòng thí nghiệm.

Các hạt nhân phóng xạ có thể gây nhiễm xạ đối với môi trường xung quanh trong việc tháo dỡ LPU'HNĐL bao gồm: Ca-41, Ca-45, Fe-55, Co-60, Sb-125, Cs-134, Sm-151, Eu-152, Eu-154, ... Các vật liệu này chủ yếu ở dạng rắn, là các hạt nhỏ li ti ở trong nước hoặc không khí gây ra sự nhiễm xạ đối với môi trường xung quanh.

10.3. CHƯƠNG TRÌNH BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG

Chương trình bảo vệ môi trường trong giai đoạn tháo dỡ và tẩy xạ LPU'HNĐL về cơ bản là giống với Chương trình bảo vệ môi trường trong giai đoạn Lò phản ứng đang vận hành nhưng có một vài sự khác biệt sau:

- Khác biệt về số hạng nguồn (source term);
- Khác biệt về hoạt độ phóng xạ phóng thích vào môi trường.

Mục đích của chương trình bảo vệ môi trường là để:

- Đáp ứng các yêu cầu của pháp qui;
- Đánh giá nhu cầu cho việc lấy mẫu hoặc theo dõi thường xuyên;
- Cung cấp các số liệu cần thiết để đánh giá liều phóng xạ cho nhóm người bị chiếu xạ nhiều nhất từ hoạt động tháo dỡ và tẩy xạ lò phản ứng;

- Đo sự phóng thích các vật liệu phóng xạ vào môi trường thông qua việc lấy mẫu và phát hiện các nồng độ phóng xạ của các nhân phóng xạ không mong đợi;
- Đánh giá diễn biến dài hạn của các mức phóng xạ trong môi trường do việc phóng thích các nhân phóng xạ vào môi trường;
- Giúp đảm bảo rằng dân chúng trong môi trường xung quanh không bị chiếu xạ bởi sơn khí vượt quá các giới hạn qui định;
- Cung cấp kịp thời số liệu chính xác mức phóng xạ và mức độ nguy hiểm gây ra từ sự cố hạt nhân (chủ yếu về mức phóng xạ môi trường và mức nhiễm bẩn); Cung cấp các thông tin để bảo vệ nhân viên tham gia vào các hành động ngăn ngừa; và Cung cấp thông tin về mức độ nguy hiểm đang tồn tại cho dân chúng.

Chương trình bảo vệ môi trường trong suốt thời gian tháo dỡ và tẩy xạ LPUHNĐL bao gồm cả việc kiểm tra thường xuyên môi trường trong trường hợp bình thường cũng như trong trường hợp xảy ra sự cố. Chương trình kiểm tra phóng xạ môi trường hiện tại trong giai đoạn Lò phản ứng đang vận hành ở Viện NCHN bao gồm những công việc sau:

- 1) Kiểm soát định kỳ và có hệ thống tổng hoạt độ phóng xạ và hoạt độ phóng xạ riêng của các đồng vị đối với môi trường trong vùng kiểm soát (bán kính 300 m tính từ ống khí thải) và trong vùng giám sát lân cận. Trên thực tế công việc này bao gồm:
 - lấy mẫu môi trường và phân tích hoạt độ phóng xạ trong các mẫu không khí, đất, rau, bụi rơi lắng, nước thải phóng xạ sau khi qua xử lý, nước mưa tại các vị trí cố định, cùng với nước và trầm tích từ các hồ Xuân Hương và hồ Suối Vàng;
 - lấy mẫu môi trường tại các vị trí nằm ngoài khu vực ảnh hưởng của Lò phản ứng để phân tích và dùng như là chuẩn so sánh.
- 2) Kiểm soát liều chiếu ngoài trên mặt đất thuộc vùng kiểm soát.
- 3) Kiểm soát tại chỗ sự phát tán của thải phóng xạ để tránh bất kỳ hậu quả thiệt hại đối với con người và môi trường.
- 4) Phát hiện và đánh giá kịp thời tất cả các trường hợp phát tán phóng xạ do sự cố làm ảnh hưởng tới tình trạng phóng xạ môi trường để có thể áp dụng các biện pháp khẩn cấp kịp thời.

Dự kiến các vị trí được chọn để lấy mẫu môi trường trong và ngoài khuôn viên của Viện trong khi tiến hành các công việc tẩy xạ và tháo dỡ được trình bày như trên [Hình 2.15](#), [Chương 2](#). Các đối tượng lấy mẫu được chọn như sau:

- Mẫu nước gồm 4 loại (nước thải phóng xạ sau khi qua xử lý, nước máy, nước mưa và nước hồ) là đối tượng để xác định hoạt độ phóng xạ. Mẫu nước hồ chủ yếu được lấy từ hồ Xuân Hương và hồ Suối Vàng. Mẫu nước máy được lấy trực tiếp từ hệ thống cung cấp nước của thành phố. Mẫu nước mưa được lấy từ các khay đặt tại các vị trí khác nhau. Ngoài ra còn lấy mẫu nước thải và nước đã xử lý từ trạm xử lý thải lỏng để kiểm soát hoạt độ phóng xạ trước khi cho vào hệ thống thải thông thường. Các mẫu nước được lấy định kỳ hàng tháng sẽ được đo hoạt độ tổng cộng và khi cần thiết có thể phân tích các thành phần nguyên tố bằng phương pháp hóa phóng xạ.
- Lấy mẫu trầm tích từ các hồ nêu trên cùng với thời điểm lấy các mẫu nước.

- Lấy mẫu đất cũng tại các vị trí nêu trên, ở các độ sâu thích hợp và tại các lỗ khoan kiểm tra xung quanh nhà cất giữ thải phóng xạ.
- Lấy mẫu rơi lắng từ 3 khay được đặt tại các vị trí chỉ ra trên Hình 2.15.
- Lấy mẫu không khí mỗi ngày một lần trong suốt thời gian tháo dỡ tại những vùng có nguy cơ phát tán cao chất phóng xạ vào không khí tại những điểm lấy mẫu cố định để có số liệu theo dõi và so sánh.

Bảng 10.2 cho các thông tin về các loại mẫu môi trường được thu góp, thời gian thu gom và phương pháp phân tích.

Bảng 10.2. Phương pháp thu gom và phân tích mẫu môi trường với mục đích kiểm soát phóng xạ

Mẫu	Phương pháp phân tích	Tần suất lấy mẫu	Ghi chú
Nước:			
- Nước thải phóng xạ sau xử lý	- Hoạt độ tổng cộng (β, α)	Trước khi nước được thải	1 lít mẫu
- Nước hồ	- Hoạt độ tổng cộng		1 lít mẫu
- Nước máy	- Hóa phóng xạ để làm giàu Sr, Cs	2 lần/năm	400 lít mẫu
- Nước mưa			
Bùn: trầm tích	- Phân tích phổ	2 lần/năm	Lớp từ 0-30 cm
Đất, bùn tại:	- Hoạt độ tổng cộng	Hàng tháng trong mùa mưa hoặc 2 lần/năm	Bề mặt từ 0-5 cm
- lỗ khoan	- Phân tích phổ γ		
- vị trí khác	- Tách hóa phóng xạ Sr-90		
Rơi lắng	- Hoạt độ tổng cộng	Hàng tháng	Tại 3 vị trí
	- Phân tích phổ		
	- Tách hóa phóng xạ Sr-90		
Không khí	- Hoạt độ tổng cộng (đánh giá nhanh)	Hàng ngày	Hút 50 m ³
	- Phân tích các đồng vị phóng xạ nhân tạo	Hàng tháng	Hút 105 m ³ , hàng ngày (8:00-16:00)
	- Hoạt độ tổng cộng (đánh giá nhanh)	Liên tục	Tại ống thải khí 40m

Chương trình kiểm soát môi trường không liên quan đến phóng xạ cũng sẽ được quan tâm trong suốt quá trình tháo dỡ và tẩy xạ LPUHNĐL. Mục đích của chương trình này là để: (1) xác định các nguyên nhân sự cố rò rỉ các chất hoá học; (2) xác định phạm vi ảnh hưởng đối với môi trường; (3) các biện pháp được thực hiện để giảm thiểu ảnh hưởng đến môi trường; (4) thực hiện các biện pháp bổ sung để ngăn ngừa và giảm thiểu ảnh hưởng đến môi trường.

10.4. CHƯƠNG TRÌNH KIỂM TRA CHẤT THẢI PHÓNG XẠ

Chương trình kiểm tra thường xuyên mức nhiễm bẩn phóng xạ đối với môi trường xung quanh trong suốt quá trình tháo dỡ LPUHNĐL chủ yếu bao gồm việc kiểm tra thường xuyên sự nhiễm bẩn phóng xạ theo hai đường chính: đường thải lỏng và đường thải khí.

Việc kiểm soát thường xuyên mức nhiễm bẩn phóng xạ đối với môi trường xung quanh khu vực Lò phản ứng chủ yếu là việc kiểm soát các chất thải phóng xạ theo hai đường đã nêu trên. Kết quả theo dõi sẽ thiết lập các điều kiện phóng xạ theo thời gian, cung cấp các ghi chép thường xuyên về các điều kiện này và cho phép đánh giá diễn biến của phóng xạ theo thời gian. Chương trình kiểm tra chất thải phóng xạ sẽ được thiết lập trước khi bắt đầu kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL. Các kết quả lấy mẫu môi trường và đo đạc trong quá trình khảo sát đặc trưng phóng xạ sau khi Lò phản ứng chấm dứt vận hành sẽ được dùng làm số liệu cơ sở để so sánh với các kết quả đo được trong suốt quá trình tháo dỡ cũng như các khảo sát đặc trưng phóng xạ sau khi việc tháo dỡ đã hoàn thành.

10.4.1. Kiểm tra chất thải lỏng phóng xạ

Trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL, nước làm mát vòng sơ cấp và nước thải phóng xạ sinh ra từ việc tẩy xạ các vật liệu bị nhiễm xạ và các vật liệu ở các phòng thí nghiệm liên quan sẽ được thu gom tập trung về Trạm Xử lý nước thải phóng xạ ở Nhà 2 nhờ hệ thống thu gom riêng biệt K3. Hệ thống này làm bằng thép không rỉ phục vụ thu gom thải phóng xạ lỏng sinh ra từ gian nhà lò, các dây chuyền sản xuất đồng vị phóng xạ và từ các bồn rửa ở Nhà số 1, một số bồn ở Nhà số 2 và hồ thu ở Nhà số 5. Ngoài lối thải duy nhất này, LPUHNĐL không còn đường thải phóng xạ lỏng nào khác ra ngoài môi trường xung quanh. Vì vậy, trong quá trình tháo dỡ của LPUHNĐL, nếu việc kiểm soát lối thải này thật nghiêm ngặt thì sự nhiễm xạ đối với môi trường qua đường thải lỏng sẽ không bị xảy ra.

Thải phóng xạ lỏng được theo dõi và kiểm soát theo một quy trình cẩn thận. Thải lỏng được thu gom về Trạm Xử lý nước thải phóng xạ tại Nhà số 2 sẽ được xử lý bằng phương pháp keo tụ, lắng lọc và trao đổi ion 2 cấp (hoặc bằng phương pháp hoá hơi) và sau đó thải vào hệ thống nước thải sinh hoạt của cả cơ sở Lò phản ứng. Trước khi thải ra môi trường, nước thải sinh hoạt được kiểm tra để đảm bảo phù hợp với tiêu chuẩn cho phép thải ra môi trường. Phần cặn phóng xạ sinh ra từ quá trình xử lý này được bơm sang các bể cặn, khi các bể cặn đầy chúng được bơm tiếp đến bể da cam ở Nhà số 5 để hoá rắn, điều kiện hoá và lưu giữ ở kho Nhà số 5.

Việc tiếp tục kiểm tra mẫu nước ở một số điểm ngoài khuôn viên của Viện NCHN (như đã đề cập ở phần 10.3) sẽ cung cấp các số liệu cần thiết để so sánh với điều kiện trước khi tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ Lò phản ứng.

10.4.2. Kiểm tra chất thải khí phóng xạ

Trong quá trình tháo dỡ LPUHNĐL, các vật liệu phóng xạ ở bên trong gian nhà lò có thể gây nhiễm bẩn không khí (do việc tháo dỡ và quá trình khoan cắt các vật liệu bị kích hoạt hay nhiễm bẩn). Trước khi được thải ra môi trường qua ống khói cao 40 m, không khí trong gian nhà lò được hút bởi hệ thông gió V2 sẽ đi qua phin lọc có hiệu suất cao (HEPA) để làm sạch không

khí bị nhiễm bắn phóng xạ. Hiện tại, để phục vụ cho hoạt động bình thường của LPUHNDL, một hệ xử lý khí thải phóng xạ, cụ thể là hệ thông gió hút khí V1 với lưu lượng 3100 m³/h được trang bị phin lọc HEPA đã được lắp đặt (xem Hình 10.1). Như có thể thấy trên Hình 10.1 hệ thông gió V2 hiện không được trang bị phin lọc HEPA, tuy nhiên trước khi tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ Lò phản ứng, hệ thống gió V2 sẽ được nâng cấp và lắp đặt thêm phin lọc HEPA để phục vụ cho việc làm sạch không khí nhiễm bắn trước khi thải ra môi trường.

Việc kiểm tra khí thải sẽ được thực hiện nhờ vào hệ thống kiểm soát khí thải phóng xạ di động đặt ở chân ống thải cao 40 m và việc lấy mẫu không khí định kỳ ở điểm hút của hệ thông gió. Thiết bị dùng để kiểm tra sẽ có khả năng theo dõi sự giải phóng chất phóng xạ theo thời gian cũng như có khả năng thu thập các mẫu để phân tích ở phòng thí nghiệm.

Ngoài ra, như một biện pháp bổ trợ, việc lắp đặt tạm thời các ngăn chứa với hệ thống hút khí có trang bị phin lọc HEPA cũng sẽ được xem xét cụ thể để giảm thiểu nồng độ khí phóng xạ sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ.

Cùng với việc kiểm tra khí thải phóng xạ như đã nói ở trên, việc duy trì lấy mẫu thường xuyên ở các điểm xung quanh khu vực Lò phản ứng (những điểm lấy mẫu khi Lò phản ứng hoạt động như trình bày ở phần 10.3) là rất cần thiết để có số liệu so sánh đánh giá.

10.5. CHƯƠNG TRÌNH KIỂM SOÁT CHẤT THẢI PHÓNG XẠ

10.5.1. Các công việc kiểm soát hành chính

Như đã nêu ở trên, mục đích của việc quản lý chất thải phóng xạ ở LPUHNDL là để duy trì cho cơ sở giải phóng rất thấp chất thải phóng xạ theo đường thải khí và thải lỏng trong quá trình thực hiện tẩy xạ và tháo dỡ nhằm giảm thiểu sự nhiễm bắn phóng xạ đối với môi trường xung quanh. Việc lưu giữ các gói thải phóng xạ rắn phải càng ít càng tốt để giảm thiểu nguy cơ rò rỉ không mong muốn chất phóng xạ ra môi trường. Các mức hành động cho nhiễm bắn phóng xạ đối với không khí và nước sẽ được thiết lập ở mức kiểm soát quản lý hành chính vào khoảng 10% của tiêu chuẩn được ban hành. Mức hành động đối với đất sẽ được thiết lập ở giá trị 185 Bq/kg trên mức phóng xạ tự nhiên cho các nhân phóng xạ. Mức phóng xạ gamma môi trường sẽ được thiết lập ở giá trị 0,25 mSv/quý cho cá nhân trong các khu vực không bị hạn chế (Các mức hành động ở trên được tham khảo từ tài liệu “Decommissioning and Decontamination Plan for the Alan J. Blotcky Reactor Facility, USA, 2004”).

10.5.2. Các hành động điều chỉnh

Công việc kiểm soát hành chính yêu cầu thông báo lập tức cho sĩ quan an toàn và nhóm kiểm xạ môi trường khi mức nhiễm bắn phóng xạ của các mẫu môi trường hay các mức chiếu xạ vượt quá các mức hành động được nêu ra ở phần 10.5.1. Sĩ quan an toàn phóng xạ hoặc nhóm kiểm xạ môi trường sẽ tiến hành công việc tìm hiểu và ứng phó bao gồm các hành động hiệu chỉnh sau:

- Kiểm tra các số liệu đo đạc ở phòng thí nghiệm và các tính toán bổ sung;

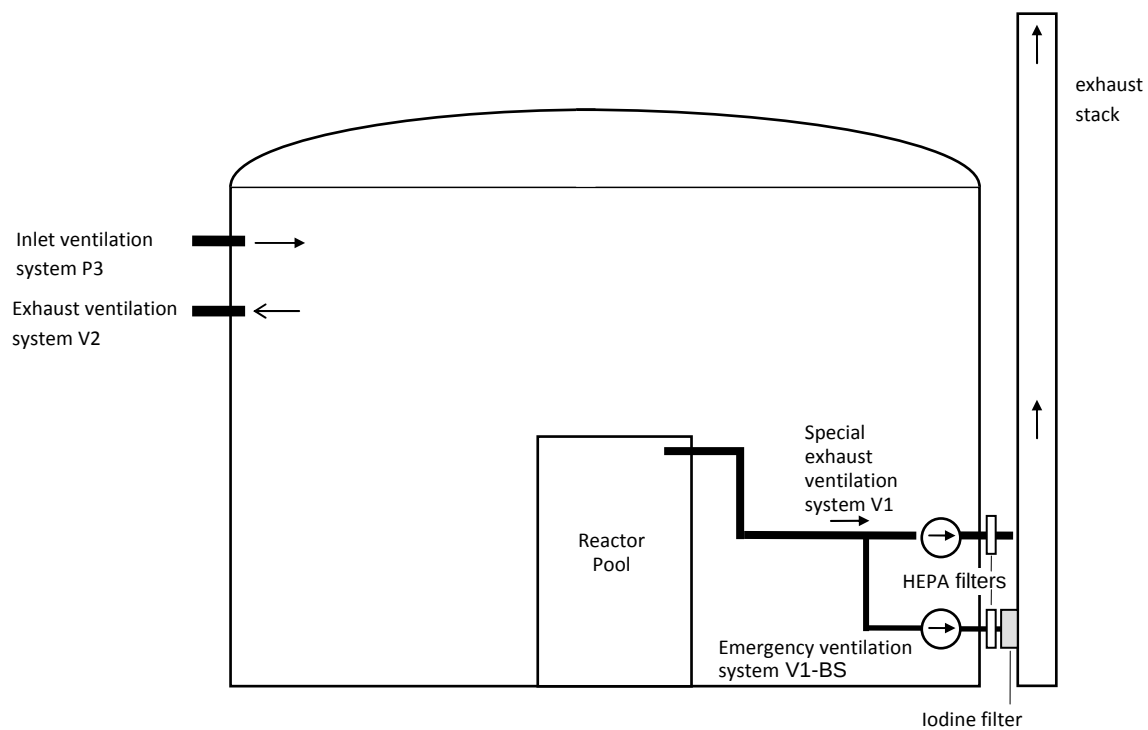
- Phân tích và xem xét các nguyên nhân có thể xảy ra;
- Xác định sự cần thiết cho việc phân tích lại hoặc các phân tích bổ xung trên các mẫu ban đầu;
- Đánh giá sự cần thiết phải lấy mẫu lại;
- Đánh giá sự cần thiết phải lấy mẫu của các đường thải khác;
- Xác định sự cần thiết có phải thông báo và báo cáo như đã được qui định trong thủ tục nội bộ;
- Ghi chép lại tất cả các hành động, các phân tích và các đánh giá vào sổ sách;
- Tiến hành các đánh giá chiếu xạ nếu có thể; và
- Đưa ra các khuyến cáo cho hành động điều chỉnh để ngăn chặn các sự phóng thích chất phóng xạ tương lai.

10.5.3. Hệ thống phát hiện rò rỉ

Như đã nêu ở trên, trong suốt quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL phải đảm bảo việc không gây rò rỉ phóng xạ ra môi trường xung quanh khu vực Lò phản ứng. Các chất khí thải phóng xạ có thể sinh ra ở khu vực Nhà số 1 (nơi tập trung chủ yếu các chất bị nhiễm phóng xạ và vật liệu bị kích hoạt) sẽ phải đi qua hệ lọc khí HEPA trước khi được thải qua ống thải khí thoát ra ngoài môi trường. Các chất thải phóng xạ lỏng sinh ra trong hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ Lò phản ứng sẽ được thu gom về Trạm xử lý nước thải phóng xạ nằm ở Nhà số 2, tại đây chúng sẽ được xử lý và kiểm tra trước khi thải vào hệ thống thải nước sinh hoạt của Viện NCHN. Ngoài ra, trong suốt quá trình tháo dỡ sẽ phải thường xuyên lấy mẫu để kiểm tra đo đạc tại một số vị trí đã định sẵn để theo dõi sự rò rỉ phóng xạ từ khu vực Lò phản ứng ra môi trường xung quanh.

10.5.4. Chương trình đảm bảo chất lượng

Công việc kiểm soát hành chính sẽ được thiết lập để đảm bảo các mẫu được thu thập từ các khu vực sinh thái đại diện cho vật liệu được lấy mẫu. Việc lấy mẫu đo đạc phải được lập lại định kỳ để xác định những sự thay đổi trong mẫu. Các qui trình cần được thiết lập để đảm bảo tính nguyên vẹn của mẫu được duy trì từ lúc lấy mẫu cho đến lúc phân tích. Việc kiểm tra đối với chương trình bảo vệ môi trường sẽ được thực hiện bởi một nhóm kiểm tra chất lượng theo một kế hoạch định sẵn.



Hình 10.1. Sơ đồ hệ thống gió gian nhà Lò phản ứng

11. ĐẢM BẢO AN TOÀN BỨC XẠ, AN TOÀN HẠT NHÂN VÀ AN TOÀN LAO ĐỘNG

Để đảm bảo an toàn bức xạ và an toàn lao động trong quá trình tháo dỡ LPU/HNĐL và hạn chế sự chiếu xạ không cần thiết cho người làm việc và dân chúng, chương này đề cập đến một số vấn đề nêu dưới đây:

- Chương trình đảm bảo an toàn bức xạ và an toàn lao động;
- Chương trình đảm bảo an toàn hạt nhân.

11.1. CHƯƠNG TRÌNH ĐẢM BẢO AN TOÀN BỨC XẠ

11.1.1. Kiểm soát không khí nơi làm việc

Sự phóng thích các đồng vị phóng xạ vào không khí ở dạng bụi phóng xạ (chủ yếu là các sản phẩm bị kích hoạt) trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPU là nguy cơ dẫn đến sự nhiễm bẩn phóng xạ tại nơi tháo dỡ và các phòng công nghệ liên quan, gây ra sự chiếu trong do sự thâm nhập một lượng phóng xạ vào bên trong cơ thể thông qua hít thở. Ngoài ra sự rơi lắng bụi phóng xạ tạo ra sự nhiễm bẩn bề mặt cũng gây nên chiếu ngoài cho nhân viên có mặt ở vùng bị nhiễm bẩn.

Để kiểm soát nồng độ phóng xạ cũng như đảm bảo môi trường không khí ở các vị trí tiến hành hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ (gian nhà lò và các phòng công nghệ liên quan), cần phải thiết lập:

- Hệ thống cố định để kiểm soát nồng độ phóng xạ trong không khí tại khu vực tiến hành tẩy xạ và tháo dỡ.
- Sử dụng các phương tiện kiểm soát cầm tay (máy hút khí...) để kiểm soát nồng độ phóng xạ trong không khí tại một số vị trí mà hệ thống cố định không hoạt động được và một số vị trí quan tâm khác.
- Lắp đặt thêm phin lọc HEPA cho hệ thống thông gió gian nhà lò để giữ lại phần lớn các nhân phóng xạ trước khi không khí được thải ra môi trường bên ngoài.

Mẫu không khí nên được ở lấy nơi dự đoán sẽ có nồng độ phóng xạ trong không khí có thể vượt quá các tiêu chuẩn cho phép. Thiết bị kiểm tra không khí sẽ được kiểm tra hàng ngày trước khi bắt đầu làm việc tại. Máy kiểm soát khí liên tục (CAMs) hoặc thiết bị lấy mẫu không khí nên được bố trí ở những khu vực tháo dỡ/phá hủy. Các thiết bị lấy mẫu không khí di động nên được sử dụng ở những nơi có khả năng bị nhiễm bẩn bởi các sol khí do cắt, mài, phá hủy các cấu trúc.

11.1.2. Bảo vệ hô hấp

Để tránh gây ra sự chiếu xạ do sự thâm nhập các đồng vị phóng xạ vào cơ thể thông qua hít thở đối với các viên viên tham gia hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ LPU, một số biện pháp kiểm soát kỹ thuật dưới đây được áp dụng để bảo vệ sự thâm nhập các nhân phóng xạ vào cơ thể thông qua đường hô hấp:

- Kiểm soát nồng độ phóng xạ trong không khí tại khu vực tiến hành tháo dỡ như đã trình bày ở Mục 3.11.1.1.
- Sử dụng các phương tiện bảo vệ hô hấp như mặt nạ có tích hợp phin lọc trong trường hợp nồng độ phóng xạ trong không khí cao hơn mức quy định.
- Huấn luyện và kiểm tra các nhân viên cách sử dụng các phương tiện bảo vệ hô hấp như: mặt nạ, khẩu trang, bảo hộ lao động....
- Sử dụng thiết bị che chắn: dạng rào chắn, công te-nơ, túi nilon, nút gạch, găng tay; và
- Lắp đặt hệ thống thông gió ở các vị trí tẩy xạ và tháo dỡ để đảm bảo nồng độ các nhân phóng xạ, lượng bụi trong khu vực tháo dỡ luôn ở mức cho phép.

Ngoài ra, biện pháp quản lý cũng được sử dụng để hạn chế sự đi vào hoặc thời gian ở trong khu vực có khí phóng xạ.

Các công việc thường xuyên (thường lặp đi lặp lại và xảy ra với tần suất khác nhau) cần nên xây dựng thành kế hoạch hoạt động. Đối với loại công việc này, các nguồn có khả năng gây nhiễm bẩn trong không khí cần được xác định để bảo vệ đường hô hấp. Đối với các công việc không thường xuyên (các hoạt động không lặp đi lặp lại hoặc xảy ra không thường xuyên) mà giới hạn liều chiếu không thể kiểm soát bằng kỹ thuật thì việc sử dụng mặt nạ để tránh liều nhiễm bẩn quá mức không khí là rất phù hợp.

11.1.3. Kiểm soát liều chiếu trong

Để kiểm soát liều chiếu trong một cách thường xuyên và can thiệp kịp thời trong trường hợp các nhân viên tham gia tháo dỡ lò bị chiếu trong vượt quá giới hạn qui định, một số phương pháp đánh giá liều chiếu trong sau đây nên được áp dụng:

- Đánh giá liều chiếu trong thông qua việc xác định nồng độ các nhân phóng xạ có mặt trong không khí tại nơi nhân viên làm việc và khoảng thời gian nhân viên thực hiện công việc;
- Đánh giá liều chiếu trong thông qua việc đo trực tiếp đồng vị phóng xạ phát ra từ cơ thể của người bị nhiễm xạ. Việc đo đạc có thể được thực hiện trên toàn cơ thể (sử dụng hệ đo toàn thân) hoặc đo từng cơ quan cụ thể như tuyến giáp, phổi, gan...sau đó dựa vào phantom chuẩn tương ứng cho từng bộ phận để hiệu chuẩn và tính toán được hoạt độ phóng xạ thâm nhập; hoặc
- Xác định hoạt độ phóng xạ từ các mẫu bài tiết của người bị nhiễm xạ như nước tiểu, mồ hôi, phân, hơi thở hay các mẫu sinh học khác như các nội quan hay mô, nước bọt, răng, tóc, lông, móng tay chân và nước mũi. Việc xác định hoạt độ phóng xạ của người bị nhiễm xạ thông qua việc phân tích nước tiểu hiện nay đang được áp dụng phổ biến.

Khi xác định được lượng đồng vị phóng xạ thâm nhập vào cơ thể sẽ đánh giá được liều chiếu trong thông qua một số phần mềm chuyên dụng hoặc dựa vào hệ số chuyển đổi liều để đánh giá liều chiếu trong.

Tùy theo giá trị xác định nồng độ phóng xạ trong không khí nơi tiến hành tháo dỡ và tính chất của công việc, có thể đặt ra kế hoạch kiểm tra liều chiếu trong theo định kỳ hàng ngày, hàng

tuần hay hàng tháng. Các kết quả kiểm tra liều chiếu trong cho từng nhân viên bức xạ nên được lưu giữ lại ở hồ sơ theo dõi liều phóng xạ.

Khi xác định nhân viên tham gia tháo dỡ nhận giá trị liều vượt quá mức qui định (bao gồm tổng của liều chiếu trong và chiếu ngoài), cần phải kiểm tra tình trạng sức khỏe và xem xét áp dụng các biện pháp y tế để người tham gia công việc tháo dỡ nhanh chóng phục hồi sức khỏe và cần nhắc đến việc điều chuyển sang một công việc khác sau đó.

11.1.4. Kiểm soát chiếu ngoài

Theo khuyến cáo của cơ quan có thẩm quyền quốc gia quy định, liều hiệu dụng tổng cộng (tính cho chiếu trong và chiếu ngoài) không vượt quá giới hạn liều như liệt kê ở Bảng 11.1.

Bảng 11.1. Giới hạn liều nghề nghiệp và dân chúng

(Không tính đến liều nhận được từ sự chiếu xạ trong y tế và chiếu xạ tự nhiên)

Phân loại chiếu xạ	Giới hạn liều	
	Nhân viên bức xạ	Dân chúng
Toàn thân	20 mSv/năm, trung bình trong 5 năm	1mSv/năm
Mắt	150 mSv/năm	15 mSv/năm
Da	500 mSv/năm	50 mSv/năm
Tay chân	500 mSv/năm	-

Trong suốt quá trình tham gia tẩy xạ và tháo dỡ, các nhân viên tham gia thực hiện có thể bị chiếu xạ ngoài. Dưới đây là một số phương pháp được áp dụng để bảo vệ chiếu ngoài cho các thành viên tham gia tháo dỡ.

Sử dụng các phương tiện theo dõi liều bức xạ:

- Các thành viên tham gia công việc tẩy xạ và tháo dỡ phải được trang bị các phương tiện theo dõi liều bức xạ như: liều kế cá nhân, bút đo liều, liều kế nhả... Định kỳ hàng tháng hoặc sau một khoảng thời gian nhất định (1 ngày, 1 tuần, 2 tuần...tùy theo đặc thù và tính chất công việc) phải đánh giá mức liều cho nhân viên làm công việc tẩy xạ và tháo dỡ.

- Bên cạnh việc sử dụng các công cụ theo dõi liều cho các thành viên tham gia tháo dỡ lò, việc kiểm soát suất liều bức xạ ở khu vực tháo dỡ phải thực hiện hàng ngày, kết hợp với việc tính toán sử dụng một số biện pháp kỹ thuật nhằm làm giảm suất liều bức xạ đến mức đảm bảo được sự an toàn bức xạ cho nhân viên thực hiện công việc tẩy xạ và tháo dỡ.

Thiết lập hệ thống kiểm soát liều bức xạ cố định:

- Trong khu vực thực hiện việc tháo dỡ và các khu vực khác liên quan phải lắp đặt hệ thống theo dõi suất liều phóng xạ gamma liên tục (24/24 giờ). Các đầu dò được lắp đặt cố định, kèm tín hiệu cảnh báo bằng âm thanh và ánh sáng.

Sử dụng các phương tiện kiểm soát liều bức xạ cầm tay:

Nhân viên an toàn bức xạ sẽ sử dụng các thiết bị đo liều phóng xạ cầm tay để kiểm soát liều phóng xạ tại nơi có thể gây nguy hiểm cho thành viên tham gia công việc tẩy xạ và tháo dỡ, tiến hành che chắn bức xạ, thiết lập rào chắn an toàn (đặt “biển cảnh báo nguy hiểm phóng xạ, tín hiệu cảnh báo bằng âm thanh, ánh sáng), tính toán thời gian làm việc, khoảng cách làm việc với nguồn phóng xạ sao cho hợp lý nhất.

11.1.5. Kiểm soát nhiễm bẩn bề mặt

Trong quá trình tháo dỡ LPU, nguy cơ vấy bẩn các đồng vị phóng xạ có trong các thành phần cấu trúc của LPU ra sàn gian nhà lò, các máy móc, thiết bị, dụng cụ được sử dụng cho quá trình tháo dỡ là rất lớn. Việc xây dựng qui trình, tiến hành kiểm tra nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt và thực hiện công việc tẩy xạ do Phòng An toàn Bức xạ và Công nghiệp đảm nhận. Nhân viên an toàn bức xạ sẽ thực hiện việc kiểm tra mức bẩn phóng xạ và tẩy xạ phải theo quy trình kiểm tra chung đã được phê duyệt.

Tùy thuộc vào điều kiện địa hình của khu vực bị vấy bẩn phóng xạ, loại đồng vị gây ra nhiễm bẩn, vật liệu bị vấy bẩn hay điều kiện trang thiết bị hiện tại mà sử dụng phương pháp kiểm tra mức nhiễm bẩn bề mặt cho phù hợp theo yêu cầu thực tế. Thông thường có hai phương pháp được thực hiện là:

- Phương pháp kiểm tra nhiễm bẩn trực tiếp: phương pháp này dùng máy đo trực tiếp tại hiện trường, các bề mặt, vùng cần xác định nhiễm bẩn;
- Phương pháp kiểm tra gián tiếp: phương pháp này phải lấy mẫu bẩn về phòng thí nghiệm, đo để xác định mức bẩn.

Đối tượng cần được kiểm tra mức nhiễm bẩn phóng xạ bao gồm:

- Bề mặt của các sản phẩm tháo dỡ lò (vùng hoạt, giá đỡ, ống nhôm trong vùng hoạt, thanh điều khiển...)
- Mặt sàn tại các khu vực tháo dỡ, sàn nhà lò và một số phòng công nghệ liên quan (phòng điều khiển, phòng sản xuất đồng vị phóng xạ..)
- Hành lang lối vào khu vực tháo dỡ dọc theo khu vực sản xuất đồng vị phóng xạ.
- Lối đi dùng cho việc vận chuyển các sản phẩm sau khi tháo dỡ từ lò đến kho lưu giữ (nhà 5..)
- Các phương tiện dụng cụ sử dụng để tháo dỡ (máy nâng vật nặng, cầu..)

Việc giảm thiểu khả năng lan rộng nhiễm bẩn phóng xạ được thực hiện bằng các việc như:

- Sử dụng dụng cụ hoặc thiết bị có sẵn trong đó khu vực nhiễm bẩn thay vì đưa thêm các dụng cụ hoặc thiết bị vào nơi đó;
- Giảm bớt các vật liệu mang vào trong khu vực nhiễm bẩn, chẳng hạn như các vật liệu đóng gói, giấy, các dụng cụ và thiết bị dự phòng;
- Tránh dùng ván gỗ hoặc các vật liệu khó tẩy xạ;
- Di chuyển các thiết bị, vật dụng, vật liệu không cần thiết ra khỏi vùng nhiễm bẩn nếu có thể; và
- Tránh sử dụng khu vực nhiễm bẩn cho việc cất giữ các vật liệu không có chất phóng xạ.

11.1.6. Thiết bị và dụng cụ

Trong quá trình vận hành LPUHNĐL, Viện NCHN đã được trang bị một hệ thống kiểm soát bức xạ trong khu vực nhà lò cũng như các phòng thí nghiệm liên quan, Hệ thống này bao gồm các thiết bị cố định và/hoặc xách tay. Những thiết bị này sẽ được tiếp tục sử dụng trong giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPU.

Định kỳ, Phòng An toàn Bức xạ và Công nghiệp sẽ tiến hành kiểm tra, sửa chữa và hiệu chuẩn những thiết bị và cụ trên theo quy trình đã được phê duyệt bởi Viện trưởng Viện NCHN.

11.2. AN TOÀN TỚI HẠN HẠT NHÂN

Dự kiến sau khi LPUHNĐL chấm dứt vận hành vào năm 2029, tất cả các bó nhiên liệu có trong vùng hoạt (100 bó nhiên liệu) sẽ được chuyển sang cất giữ tạm ở bể chứa nhiên liệu cháy bên cạnh bể lò. Khoảng cách các ô trong bể chứa nhiên liệu cháy đã được tính toán (và đã được chứng minh trong thực tế) để đảm bảo rằng việc cất giữ các bó nhiên liệu ở bể chứa nhiên liệu cháy sẽ không đạt đến trạng thái tới hạn. Trước khi tiến hành tháo dỡ các thành phần cấu kiện bên trong bể lò và cấu trúc che chắn của LPU, các bó nhiên liệu này sẽ được chuyển đến Nhà số 5 để cất giữ tạm (có thể cất giữ ở dạng ướt tương tự như trong bể chứa nhiên liệu cháy) hoặc sẽ chuyển trả về Nga.

11.3. AN TOÀN LAO ĐỘNG

Trưởng phòng An toàn Bức xạ và Công nghiệp sẽ là người chịu trách nhiệm đảm bảo rằng quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sẽ đáp ứng được các yêu cầu về sức khỏe và an toàn cho nhân viên tham gia dự án và cho dân chúng. Trách nhiệm của Trưởng phòng An toàn Bức xạ và Công nghiệp sẽ bao gồm:

- Tiến hành tuân thủ kỹ thuật huấn luyện nhân viên trong thực hành an toàn công việc ứng với các hoạt động được thực hiện trong quá trình tháo dỡ kết thúc hoạt động;
- Xem xét dự án tẩy xạ và quy trình tháo dỡ kết thúc hoạt động để đảm bảo phù hợp vệ sinh trong công nghiệp và yêu cầu được đưa vào giải quyết và kết hợp đầy đủ;
- Thực hiện kiểm tra khu vực vận hành định kỳ và hoạt động công việc để xác định và chính xác điều kiện không an toàn và thực hành công việc;
- Cung cấp phục vụ đảm bảo vệ sinh trong công nghiệp khi yêu cầu; và
- Tư vấn quản lý cho phù hợp với Omaha VAMC an toàn trong công nghiệp và kết quả kiểm tra an toàn định kỳ.

Để tránh xảy ra sự cố, tai nạn lao động trong quá trình thực hiện tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL, một số biện pháp dưới đây cần được quan tâm để tối ưu hóa các công việc tẩy xạ và tháo dỡ:

- Lập kế hoạch thực hiện việc tháo dỡ: Tổ chức có trách nhiệm nên lập kế hoạch cho từng giai đoạn, hạng mục của quá trình tháo dỡ; xem xét và cân nhắc trong việc bố trí nhân sự có trình độ chuyên môn và tay nghề hợp lý; phương pháp tiến hành, qui trình thực hiện cũng cần được chuẩn bị và phổ biến đến tất cả các cá nhân tham gia thực hiện tháo dỡ trước khi áp dụng để đảm bảo không gây ra sự cố rủi ro không mong muốn.

- Kiểm tra qui trình, trang thiết bị, dụng cụ cần thiết để thực hiện việc tháo dỡ: Trước khi tiến hành công việc tháo dỡ lò, các nhân viên tham gia cần phải:
 - + Sử dụng bảo hộ lao động như: nón bảo hiểm, dây an toàn trong trường hợp thực hiện công việc trên cao;
 - + Tất cả các phương tiện sử dụng phải được kiểm tra tính năng hoạt động trước khi sử dụng vào công việc tháo dỡ lò và có sự báo cáo đầy đủ về sự chuẩn bị;
 - + Được phổ biến trước quy trình tiến hành, phương pháp thực hiện công việc cũng như được huấn luyện trước cách thức sử dụng các trang thiết bị bảo hộ lao động;
 - + Ngoài ra, cần cử nhân viên giám sát sự tuân thủ trong việc sử dụng các phương tiện bảo hộ lao động trong suốt quá trình tẩy xạ và tháo dỡ.

Tất cả các thành viên tham gia vào hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ và nhân viên giám sát phải được huấn luyện, đào tạo và đào tạo lại về:

- Kiến thức an toàn bức xạ: các khái niệm, nguyên tắc làm việc với nguồn phóng xạ, tính chất của từng loại bức xạ (gamma, alpha, beta, neutron), nguyên tắc vệ sinh cá nhân (một số phương pháp vệ sinh, tẩy xạ cá nhân...);
- Văn hóa an toàn: các quy định về làm việc an toàn, thái độ, ý thức làm việc tập thể và sự tuân thủ qui trình, qui định, qui phạm đã được phê duyệt;
- Huấn luyện công việc liên quan đến tháo dỡ LPU;
- Huấn luyện ứng phó sự cố trong trường hợp xảy ra sự cố bức xạ khi tiến hành công việc tháo dỡ;
- Diễn tập tình huống ứng phó sự cố tai nạn bức xạ, tai nạn lao động; ...

11.4. KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ

Định kỳ 3 tháng/lần, Hội đồng An toàn của Viện NCHN nên tiến hành kiểm tra và đánh giá chương trình đảm bảo an toàn bức xạ. Các lĩnh vực kiểm tra bao gồm:

- Quản lý hành chính đối với chương trình an toàn bức xạ;
- Chương trình kiểm xạ nhân viên;
- Chương trình ALARA;
- Chương trình cho phép làm việc với bức xạ/công việc nguy hiểm khác;
- Chương trình bảo vệ hô hấp;
- Chương trình kiểm soát chất phóng xạ;
- Chương trình kiểm soát nhiễm bẩn;
- Chương trình quản lý thiết bị an toàn bức xạ; và
- Chương trình kiểm soát môi trường.

Việc kiểm tra đối với việc đảm bảo an toàn bức xạ hàng ngày cho nhân viên và công nhân khi thực hiện công việc tẩy xạ và tháo dỡ nên được tiến hành ít nhất 1 tuần/lần. Hồ sơ kiểm tra và đánh giá nên ghi rõ tên của nhân viên kiểm tra, ngày kiểm tra, các khu vực được kiểm tra, những sai sót được phát hiện và biện pháp khắc phục sau đó.

3.11.5. LƯU GIỮ HỒ SƠ

Các hồ sơ, như hướng dẫn an toàn bức xạ, quy trình an toàn bức xạ và hồ sơ liên quan khác (bao gồm hồ sơ khảo sát đặc trưng phóng xạ, hồ sơ huấn luyện, và các biên bản đánh giá của Hội đồng An toàn) nên được duy trì để làm tài liệu cho việc thực hiện chương trình bảo an toàn bức xạ của Viện NCHN. Hồ sơ của chương trình an toàn bức xạ được giữ lại theo một quy trình được thiết lập sẵn. Hồ sơ kiểm tra nội bộ cũng nên được lưu giữ trong khoảng thời gian nhất định sau khi hết hạn giấy phép. Hồ sơ khác như sổ nhật ký theo dõi tình trạng thiết bị, sửa chữa thiết bị,... nên được lưu giữ khi cần thiết.

12. CHƯƠNG TRÌNH QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG

12.1. CÁC TIÊU CHUẨN ÁP DỤNG

Ban Quản lý dự án thuộc Viện NCHN chịu trách nhiệm soạn thảo, thiết lập và phát triển một chương trình quản lý chất lượng (Quality Management Program) riêng cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL khi hết thời gian hoạt động trên cơ sở là các văn bản, tài liệu hướng dẫn của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (IAEA), các qui định và tiêu chuẩn về an toàn của Cơ quan pháp qui hạt nhân (VARANS), Bộ khoa học công nghệ, Bộ tài nguyên môi trường, Bộ luật hạt nhân và các Bộ luật khác liên quan của Việt nam.

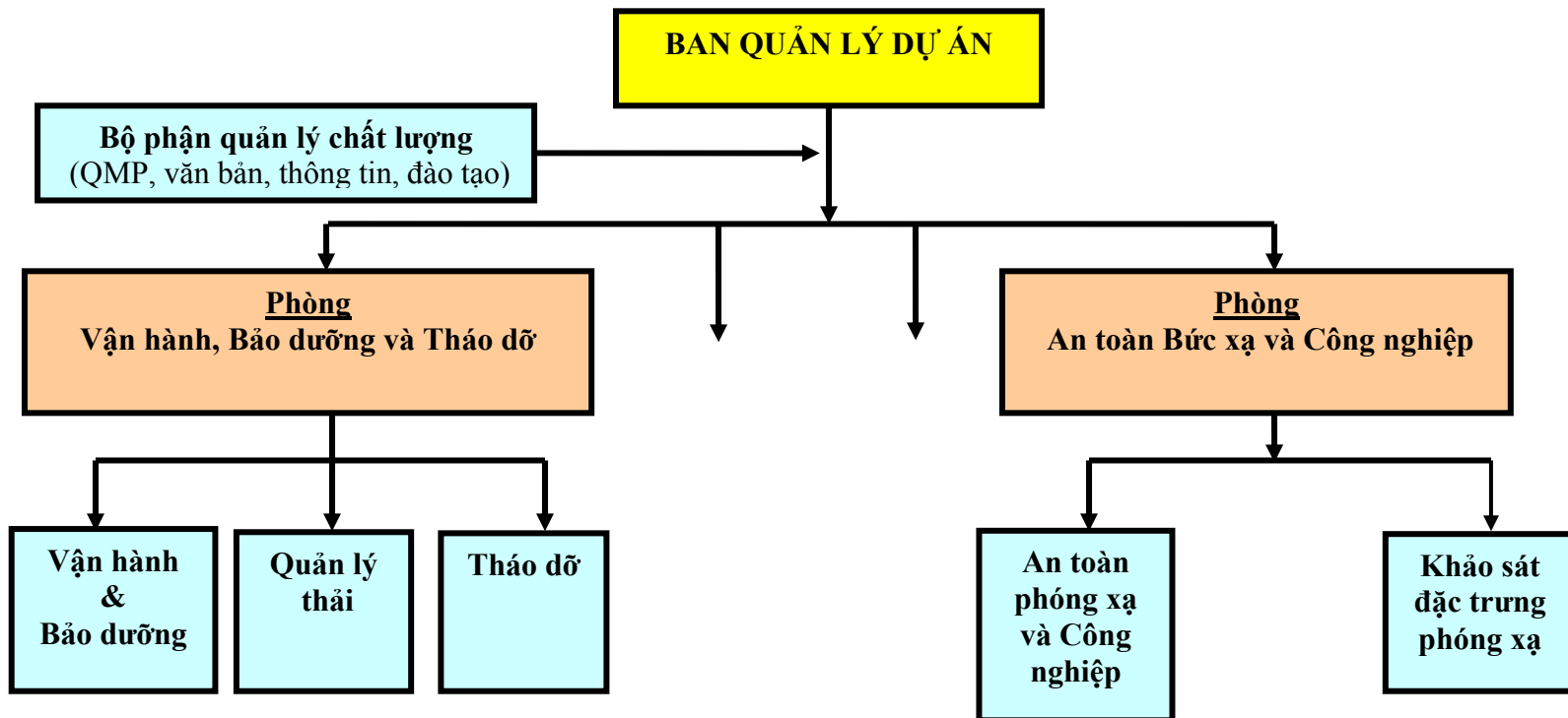
Trong quá trình thực hiện dự án tẩy xạ và tháo dỡ, chương trình quản lý chất lượng sẽ được cập nhật thường xuyên nhằm kiểm soát tất cả những thay đổi về kế hoạch, thời gian biểu, thiết kế, phương pháp, di chuyển, lắp đặt thiết bị hạt nhân, phát tán chất thải, tiêu chuẩn áp dụng,... đối với từng giai đoạn của quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL.

12.2. CƠ CẤU TỔ CHỨC

Viện NCHN chịu trách nhiệm xây dựng một Ban Quản lý dự án và cơ cấu tổ chức để thực hiện thành công dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL phù hợp với các mục tiêu, nội dung, cách thức quản lý, điều khoản của Chương trình quản lý chất lượng riêng của dự án tẩy xạ và tháo dỡ và Chương trình quản lý chất lượng chung của Viện NCHN (chương trình này được phát triển và áp dụng chung cho tất cả lĩnh vực hoạt động của trong Viện).

Ban Quản lý dự án là tổ chức chính chịu trách nhiệm xây dựng kế hoạch và tiến hành các hoạt động của dự án D&D, ngoài ra các đơn vị khác trong Viện cũng có trách nhiệm hỗ trợ cho dự án.

Nếu cần phải thuê mướn các nhà thầu phụ, Ban Quản lý dự án sẽ thực hiện đánh giá, thẩm định năng lực và lựa chọn nhà thầu phụ có đầy đủ năng lực, kinh nghiệm để ký hợp đồng. Trong quá trình thực hiện hợp đồng, Ban Quản lý dự án sẽ thực hiện việc giám sát và kiểm tra để đảm bảo nhà thầu thực hiện đúng các điều khoản của hợp đồng đã ký và các mục tiêu của chương trình đảm bảo chất lượng. **Hình 1** giới thiệu sơ đồ tổ chức Ban Quản lý dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPU'HNĐL.



Hình 1. Sơ đồ tổ chức ban quản lý dự án D&D

12.3. CHƯƠNG TRÌNH QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG

Chương trình quản lý chất lượng các hoạt động trong khuôn khổ dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL được thiết lập nhằm quản lý các hoạt động, công việc tẩy xạ và tháo dỡ theo một nguyên tắc chung là các hoạt động, công việc tẩy xạ và tháo dỡ trước khi tiến hành phải được xây dựng kế hoạch, thời gian biểu, đánh giá an toàn, phê duyệt, thực hiện, giám sát và kiểm tra, báo cáo kết quả và đánh giá chất lượng thực hiện.

Các mục tiêu chính của chương trình quản lý chất lượng là:

- Ngăn chặn việc thất thoát, rò rỉ, phát tán không kiểm soát các chất phóng xạ ra bên ngoài cơ sở LPUHNĐL.
- Hạn chế phơi nhiễm phóng xạ đối với nhân viên và dân chúng vượt khỏi các giới hạn quy định.
- Đóng gói, vận chuyển, đo đạc, mô tả, biển báo, dán nhãn, ... các chất phóng xạ, chất thải và vật liệu độc hại được thực hiện theo đúng các qui trình, qui định, hướng dẫn của Viện NCHN, Cơ quan pháp qui hạt nhân, Bộ tài nguyên môi trường và các cơ quan khác có liên quan.
- Kiểm soát việc thực hiện công việc và các qui trình thực hiện theo đúng các quy định của Viện NCHN, Cơ quan pháp qui và các yêu cầu của địa phương.
- Ngăn chặn sự lây lan, nhiễm bẩn không cần thiết các chất thải phóng xạ và các chất thải khác tới các khu vực không bị ô nhiễm.
- Tiến hành các hoạt động, công việc một cách an toàn.

Chương trình quản lý chất lượng thiết lập riêng cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL được tích hợp trong Chương trình quản lý chất lượng chung của Viện NCHN. Chương trình quản lý chất lượng của Viện NCHN đáp ứng, tuân thủ các yêu cầu, tiêu chuẩn về quản lý chất lượng của Việt nam.

Người quản lý dự án (Trưởng ban quản lý dự án) có trách nhiệm xây dựng và thực hiện các nội dung của chương trình quản lý chất lượng cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ.

Các tài liệu của Chương trình quản lý chất lượng cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL được Viện trưởng Viện NCHN chỉ định các bộ phận có chuyên môn và kinh nghiệm thẩm định, sau đó được Viện trưởng Viện NCHN phê duyệt.

12.3.1. Chương trình quản lý chất lượng

Chương trình quản lý chất lượng cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL được trình bày trong hệ thống các tài liệu sau đây:

- Sổ tay chất lượng;
- Các qui trình tổ chức, hệ thống;
- Các qui trình công việc, các qui trình kiểm soát, các chỉ dẫn thực hiện công việc;
- Các hướng dẫn và chỉ dẫn thực hiện;
- Các bảng biểu và checklist chuẩn.

Bộ phận quản lý chất lượng dự án chịu trách nhiệm in ấn, phân phát các văn bản và các qui trình chỉ dẫn thực hiện tới thành viên tham gia thực các công việc của dự án.

Các qui trình tạm thời (áp dụng cho các hoạt động có giới hạn về mặt thời gian, phạm vi, qui mô,...) cũng được biên soạn, phân tích, thẩm định và phê duyệt giống như các qui trình áp dụng lâu dài.

Đối với các tình huống tai nạn và sự cố có thể xảy ra, Ban Quản lý dự án biên soạn các qui trình ứng phó, khắc phục riêng. Các qui trình này chỉ dẫn các hành động và cung cấp các biện pháp kỹ thuật cần thiết để bảo vệ dân chúng, nhân viên làm việc và môi trường theo qui định của pháp luật.

Việc thực hiện và tiến hành các hoạt động thuộc phạm vi của chương trình tẩy xạ và tháo dỡ được viết dưới dạng các qui trình. Các hoạt động này được xác định là đảm bảo an ninh, kiểm soát chất lượng thiết bị, quyền hạn và trách nhiệm trong các tình huống khẩn cấp, kiểm soát vào/ra, phòng chống cháy nổ, bảo trì và giữ gìn vệ sinh công trình, kiểm soát công việc, thẩm định và điều tra sự cố, lập kế hoạch và tiến độ thực hiện, đối phó với tình huống khẩn cấp, ghi mã số và đánh dấu, ghi chép nhật ký vận hành, hành động khẩn cấp, giám sát các nhà thầu, lịch sử vận hành LPU, thẩm định an toàn định kỳ, bảo vệ an toàn bức xạ, thao tác với bó nhiên liệu, báo cáo sự kiện/sự cố, quản lý các chất thải hóa học và chất phóng xạ, giám sát môi trường, kiểm kê, tẩy xạ các hệ thống và thiết bị, tháo dỡ và phá hủy.

12.3.2. Phân loại

Trong quá trình thực hiện dự án, Ban Quản lý dự án áp dụng cách phân loại công việc, hệ thống, cấu trúc, thiết bị, bộ phận, chi tiết của LPU theo tầm quan trọng và mức độ liên quan của chúng đối với an toàn hạt nhân và an toàn phóng xạ.

Ngoài ra, việc phân loại cũng được áp dụng cho các vấn đề sau đây:

- Các văn bản tháo dỡ;
- Quản lý chất thải phát sinh từ các quá trình tháo dỡ;
- Mức độ thẩm định và phê duyệt các văn bản tháo dỡ;
- Đào tạo nhân lực tham gia vào thực hiện các quá trình tháo dỡ.

12.3.3. Lập kế hoạch và kiểm soát công việc

Người quản lý dự án có các trách nhiệm sau đây:

- Xác định, lập kế hoạch và thời gian biểu cho các hoạt động tháo dỡ;
- Cung cấp nguồn tài chính để tiến hành các hoạt động đã lập kế hoạch và kiểm soát các nguồn tài chính;
- Kiểm soát và theo dõi tình trạng thực hiện các hoạt động tháo dỡ.

Cách thức lập kế hoạch thực hiện dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL bao gồm: liệt kê các công việc, phân loại theo thứ tự ưu tiên, mức độ đảm bảo an toàn, tài chính và thời gian cần thiết để thực hiện.

Mỗi hoạt động hoặc công việc khi thực hiện cần tuân thủ đúng theo các bước sau :

- Được cho phép tiến hành sau khi đánh giá về an toàn hạt nhân/bức xạ;
- Đảm bảo an toàn khi thực hiện bằng cách trang bị đầy đủ các thiết bị cần thiết và tiến hành theo đúng các qui trình;
- Nhân viên thực hiện công việc được đào tạo và cho phép thực hiện;
- Ngăn chặn các hỏng hóc của các hệ thống đảm bảo an toàn và bị nhiễm bẩn.

Khi công việc hoàn thành, kết quả thực hiện được báo cáo và khẳng định việc đã hoàn thành theo mẫu biểu soạn sẵn.

Việc kiểm tra và giám sát được tiến hành, kết quả kiểm tra và giám sát được ghi vào trong mẫu biểu soạn sẵn.

12.3.4. Theo dõi, kiểm tra và bảo dưỡng hệ thống, cấu trúc, thiết bị

Các hệ thống, cấu trúc và thiết bị được kiểm tra, bảo dưỡng ngăn chặn hỏng hóc theo kế hoạch, qui trình riêng và đáp ứng các yêu cầu:

- Phân tích các số liệu kiểm tra/bảo dưỡng;
- Xử lý và đưa ra các hành động sửa chữa, khắc phục theo đúng các yêu cầu đảm bảo về an toàn hạt nhân và an toàn phóng xạ.

12.3.5. Quan hệ với cơ quan pháp qui

Quan hệ giữa Ban Quản lý dự án với Cơ quan pháp qui được biên soạn trong một qui trình riêng. Ban Quản lý dự án có trách nhiệm định kỳ thông báo với Cơ quan pháp qui về các vấn đề sau:

- Tình trạng, tiến độ của các hoạt động tháo dỡ;
- Trạng thái của các hệ thống, thiết bị, bộ phận đảm bảo an toàn;
- Quản lý các chất thải phóng xạ và phát thải các chất phóng xạ ra bên ngoài;
- Liều chiếu của nhân viên;
- Các sự cố/tai nạn;
- Thông báo về kết quả thực hiện và những thay đổi.

12.3.6. An toàn phóng xạ và theo dõi, kiểm soát môi trường

Ban quản lý dự án thiết lập một chương trình đảm bảo an toàn bức xạ để đảm bảo:

- Bảo vệ an toàn bức xạ cho nhân viên tham gia vào các công việc tháo dỡ;
- Đánh giá và tối ưu liều chiếu;
- Xác định các công việc và sự vụ có thể chịu phơi nhiễm phóng xạ đáng kể.

Ban Quản lý dự án xây dựng phương pháp, qui trình kiểm soát và giám sát chất thải tại các vị trí tháo dỡ cũng như ra bên ngoài để duy trì mức độ trong giới hạn và điều kiện đã được phê duyệt.

12.3.7. Tuyển chọn và huấn luyện nhân viên

Nhân viên tham gia dự án sẽ được tuyển chọn trên cơ sở mức độ hiểu biết và kinh nghiệm cá nhân, mức độ đã được huấn luyện. Trình độ, kiến thức, tay nghề và kinh nghiệm của nhân viên đáp ứng và tuân thủ đúng với qui trình đào tạo.

Một chương trình đào tạo và huấn luyện nhân viên phục vụ dự án sẽ được thiết lập. Ban Quản lý dự án thường xuyên thực hiện việc đánh giá năng lực, tay nghề và chất lượng thực hiện công việc của nhân viên. Chương trình huấn luyện áp dụng cho cả nhân viên của Ban Quản lý dự án và những người hợp đồng. Chương trình được thiết kế phù hợp với các yêu cầu:

- Kế hoạch tháo dỡ;
- Chương trình quản lý chất lượng, các tiêu chuẩn, qui định về an toàn bức xạ và an toàn hạt nhân;
- Xử lý và đối phó với các tình huống khẩn cấp;
- Các qui định, qui phạm về an toàn công nghiệp;
- Thực hiện công việc, thao tác thiết bị và các yêu cầu về duy trì, bảo tồn.

Các thông tin, hồ sơ, ghi chép liên quan tới chương trình đào tạo, kết quả, chứng chỉ được lưu trữ ở bộ phận tổ chức của Viện NCHN và Ban Quản lý dự án áp dụng cho tất cả nhân viên tham gia dự án.

Nhân viên Ban Quản lý dự án chịu các trách nhiệm đặc biệt (an toàn phóng xạ, lò phản ứng, quản lý chất lượng,...) trong điều kiện cần thiết có thể phải được sự chấp thuận và cho phép của Cơ quan pháp qui.

12.3.8. Kiểm soát các thay đổi

Ban Quản lý dự án sẽ thiết lập một hệ thống văn bản để quản lý tạm thời và lâu dài các thay đổi liên quan đến các hệ thống, cấu trúc, thiết bị, bộ phận, phần mềm qui trình, các hoạt động theo đúng các yêu cầu của qui trình kiểm soát các thay đổi.

Các thay đổi phải được viết ra, kiểm tra, thẩm định và phê duyệt bởi những người có kinh nghiệm trước khi thực hiện.

Bất cứ một sự thay đổi nào của dự án bắt buộc phải được sự cho phép và phê chuẩn của Viện trưởng Viện NCHN.

12.3.9. Mua sắm và đánh giá nhà cung cấp trang thiết bị, dịch vụ

Ban Quản lý dự án thực hiện việc đánh giá và lựa chọn nhà cung cấp theo một qui trình quản lý mua sắm và đánh giá các nhà cung cấp bên ngoài.

Định kỳ Ban Quản lý dự án thực hiện các đánh giá chất lượng, tính phù hợp của các nhà cung cấp bằng cách kiểm tra thực tế và phân tích thông tin.

Trước khi thực hiện các hợp đồng, các nhà cung cấp sẽ được đánh giá dựa trên các yếu tố:

- Sự tuân thủ các qui định, các yêu cầu và trách nhiệm;
- Sản phẩm và dịch vụ phải phù hợp về kỹ thuật và các yêu cầu của chương trình quản lý chất lượng

Trong các văn bản hợp đồng phải xác định các thay đổi so với khi giới thiệu, chào hàng. Các ghi chép đánh giá nhà cung cấp và các thông tin, số liệu về việc lựa chọn nhà cung cấp phải được lưu trữ ở bộ phận quản lý chất lượng.

Việc đánh giá nhà cung cấp được thực hiện do một nhóm đánh giá nội bộ theo mức độ phù hợp với các điều khoản và qui định của Viện NCHN.

Trong trường hợp thay đổi nhà cung cấp Ban Quản lý dự án thực hiện việc bàn giao với các số liệu cho nhà cung cấp mới để có thể nhận được chất lượng cần thiết cho sản phẩm, dịch vụ yêu cầu.

12.3.10. Kiểm soát các văn bản

Việc soạn thảo, thẩm định, phê duyệt và phân phát các văn bản cần kiểm soát và không cần kiểm soát được thực hiện theo đúng các điều khoản của qui trình kiểm soát văn bản.

12.3.11. Lưu trữ văn bản

Lưu trữ văn bản được thực hiện ở đúng vị trí (nhiệt độ và độ ẩm, kiểm soát vào/ra). Khoảng thời gian lưu trữ được thiết lập phù hợp với qui trình lưu trữ văn bản đã được phê duyệt.

12.3.12. Kiểm tra, hiệu chuẩn các thiết bị đo và thử nghiệm

Thiết bị đo và thử nghiệm hệ thống, cấu trúc, thiết bị, bộ phận của bộ phận vận hành, bộ phận tháo dỡ, bộ phận kiểm xạ phải được kiểm tra, hiệu chuẩn tuân thủ các điều khoản của qui trình Kiểm tra, hiệu chuẩn các thiết bị đo và thử nghiệm.

Ban quản lý dự án đảm bảo việc bảo dưỡng, hiệu chuẩn thiết bị đo và thử nghiệm để chức năng của hệ thống đảm bảo an toàn hoạt động tốt trong khoảng thời gian đã xác định.

Các hoạt động kiểm tra và hiệu chỉnh phải được thực hiện bởi các phòng thí nghiệm của Viện NCHN, các nhà cung cấp và cơ quan có thẩm quyền.

Tất cả các dụng cụ, thiết bị đo dùng trong việc bảo dưỡng các hệ thống an toàn được hiệu chuẩn và kiểm tra có tính đến ảnh hưởng của thời tiết.

12.3.13. Di chuyển

Ban quản lý dự án đảm bảo rằng việc di chuyển, bàn giao hệ thống, cấu trúc, thiết bị và các bộ phận từ bộ phận vận hành tới bộ phận tháo dỡ tuân thủ đúng các qui trình Di chuyển và bàn giao các thiết bị.

Viện NCHN chịu trách nhiệm làm các thủ tục hoá liên quan đến việc di chuyển các hệ thống, cấu trúc, thiết bị, bộ phận từ cơ quan tháo dỡ tới các cơ quan lưu giữ, quản lý chất thải và chuyển trả địa điểm, các diện tích tháo dỡ, làm sạch cho địa phương nếu Viện NCHN không dùng vào mục đích khác.

12.3.14. Bảo dưỡng nhà xưởng và giữ gìn vệ sinh

Viện NCHN thiết lập một qui trình và các tiêu chuẩn cho việc bảo dưỡng nhà xưởng và giữ gìn vệ sinh.

- Ngăn chặn các hệ thống, cấu trúc, thiết bị, bộ phận bị nhiễm bẩn các vật thể lạ trong quá trình vận hành, thay đổi và bảo tồn trong quan cảnh tháo dỡ;
- Yêu cầu tẩy xạ và ngăn chặn nhiễm bẩn;
- Kiểm soát vật liệu, thiết bị và di chuyển của nhân viên vào ra vị trí làm việc;
- Đảm bảo kiểm tra độ sạch trước khi hệ thống, cấu trúc, thiết bị, bộ phận, chỉ thiết đóng lại;
- Giảm các nguy cơ loại tai nạn thông thường, nhân viên bị thương.

12.3.15. Hành động sửa chữa và khắc phục

Các hoạt động khắc phục, hiệu chỉnh được soạn thảo dưới dạng các văn bản hoá, qui trình và thông tin cho những người chịu trách nhiệm thực hiện các hoạt động sửa chữa, khắc phục theo đúng qui trình sửa chữa, khắc phục.

Các vấn đề không phù hợp có ảnh hưởng đến an toàn và các hoạt động ngăn chặn, khắc phục, phòng ngừa phải được thông báo tới Cơ quan pháp qui.

Tình trạng thực hiện các hành động sửa chữa, khắc phục được phân tích định kỳ bởi nhóm QA và thông báo cho Ban Quản lý dự án và giám đốc Viện NCHN.

12.3.16. Kiểm soát các ghi chép

Việc kiểm soát các ghi chép trong quá trình thực hiện các hoạt động tháo dỡ đảm bảo rằng được phân loại, kết hợp lại, kiểm tra, ghi lại, hiệu chỉnh, lưu trữ theo đúng qui định và các điều khoản của qui trình kiểm soát các ghi chép.

12.3.17. Kiểm tra, thanh tra nội bộ và đúc rút các bài học kinh nghiệm

Để đạt được các mục tiêu của dự án tẩy xạ và tháo dỡ, Viện NCHN thiết lập và thực hiện cách thức đánh giá quản lý chất lượng như sau:

- Đánh giá lẫn nhau (nội bộ và tự đánh giá) theo qui trình kiểm tra nội bộ;

- Ban quản lý dự án thẩm định theo qui trình thẩm định chất lượng;
- Viện thẩm định theo qui trình thẩm định chất lượng của Viện;
- Đánh giá độc lập (thanh tra trong/ngoài) theo qui trình kiểm tra.

Ban Quản lý dự án đảm bảo hệ thống các thông tin, số liệu được kiểm soát trong tất cả các giai đoạn của LPU. Tất cả các thông tin liên quan đến cơ sở phải được xác định, đánh giá và thông tin tới người sử dụng. Toàn bộ kinh nghiệm từ giai đoạn vận hành được sử dụng cho các hoạt động tháo dỡ (Vận hành, tình trạng, kiểm tra chạy thử, bảo vệ bức xạ, chất thải và chất thải phóng xạ).

Các số liệu từ hoạt động tháo dỡ được ghi chép lại, phân tích và được sử dụng để cải tiến các hoạt động tháo dỡ. Phổ biến thông tin thu được từ các hoạt động vận hành, làm sạch và từ các kinh nghiệm khác cho các dự án tẩy xạ và tháo dỡ tiếp theo.

13. KẾ HOẠCH ỨNG PHÓ KHẨN CẤP

Kế hoạch ứng phó khẩn cấp cho một cơ sở bức xạ thường bao gồm cả kế hoạch ứng phó khẩn cấp cho trường hợp sự cố bức xạ và kế hoạch ứng phó khẩn cấp cho những sự cố thông thường khác. Kế hoạch ứng phó khẩn cấp cho sự cố bức xạ được xây dựng như là một phần của hệ thống ứng phó khẩn cấp tổng thể, được kết nối với các tổ chức ứng phó sự cố khác nhau nhằm đảm bảo có sự phân định rõ ràng về trách nhiệm và quyền hạn.

Kế hoạch ứng phó khẩn cấp hiện có trong thời gian kết thúc hoạt động của LPU sẽ được sử dụng làm cơ sở cho việc xây dựng kế hoạch ứng phó khẩn cấp trong giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL. Dựa trên danh sách các sự kiện đã dự đoán trước, bao gồm các kịch bản tai nạn tiềm ẩn như đã được thảo luận ở Chương 9, các qui trình và hành động cụ thể sẽ được xây dựng để việc ứng phó khẩn cấp được thực hiện có hiệu quả.

13.1. TỔ CHỨC VÀ TRÁCH NHIỆM

Dự kiến Ban Chỉ đạo ứng phó sự cố ở Viện NCHN trong trường hợp xảy ra sự cố hạt nhân, bức xạ và sự cố thông thường được trình bày trên [Hình 13.1](#). Ban Chỉ đạo, đặt dưới quyền chỉ huy của Viện trưởng hay người được Viện trưởng chỉ định, có quyền hạn và trách nhiệm để giảm nhẹ hậu quả của tai nạn/sự cố tại hiện trường và đưa ra các quyết định để áp dụng các biện pháp can thiệp trong phạm vi cơ quan. Ban này bao gồm các thành viên sau:

- 1) Viện trưởng Viện NCHN, là Trưởng Ban chịu trách nhiệm điều hành chung;
- 2) Phó Viện trưởng Viện NCHN, là Phó trưởng Ban, sẽ thay thế Viện trưởng khi cần thiết;
- 3) Trưởng phòng Vận hành, Bảo dưỡng và Tháo dỡ, là ủy viên của Ban Chỉ đạo, chịu trách nhiệm chỉ đạo đối phó với mọi diễn biến của tai nạn/sự cố khi tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ tại LPU và khắc phục hậu quả của chúng;
- 4) Trưởng Phòng An toàn bức xạ và Công nghiệp, là ủy viên của Ban Chỉ đạo, chịu trách nhiệm đánh giá liều bức xạ, quan trắc môi trường, hướng dẫn cho nhân viên khắc phục sự cố không bị chiếu xạ quá mức, đảm bảo an toàn công nghiệp và phối hợp với phụ trách các Phòng/Trung tâm có liên quan, chỉ đạo ứng phó với mọi diễn biến của tai nạn/sự cố xảy ra trong các phòng thí nghiệm và khắc phục hậu quả của chúng;
- 5) Trưởng phòng Hành chính - Tổ chức, là ủy viên của Ban, chịu trách nhiệm điều động phương tiện vận chuyển và thông tin liên lạc, đảm bảo an ninh tại nơi làm việc và phối hợp với các cơ quan bên ngoài theo nội dung chỉ đạo của Trưởng Ban.

Viện trưởng Viện NCHN có trách nhiệm đảm bảo việc xây dựng cơ chế phối hợp rõ ràng về việc ứng phó sự cố giữa Viện NCHN, chính quyền địa phương và trung ương. Các cơ chế phối hợp này sẽ bao gồm các tổ chức chịu trách nhiệm ứng phó với sự cố hạt nhân hay bức xạ và các tổ chức chịu trách nhiệm ứng phó với những sự cố thông thường. Các cơ chế phối hợp được xây dựng thành văn bản, tài liệu và sẵn có cho tất cả các bên có liên quan.

Đối với tổ chức ứng phó sự cố của Viện NCHN, mọi nhân viên trong Ban Quản lý dự án đều được phân định vị trí công tác thích hợp để thực hiện những chức năng cần thiết nhằm đáp

ứng yêu cầu ứng phó sự cố. Số lượng nhân viên có trình độ nghiệp vụ là đủ và sẵn sàng để có thể bố trí ngay vào những vị trí thích hợp (nếu cần) sau khi có sự tuyên bố và thông báo về tình huống khẩn cấp.

13.2 ỨNG PHÓ TÌNH HUỐNG KHẨN CẤP

Việc quản lý tình huống khẩn cấp được trình bày trên Hình 13.2. Sau khi đã nhanh chóng xác định, đánh giá và phân loại tình trạng khẩn cấp, nhiệm vụ đầu tiên là tổ chức đối phó với sự phát triển bất lợi của tai nạn/sự cố. Khi xảy ra trường hợp tai nạn/sự cố, trách nhiệm ứng phó ban đầu thuộc về nhóm thực hiện công việc tẩy xạ và tháo dỡ dưới sự chỉ đạo của Trưởng phòng vận hành, Bảo dưỡng và Tẩy xạ (đóng vai trò là Người điều khiển tại hiện trường).

Khi xảy ra tai nạn/sự cố liên quan đến bức xạ, nhân viên đo liều, dưới sự chỉ đạo của Trưởng phòng An toàn bức xạ (Người đánh giá liều bức xạ), tiến hành các phép đo và xác định mức độ và loại nhiễm bẩn phóng xạ tại từng vị trí để báo cáo cho Người điều khiển tại hiện trường. Việc quan trắc môi trường bên ngoài cần được tiến hành để tin chắc rằng không có sự thất thoát chất phóng xạ ra bên ngoài. Nhóm đo liều sẽ cung cấp cho nhân viên nơi làm việc và nhân viên khắc phục sự cố các phương tiện phòng hộ thích hợp với tải liệu hướng dẫn sử dụng chi tiết. Nhóm này sẽ qui định chính xác thời gian và biện pháp để người tham gia đối phó và khắc phục hậu quả của tai nạn/sự cố không bị chiếu xạ quá mức cho phép. Những nơi nhiễm bẩn phải được xác định và có biển cảnh báo, và có những biện pháp hữu hiệu nhằm ngăn ngừa sự nhiễm bẩn lan truyền. Sau khi khắc phục sự cố phải kiểm tra liều bức xạ, mức nhiễm bẩn bề mặt, nhiễm bẩn không khí; nếu chúng đạt mức bình thường mới cho phép người ra vào làm việc trở lại.

Cho mục đích ứng phó sự cố về mặt y tế, nhân viên y tế và nhân viên được đào tạo về sơ cứu sẽ thực hiện việc sơ cứu cho những người bị thương khi cần. Việc tìm kiếm và cứu nạn đối với những người bị thương cần phải được thực hiện nhanh chóng. Việc điều trị những người bị thương nghiêm trọng hoặc ảnh hưởng đến tính mạng phải được ưu tiên trước so với những hành động khác. Trường hợp có người bị thương không liên quan đến phóng xạ như bị bỏng hay những vết thương do tai nạn thông thường, cần phải thực hiện việc sơ cứu nhằm để cứu mạng, làm giảm đau và giúp đỡ bình phục khi cần. Những người có dấu hiệu bị chiếu xạ liều cao và có những tổn thương khác hoặc bị bỏng nặng cần được chuyển ngay đến bệnh viện chuyên khoa sau khi có sơ cứu thích hợp. Những người bị nhiễm bẩn nặng sẽ được giữ lại ở khu vực thích hợp để ngăn chặn sự lan rộng của nhiễm bẩn phóng xạ và họ cần được tẩy xạ phù hợp. Vì những bệnh nhân thường sẽ không biểu hiện sớm những triệu chứng về sự chiếu xạ quá liều, nên cần có sự chọn lựa và theo dõi những người có khả năng bị chiếu xạ quá liều.

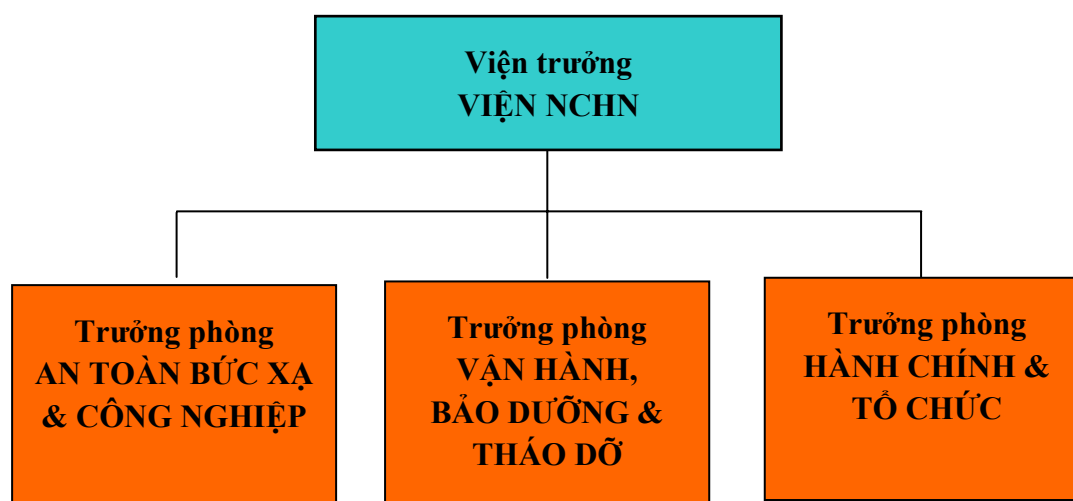
Khi xảy ra sự cố hạt nhân hay phóng xạ tại Viện NCHN, Viện trưởng (Người chỉ đạo ứng phó sự cố) hay Trưởng phòng Hành chính - Tổ chức sẽ thông báo cho giới báo chí và dân chúng biết về tình trạng khẩn cấp. Thông tin đưa ra báo đài cần phải kịp thời và chứa đựng những nội dung đã được xử lý thận trọng và có trách nhiệm. Việc trao đổi thông tin với giới báo chí và dân chúng cần được giữ liên tục cho đến khi chấm dứt tình huống khẩn cấp.

Sau khi không chế được tai nạn/sự cố, công việc tiếp theo là đưa cơ sở trở lại tình trạng an toàn và xử lý các hậu quả của tai nạn/sự cố. Chỉ khi tình trạng an toàn được khôi phục thì mới có thể xem tình huống khẩn cấp là chấm dứt. Trưởng ban chỉ đạo ứng phó sự cố là người có trách nhiệm thông báo chấm dứt tình trạng khẩn cấp.

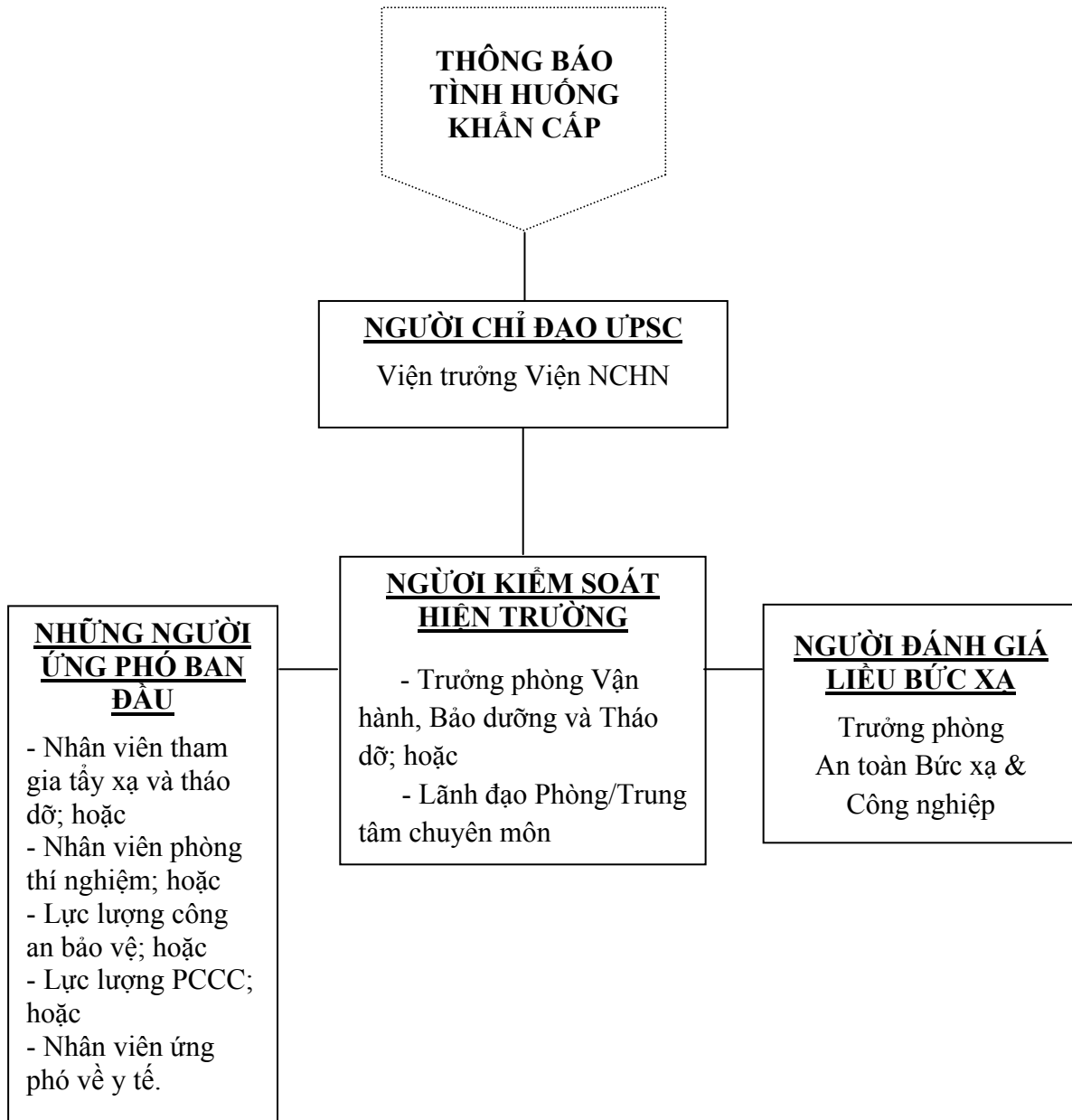
Việc huấn luyện, luyện tập và diễn tập để ứng phó tình huống khẩn cấp là nhân tố quan trọng giúp việc thực hiện kế hoạch ứng phó khẩn cấp có hiệu quả. Mọi nhân viên của cơ quan đều phải nghiên cứu bản Kế hoạch ứng phó khẩn cấp. Hàng năm, Viện NCHN có nhiệm vụ tổ chức lớp ôn tập (hoặc đào tạo) kèm theo sự luyện tập sự cố trên những tình huống giả định về các tai nạn/sự cố dự kiến có thể xảy ra khi thực hiện dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL. Những đợt diễn tập được tiến hành ở những khoảng thời gian thích hợp để đảm bảo tính hiệu lực của Bản Kế hoạch ứng phó ở Viện NCHN và của các hành động cụ thể khi xảy ra sự cố, đảm bảo cung cấp cơ hội huấn luyện trong những tình huống thực và đảm bảo phát hiện và thử nghiệm những khái niệm và ý tưởng mới cho công việc chuẩn bị ứng phó sự cố.

13.3. HỒ SƠ

Những thông tin liên quan đến ứng phó tình huống khẩn cấp sẽ được ghi lại trong sổ nhật ký tình huống khẩn cấp. Các mẫu báo cáo đến Viện Năng lượng nguyên tử Việt nam và Cục An toàn Bức xạ và Hạt nhân phải được chuẩn bị trước cho tình huống khẩn cấp hạt nhân hay phóng xạ. Những báo cáo này rất hữu ích cho việc tư liệu hóa các thông tin sự cố quan trọng bao gồm việc mô tả về tai nạn, nơi xảy ra sự cố, thời gian và những người liên quan, đánh giá mức liều/nhiễm bẩn, các hoạt động y tế, những ảnh hưởng đối với môi trường, và những hành động ban đầu để giảm nhẹ sự cố. Những báo cáo này được dùng làm cơ sở cho việc điều tra về tai nạn để xác định các nguyên nhân và hậu quả, cũng như cung cấp những thông tin hữu ích nhằm giúp ngăn chặn những tai nạn có thể xảy ra trong tương lai.



Hình 13.1. Ban Chỉ đạo ứng phó sự cố ở Viện NCHN



Hình 13.2. Quản lý ứng phó tình huống khẩn cấp

14. ĐẢM BẢO AN NINH CƠ SỞ VÀ THANH SÁT HẠT NHÂN

Việc đảm bảo an ninh và thanh sát hạt nhân cho các vùng nghiêm ngặt của Lò phản ứng cũng như toàn bộ cơ sở Viện NCHN là một công việc hết sức quan trọng, đặc biệt trong quá trình tẩy xạ và tháo dỡ LPU. Công tác đảm bảo an ninh và thanh sát hạt nhân cơ sở được thực hiện nhằm chống lại sự cố ý phá hoại hay thất thoát vật liệu hạt nhân. Hiện nay, công tác đảm bảo an ninh và thanh sát hạt nhân cho LPUHNĐL đã được triển khai và đang trong quá trình nâng cấp, hoàn thiện về cả mặt thiết bị cũng như về mặt quản lý. Công tác này cần phải được hoàn thành trước khi tiến hành tẩy xạ tháo dỡ đối với LPUHNĐL sau khi chấm dứt vận hành. Trước khi tiến hành tháo dỡ, cần phân công rõ tổ chức, vai trò và trách nhiệm của tổ công tác phụ trách an ninh cơ sở; tổ công tác này sau đó phải đề xuất các phương án nhằm đảm bảo hiệu quả trong công tác an ninh và thanh sát hạt nhân.

14.1. TỔ CHỨC VÀ TRÁCH NHIỆM

Tổ chức hành chính của Viện NCHN liên quan đến việc đảm bảo an ninh và thanh sát hạt nhân cho lò phản ứng (bao gồm cả quyền lợi và nghĩa vụ cho từng cá nhân) có trách nhiệm:

- Kiểm soát các thiết bị được đưa vào và ra khỏi vùng nghiêm ngặt của Lò phản ứng.
- Kiểm soát người đi ra và đi vào khu vực nghiêm ngặt của Lò phản ứng cũng như các hoạt động bên trong vùng nghiêm ngặt.
- Chuẩn bị ứng phó với các tình huống xảy ra liên quan đến việc đảm bảo an ninh và thanh sát hạt nhân cho lò phản ứng.
- Quản lý và thanh sát nhiên liệu và vật liệu phóng xạ trong quá trình tháo dỡ, bảo quản nhiên liệu trước khi trao trả lại về phía Nga.

Trưởng phòng Vận hành, bảo dưỡng và Tháo dỡ LPU có trách nhiệm đảm bảo việc thực hiện chương trình an ninh, thanh sát và đạt được mục tiêu đề ra. Tất cả các nhân viên có trách nhiệm thực thi chương trình này theo công việc của mình. Do đó, toàn bộ các nhân viên phải được qua một khóa huấn luyện trước khi tháo dỡ nhằm nắm vững những nguy cơ có thể xảy ra trong quá trình tháo dỡ lò phản ứng, đồng thời có những biện pháp an ninh chặt chẽ, tránh các tình huống thất thoát nguồn phóng xạ hay các thiết bị tháo dỡ.

Tổ trưởng tổ bảo vệ chịu trách nhiệm tổ chức việc kiểm soát an ninh khu vực nhà lò và toàn bộ cơ sở Viện Nghiên cứu Hạt nhân; và huấn luyện cho nhân viên về việc sử dụng các hệ thống giám sát, bố trí nhân viên của mình kiểm soát theo từng khu vực, đồng thời tổ chức và phân công đội tuần tra đi kiểm tra theo định kỳ.

Phụ trách Phòng An toàn Bức xạ và công nghiệp chịu trách nhiệm kiểm kê và giám sát các nguồn phóng xạ và các thiết bị trong vùng nghiêm ngặt. Giám sát việc vận chuyển và thao tác đối với các nguồn và thiết bị này. Mọi thao tác với thiết bị đều phải được bổ sung vào hồ sơ lưu giữ, tránh tình trạng di chuyển hay thao tác trái phép đối với các nguồn phóng xạ và các thiết bị trong vùng nghiêm ngặt.

14.2. CHƯƠNG TRÌNH VÀ BIỆN PHÁP AN NINH THỰC THỂ

Một chương trình đảm bảo an ninh thực thể cho Lò phản ứng phải được thiết lập bởi những người có trách nhiệm trước khi thực hiện các công việc tháo dỡ Lò phản ứng. Theo đó, nhiên liệu sau khi tháo dỡ, tạm thời được cất giữ tại tầng trung gian của thùng lò và trong bể chứa nhiên liệu đã cháy trong thời gian khoảng 2 năm, trước khi chuyển đi và trao trả lại cho phía Nga (hoặc cất giữ ở Nhà số 5). Trong quá trình này, một hệ thống thông tin, kiểm soát an ninh phải được thiết lập và nâng cấp để tăng cường kiểm soát tại các vị trí đặt nguồn phóng xạ, các vị trí đặt thiết bị, đặc biệt kiểm soát an ninh cho các bó nhiên liệu đã qua sử dụng. Hệ thống này phải được hoạt động một cách tin cậy và được theo dõi 24/24.

Hiện nay, hệ thống kiểm soát an ninh cho khu vực nhà lò đã được xây dựng và đang trong quá trình kiện toàn. Theo đó, một hệ thống các camera giám sát được lắp đặt để kiểm soát các lối ra và vào, các hành lang đi lại trong nhà lò. Các thiết bị kiểm soát được lắp đặt tại các nơi cất giữ nguồn phóng xạ như nắp đậy bể chứa bó nhiên liệu đã cháy, các container chứa nhiên liệu. Các hệ thống báo động được lắp đặt tại các cửa ra vào vùng nghiêm ngặt nhằm ngăn chặn việc đi ra vào trái phép của nhân viên và người ngoài cơ quan (xem các Hình 2.13 và 2.14, Chương 2).

Về cơ bản, hệ thống thiết bị đảm bảo an ninh sau khi tháo dỡ cho lò phản ứng cũng sẽ dựa trên hệ thống kiểm soát an ninh hiện có. Tuy nhiên, trước khi thực hiện công việc tháo dỡ lò phản ứng, tổ công tác chịu trách nhiệm tháo dỡ phải tiến hành khảo sát khả năng hoạt động của hệ thống, đồng thời khảo sát lắp đặt thêm các thiết bị giám sát cho các vị trí trọng yếu khác nếu thấy cần thiết.

Tổ công tác đảm bảo an ninh thực thể cho lò phản ứng phải xác định được các mục tiêu cần phải bảo vệ, đặc biệt là các thanh nhiên liệu đã cháy. Đồng thời tăng cường công tác an ninh cả về mặt hệ thống thiết bị cũng như về con người. Xây dựng các tình huống giả định để có thể có phương án ứng phó kịp thời và hiệu quả trong trường hợp có sự cố bất thường xảy ra. Các nhân viên tham gia chương trình này phải được diễn tập để ứng phó trong các trường hợp sự cố xảy ra.

14.3. CHƯƠNG TRÌNH VÀ BIỆN PHÁP THANH SÁT HẠT NHÂN

Hiện tại, hầu như tất cả các vật liệu phóng xạ trong nhà lò đã được lập hồ sơ quản lý theo quy định của IAEA.

Những người có trách nhiệm phải rà soát lại danh sách các thiết bị, vật liệu và các nguồn phóng xạ có mặt trong các khu vực kiểm soát trước khi tiến hành tháo dỡ. Đồng thời lập hồ sơ riêng cho tất cả các thiết bị, các nguồn phóng xạ này. Mỗi thiết bị khi được di chuyển, tháo tác, đều phải được bổ sung vào hồ sơ lưu giữ.

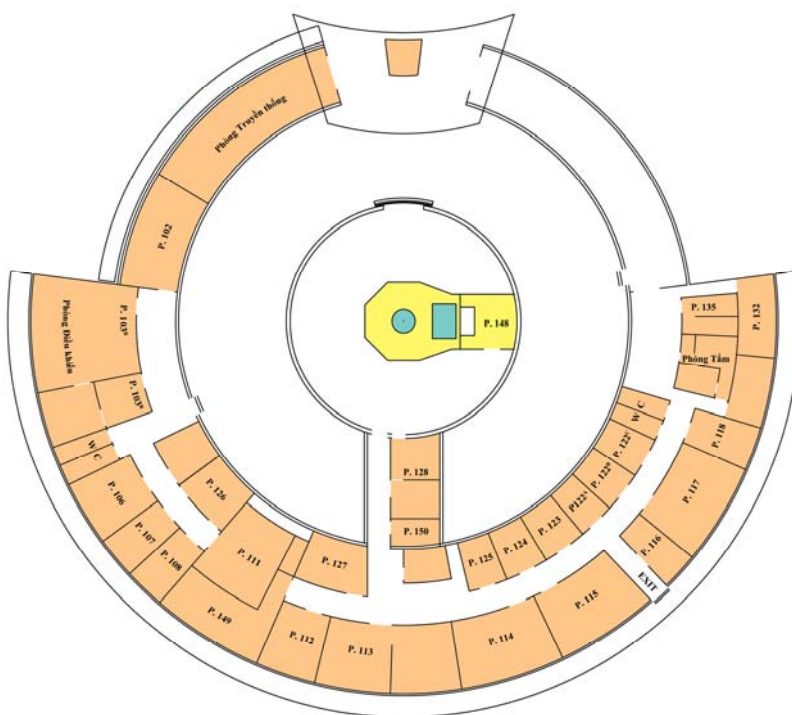
Mỗi thao tác hay công việc trong nhà lò, đặc biệt là các thao tác với các bó nhiên liệu đã cháy phải được sự đồng ý của người trưởng phụ trách an ninh và thanh sát sau khi đã nắm rõ và thông qua các quy trình thao tác, các tiêu chuẩn an toàn, ... Quá trình thao tác phải được giám sát bởi một người thứ ba, theo phân công của trưởng nhóm phụ trách thanh sát hạt nhân. Mọi bất thường xảy ra trong quá trình thao tác phải được báo cáo lập tức lên người có thẩm quyền xem xét giải quyết.

15. KẾ HOẠCH ĐO ĐẶC PHÓNG XẠ SAU KHI KẾT THÚC CÔNG VIỆC TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ

15.1. PHẠM VI LẤY MẪU VÀ ĐO ĐẶC

Vùng hoạt LPUHNDL và các thiết bị phụ trợ sẽ được tháo dỡ và di chuyển ra khỏi cơ sở hạt nhân trước khi chấm dứt các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ. Do đó việc đo đặc phóng xạ sau khi kết thúc công việc tẩy xạ và tháo dỡ (sau đây gọi tắt là đo đặc phóng xạ) sẽ chỉ bao gồm những vùng đất phơi nhiễm, sàn và tường bê tông của tòa nhà lò cũng như các phòng thí nghiệm có sử dụng đến vật liệu phóng xạ.

Dự kiến các vùng cần tiến hành đo đặc phóng xạ sẽ tập trung chủ yếu ở khu vực gian nhà lò, Nhà số 1 (Hình 15.1), Nhà số 2, Nhà số 2A và những lối đi được dùng để vận chuyển vật liệu phóng xạ trong quá trình thực hiện tẩy xạ và tháo dỡ.



Hình 15.1. Khu vực Nhà 1 của Viện Nghiên cứu Hạt Nhân

Việc kiểm tra phóng xạ này được thực hiện theo bản Kế hoạch đo đặc phóng xạ sau khi kết thúc công việc bởi những kỹ thuật viên có kinh nghiệm và đã được huấn luyện. Những kỹ thuật viên này sẽ tuân theo các quy trình viết sẵn bao gồm lấy mẫu và xử lý, đo đặc và lưu trữ hồ sơ. Bản kế hoạch đo đặc phóng xạ sẽ chỉ ra những vị trí lấy mẫu, những phương pháp đo đặc và phân tích cần tiến hành. Mọi giới hạn an toàn để giải phóng cơ sở sẽ được bao hàm trong bản kế hoạch này để hướng quá trình kiểm tra vào việc thể hiện sự đáp ứng yêu cầu đặt ra.

Việc đo đạc phóng xạ có thể bao gồm việc tầm soát gamma bề mặt bằng detector nhấp nháy NaI. Những mẫu đất ở bề mặt và bên dưới sẽ được thu thập sử dụng cách thức lấy mẫu ngẫu nhiên (*random-start grid pattern* hoặc *randomly generated locations*) để tương xứng với phân loại vùng cần tầm soát. Các mẫu đất sẽ được phân tích để xác định nguy cơ nhiễm bẩn bằng phương pháp phân tích mẫu chuẩn bao gồm việc sử dụng ống đếm nhấp nháy lỏng đối với các đồng vị phát beta thuộc dạng khó phát hiện (như Carbon-14 và Tritium) và hệ phân tích phổ gamma đối với các nhân phát gamma.

15.2. CÁC YÊU CẦU VỀ CHẤT LƯỢNG CỦA DỮ LIỆU

Mục tiêu của việc đo đạc phóng xạ là chỉ ra được tình trạng phóng xạ của cơ sở thỏa mãn các giới hạn cung cấp bởi cơ quan pháp quy trình bày trong phần Mục tiêu của kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ. Những giới hạn này thường có thể do cơ quan pháp quy qui định (có thể áp dụng từ tài liệu Safety Reports Series No. 44 – Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance).

Trong một số tài liệu hướng dẫn như MARSSIM (Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual), mục tiêu chất lượng dữ liệu sẽ là cung cấp mức độ tin cậy 95% cho sai số loại I trong việc thể hiện rằng cơ sở đã thỏa mãn các điều kiện an toàn. Thông thường, sai số loại II cũng sẽ được xác định ở mức độ tin cậy 95% nhưng có thể điều chỉnh để áp dụng vào từng trường hợp cụ thể. Do đó sai số của kết luận loại I (Type I decision error) sẽ là 5%. Những giá trị tần suất sai số kết luận này (decision error rates) được dùng trong việc xác định số mẫu cần thiết ở mỗi đơn vị đo đạc (survey unit) cũng như số lượng điểm dữ liệu tối thiểu sử dụng cho phép kiểm định khi tham số cuối cùng được thực hiện để đánh giá mật độ nhiễm bẩn trong các đơn vị đo đạc so với các giới hạn an toàn. Các mục tiêu về chất lượng của dữ liệu sẽ được mô tả đầy đủ trong Kế hoạch đo đạc phóng xạ sau khi kết thúc công việc tẩy xạ và tháo dỡ và sẽ bao gồm những giới hạn về độ nhảy của các phương pháp phân tích và đo đạc.

Việc thiết lập các mục tiêu này sẽ bao hàm cả tiêu chuẩn pháp quy và giới hạn công nghiệp có thể áp dụng vào công việc đo đạc phóng xạ và sẽ được xem xét và phê duyệt bởi Viện trưởng Viện NCHN.

15.3. XÁC ĐỊNH VÀ PHÂN LOẠI CÁC ĐƠN VỊ ĐO ĐẠC

15.3.1. Phương pháp phân loại

Những đơn vị đo đạc được phân loại dựa trên nguy cơ bị nhiễm xạ theo các phương pháp được hướng dẫn bởi cơ quan pháp quy. Thông thường, có thể phân thành hai loại vùng là “không chịu ảnh hưởng” và “chịu ảnh hưởng”. Vùng không chịu ảnh hưởng là khu vực không có nguy cơ về lưu giữ nhiễm bẩn phóng xạ vì ở đó không phát hiện bất cứ tác nhân nào đến từ sự vận hành của cơ sở.

Các vùng chịu ảnh hưởng có thể lưu giữ sự nhiễm bẩn phóng xạ từ quá trình vận hành của cơ sở. Dựa trên các mức độ nhiễm bẩn phóng xạ hiện diện mà có thể tiếp tục phân loại các vùng chịu ảnh hưởng thành các vùng Loại 1, Loại 2 và Loại 3. Vùng Loại 1 tiềm ẩn khả năng lớn nhất

về hoạt độ chất nhiễm bẩn trong khi vùng Loại 3 có khả năng thấp nhất. Mỗi phân vùng thường được bao quanh bởi các vùng được phân loại ở mức độ thấp hơn một cấp để hình thành các vùng đệm quanh vùng có hoạt độ cao. Trường hợp ngoại lệ xuất hiện khi một vùng bị bao quanh bởi rào chắn vật lý đáng kể, như tường bao, có thể ngăn chặn được việc vận chuyển nhiễm bẩn từ vùng này sang các vùng lân cận. Trong các trường hợp này, mỗi vùng sẽ được phân loại dựa trên chính đường biên vật lý của nó sử dụng những thông tin tin cậy nhất có thể thu thập được.

Để tham khảo, ta có thể xem qua sự phân loại trích từ phần 4.4 của MARSSIM.

Loại 1:

Những vùng đang hoặc đã có sự sửa chữa trước quá trình tẩy xạ và tháo dỡ, một nguy cơ nhiễm bẩn phóng xạ (dựa trên lịch sử vận hành của cơ sở) hoặc sự nhiễm bẩn đã được xác định (dựa trên những kết quả đo đạc đã thực hiện trước đó). Các ví dụ cho vùng Loại 1 bao gồm: 1) Các khu vực trước đây phục vụ các hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ; 2) Các vị trí được xác định là từng có sự cố tràn hay rò rỉ vật liệu phóng xạ; 3) Vùng trước đây làm nơi chôn cất hay lưu giữ thải; 4) Vị trí lưu giữ thải; và 5) Những vùng có sự nhiễm bẩn trong các mảnh rắn riêng rẽ của vật liệu có hoạt độ phóng xạ riêng cao. Lưu ý rằng những vùng chứa sự nhiễm bẩn vượt quá DCGL (DCGL - mức độ dư lượng phóng xạ trên bề mặt hoặc thể tích của riêng một đồng vị có liên quan đến giới hạn an toàn về nồng độ hoặc liều) trước khi tẩy xạ và tháo dỡ nên được xếp vào vùng Loại 1.

Loại 2:

Những khu vực đang hoặc đã có sự sửa chữa trước quá trình tẩy xạ và tháo dỡ với nguy cơ nhiễm bẩn phóng xạ hoặc có sự nhiễm bẩn đã được xác định nhưng không được mong đợi là sẽ vượt quá DCGL. Để thay đổi một cách hợp lý phân loại của một vùng từ Loại 1 sang Loại 2, những dữ liệu hiện có (như lịch sử vận hành của cơ sở hay các kết quả đo đạc đã có) nên cung cấp độ tin cậy cao ở mức không có một phép đo đơn lẻ nào vượt quá DCGL. Ví dụ cho vùng Loại 2 có thể bao gồm: 1) những vị trí mà vật liệu phóng xạ từng hiện diện trong tình trạng không được đóng gói kín; 2) những lối đi có khả năng bị nhiễm bẩn; 3) khu vực xuôi hướng gió tính từ đầu thải của ống khói; 4) phần tường bên trên và trần của các tòa nhà hay phòng có sự hiện diện của chất phóng xạ trong không khí; 5) những khu vực diễn ra việc xử lý vật liệu phóng xạ mật độ thấp; và 6) những khu vực ở đường biên hoặc từng là vùng kiểm soát nhiễm bẩn.

Loại 3:

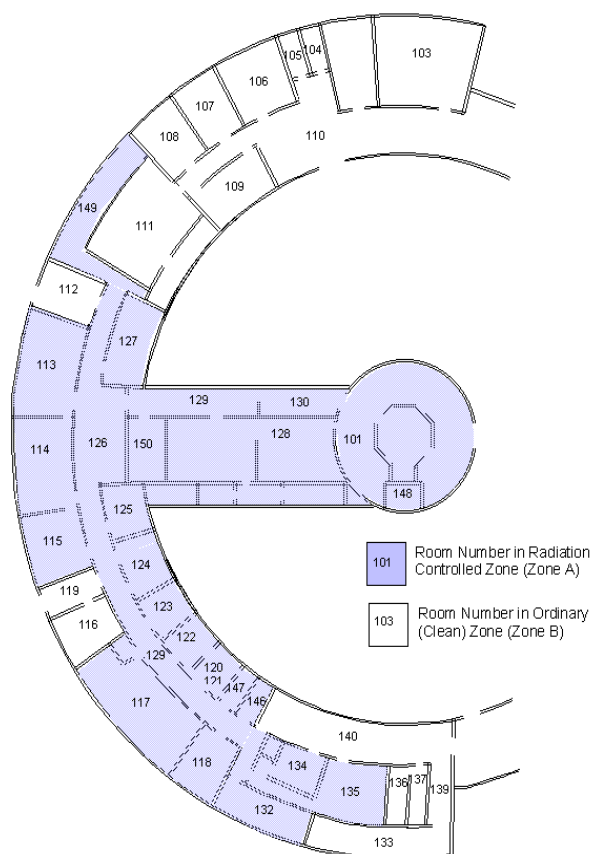
Mọi khu vực bị ảnh hưởng mà không nghi ngờ là có lưu giữ bất kỳ dư lượng phóng xạ nào hoặc chỉ lưu giữ ở mức độ thấp hơn nhiều lần so với DCGL, dựa trên lịch sử vận hành và những kết quả đo đạc phóng xạ trước đây của cơ sở. Ví dụ cho những khu vực có thể xếp vào Loại 3 bao gồm những khu vực phụ trợ xung quanh vùng Loại 1 và Loại 2 và những khu vực ít có khả năng chứa dư lượng phóng xạ nhưng không đủ thông tin để kết luận rằng chúng thuộc vùng không bị ảnh hưởng.

Kích thước của một đơn vị đo đặc phụ thuộc trực tiếp bởi phân loại của nó. Trong các tài liệu hướng dẫn, cơ quan pháp quy có thể cung cấp những kích thước đề nghị cho các đơn vị đo đặc (ví dụ như của MARSSIM trình bày ở Bảng 15.1). Những kích thước này thường được đề nghị dựa trên việc tìm kiếm mật độ lấy mẫu hợp lý và phù hợp với những phần mềm mô phỏng liều thông dụng.

Đối với những tòa nhà, dựa trên giả thiết việc mô phỏng liều với 100 m² không gian văn phòng được sử dụng, tài liệu MARSSIM khuyến cáo coi 100 m² bề mặt sàn là một đơn vị đo đặc.

Phân bố số hạng nguồn trong toàn bộ khu vực trong trường hợp này thực chất là 100 m² bề mặt sàn sẽ trở thành 180 m² nếu phần tường bên dưới (thấp hơn 2 m) cũng được gộp vào. Nếu có tồn tại khả năng vùng tường bên trên (phần cao hơn 2 m và trần nhà) bị nhiễm bắn phóng xạ thì khu vực có thể được chia nhỏ thành nhiều đơn vị đo đặc hoặc số lượng điểm lấy dữ liệu cần thiết có thể tăng lên để tính đến khu vực cộng thêm.

Có thể kỳ vọng rằng toàn bộ phần nền và phần tường có độ cao thấp hơn 2 m của vùng kiểm soát của khu vực Nhà 1 (Hình 15.2) sẽ được xếp vào vùng Loại 1. Phần còn lại của khu vực Nhà 1 cùng các phòng thí nghiệm có thực hiện các phép đo kích hoạt hay đã từng có sự hiện diện của vật liệu phóng xạ sẽ được xếp vào vùng Loại 2. Những phần còn lại trong khuôn viên của Viện như các phòng hành chính, vùng đất mở có thể được xếp vào vùng Loại 3 hoặc là vùng không chịu ảnh hưởng nếu như có đủ thông tin để xác nhận rằng không có một nguy cơ nhiễm bẩn nào từng hiện diện tại đó.



Hình 15.2. Vùng kiểm soát của khu vực Nhà số 1.

Bảng 15.1. Kích thước của các đơn vị đo đặc đề nghị bởi MARSSIM

Phân loại	Kích thước nhỏ nhất / lớn nhất	
	Tòa nhà	Vùng đất mở
Loại 1	10 m ² / 100 m ²	100 m ² / 2000 m ²
Loại 2	100 m ² / 1000 m ²	2000 m ² / 10 000 m ²
Loại 3	1000 m ² / Không giới hạn	10 000 m ² / Không giới hạn

15.3.2. Phân loại các đơn vị đo đặc

Các khu vực của Viện NCHN sẽ được phân loại dựa trên lịch sử vận hành và các phương pháp đề nghị bởi cơ quan pháp quy như đã đề cập ở phần 15.3.1.

Theo Bản báo cáo phân tích an toàn của LPUHNDL năm 2009, suất liều bức xạ tại một số vị trí trong vùng kiểm soát bức xạ của khu vực Nhà 1 được cho trong Bảng 15.2.

Bảng 15.2. Suất liều bức xạ tại một số vị trí trong vùng kiểm soát bức xạ của khu vực Nhà 1

Số phòng	Mục đích sử dụng	Suất liều tại các thời điểm đo, $\mu\text{Sv/h}$		
		Lò làm việc 500 kW	Sản xuất ĐVPX	Trước khi lò làm việc 100 h
101	Trong nhà lò	3.10 – 5.58	0.15	0.07
148	Phòng đặt bom vòng I	2.2	0.1	0.1
128	Phòng điều khiển lò	0.5 – 0.8	0.16	0.05
113	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV1)	6.0	24.05	6.1
114	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV2)	3.5	16.75	4.5
115	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV3)	2.05	3.65	2.0
117	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV7)	0.31	3.35	0.35
118	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV8)	0.09	0.1	0.05
123	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV6)	1.0	0.1	0.1
124	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV4)	0.3	0.12	0.35
120	Phòng phân tích kích hoạt	0.03	0.09	0.03
121	Phòng phân tích kích hoạt	0.05	0.1	0.05
125	Phòng phân tích kích hoạt (7-1)	1.05	1.0	1.20
126	Phòng để máy chủ nối mạng	0.2	-	0.2

Dựa trên lịch sử vận hành và các thông tin thu thập trước và trong khi tiến hành tẩy xạ và tháo dỡ, có thể đề xuất một sự phân loại tương tự như trong bảng 15.3 cho kế hoạch đo đạc cuối cùng.

Bảng 15.3. Đề xuất sự phân loại các khu vực cần tiến hành đo đạc

Số phòng	Vùng đo đạc		Phân loại
101	Trong nhà lò	Toàn bộ các bề mặt	1
148	Phòng đặt bom vòng I	Toàn bộ các bề mặt	1
128	Phòng điều khiển lò	Sàn và phần tường < 2 m	2
		Trần và phần tường > 2 m	3
113	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV1)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
114	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV2)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
115	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV3)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
117	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV7)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
118	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV8)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
123	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV6)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
124	Phòng sản xuất ĐVPX (ĐV4)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
120	Phòng phân tích kích hoạt	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
121	Phòng phân tích kích hoạt	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
125	Phòng phân tích kích hoạt (7-1)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2
126	Phòng để máy chủ nối mạng	T toàn bộ các bề mặt	2
	Các phòng không thuộc vùng kiểm soát của Nhà 1	T toàn bộ các bề mặt	3
	Phòng đặt Hệ xử lý nước thải phóng xạ (Nhà số 2)	Sàn và phần tường < 2 m	1
		Trần và phần tường > 2 m	2

	Phòng 04 Nhà số 2A	Toàn bộ các bề mặt	2
	Phòng 07 Nhà số 2A	Toàn bộ các bề mặt	2
	Khu vực lưu giữ thả phóng xạ - Nhà 5	Toàn bộ các bề mặt	1
	Các phòng khu hành chính	Vùng không ảnh hưởng	
	Các vùng đất mở xung quanh các tòa nhà	Vùng không ảnh hưởng	

15.4. THU THẬP DỮ LIỆU

Phương pháp đo đạc khác nhau sẽ được áp dụng tùy thuộc vào những yêu cầu dữ liệu của khu vực đang quan tâm. Ví dụ như phép đo hoạt độ có thể di chuyển (removable activity measurements) cung cấp một ít lợi ích (nếu có) khi sử dụng để đánh giá tình trạng phóng xạ trong một lần đào. Ngược lại, việc đánh giá bề mặt tường nhà thông qua phương pháp lấy mẫu thể tích sẽ cung cấp những thông tin cần thiết nhưng lại yêu cầu cao về giá thành và thời gian. Phần này sẽ trình bày những bước cần thực hiện để đạt được sự tối ưu giữa thông tin cần thiết và sự thuận tiện trong việc tiến hành quy trình dựa trên yêu cầu về thông tin đối với các khu vực cần đo đạc.

15.4.1. Các tòa nhà và trang thiết bị

Những tòa nhà và trang thiết bị được xác định rằng sẽ tiếp tục giữ lại tại cơ sở sau quá trình tẩy xạ và tháo dỡ sẽ phải được thực hiện những biện pháp đo đạc sau để chứng minh rằng đã thỏa mãn các giới hạn an toàn tương ứng.

Phép đo quét

Việc kiểm tra ở những tòa nhà và trang thiết bị bằng phương pháp quét hai giai đoạn cần được thực hiện như một phần của công việc đo đạc phóng xạ ở mức độ bao phủ và tốc độ thích hợp. Các phép đo beta tổng và/hoặc gamma tổng được sử dụng phù hợp với khả năng nhiễm bẩn tại khu vực. Các phép đo này thường được thực hiện ở khoảng cách nhỏ hơn hoặc bằng 1 cm tính từ bề mặt. Thực hiện những hiệu chỉnh về tốc độ quét và khoảng cách có thể được thực hiện tuân theo các quy trình đã được phê duyệt.

Phép đo trực tiếp

Các phép đo trực tiếp cần thực hiện đối với các tòa nhà và trang thiết bị như một phần của công việc đo đạc phóng xạ. Số phép đo trực tiếp cần thiết là một đại lượng suy ra từ quá trình tính toán (như được đề cập trong MARSSIM). Dữ liệu đo trực tiếp đối với những tòa nhà và trang thiết bị được thu thập bởi một detector phù hợp. Các detector cần có kích thước hợp lý để có thể

duy trì khoảng cách từ nó đến bề mặt quan tâm không lớn hơn khoảng cách đã được chuẩn (calibrated distance) + 0.5 cm.

15.4.2. Các vùng đất

Đối với những vùng/ diện tích đất, cần phải thực hiện những biện pháp đo đạc sau để thể hiện rằng chúng đáp ứng các giới hạn an toàn cho việc giải phóng cơ sở.

Phép đo quét

Việc đo đạc ở những vùng đất bằng phương pháp quét gamma cần được thực hiện như một phần của công việc đo đạc phóng xạ ở mức độ bao phủ và tốc độ thích hợp.

Lấy mẫu thể tích

Việc lấy mẫu thể tích là cần thiết để có thể chứng minh rằng một vùng đất nào đó thỏa mãn các giới hạn giải phóng tương ứng. Thay vì biện pháp lấy mẫu thể tích, có thể thực hiện phương pháp đo trực tiếp bằng phổ kế gamma hiện trường nếu có được thiết bị thích hợp cũng như nhân viên được huấn luyện. Biện pháp lấy mẫu thể tích hơi khác biệt phụ thuộc vào từng hoàn cảnh cụ thể. Số phép đo bằng biện pháp lấy mẫu thể tích cần thiết là một đại lượng suy ra từ quá trình tính toán (như được đề cập trong MARSSIM)

15.5. ĐÁNH GIÁ DỮ LIỆU

Việc đánh giá dữ liệu được thực hiện đối với các kết quả đo đạc cho các đơn vị đo đạc riêng biệt để xác định rằng đơn vị đo đạc đó có thỏa mãn các giới hạn của việc giải phóng cơ sở hay không. Những phép thử phù hợp như “phép thử Sign” và “phép thử Wilcoxon Rank Sum” sẽ được sử dụng cho việc đánh giá thống kê các dữ liệu đo đạc.

Nếu như sự nhiễm bẩn vượt quá mức phong hoặc hình thành một lượng nhỏ của DCGL, “phép thử Sign” sẽ được sử dụng. Nếu phong tương đương một phần đáng kể của DCGL thì “phép thử Wilcoxon Rank Sum” sẽ được sử dụng. Có thể thấy trước rằng “phép thử Sign” sẽ là phép thử thống kê duy nhất được áp dụng đối với dữ liệu thu được vì các đồng vị phong chỉ đóng góp ở mức một phần nhỏ của DCGL.

15.6. BẢN BÁO CÁO QUÁ TRÌNH ĐO ĐẠC PHÓNG XẠ SAU KHI KẾT THÚC CÔNG VIỆC TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ

Một bản báo cáo quá trình đo đạc phóng xạ sẽ được chuẩn bị để hồ sơ hóa và trình bày kết quả của công việc đo đạc bao gồm toàn bộ dữ liệu thu thập được và quá trình phân tích những dữ liệu này. Bản báo cáo sẽ tóm tắt những hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ đã tiến hành tại LPUHNDL nhằm hỗ trợ cho việc kết thúc giai đoạn cấp phép. Bản báo cáo này sẽ được trình lên cơ quan pháp quy để ủng hộ cho việc xin đưa cơ sở khỏi sự kiểm soát về mặt bức xạ của cơ quan này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Báo cáo phân tích an toàn sử dụng cho Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt, Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, 2009.
- [2] Báo cáo kết quả nghiên cứu đánh giá các đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, 2011.
- [3] Báo cáo tóm tắt kết quả phân tích môi trường, Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, các năm từ 2006 đến 2010.
- [4] Đề án hoạt động khoa học và công nghệ đến năm 2015 và định hướng đến năm 2020, Viện Nghiên cứu hạt nhân, 2009.
- [5] Luật Năng lượng nguyên tử, số 13/2008/L-CTN, ngày 12/6/2008.
- [6] Quy phạm An toàn bức xạ của Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, Hà Nội, 2002.
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, “Standard Format and Content for Safety Related Decommissioning Documents”, Safety Report Series-No.45, 2005.
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, “Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors”, Safety Guide-WS-G-2.1, 1999.
- [9] Decommissioning and Decontamination Plan for the Alan J. Blotcky Reactor Facility, USA, 2004.
- [10] Decommissioning Plan of VVR-S Research Nuclear Reactor, Revision No.9, Bucharest, 2008.
- [11] Institute for nuclear research NAS of Ukraine, “Decommissioning program of the research reactor WWR-M”, DP WWR-M 2009.
- [12] Decontamination and decommissioning of the Janus reactor at the Argonne National laboratory – east site, June 1997.
- [13] Decommissioning Plan, University of Arizona Nuclear Reactor Laboratory, May 2009.
- [14] Decommissioning plan, Nuclear Research Laboratory, University of Illinois at Champaign-Urbana, US, March 2006.
- [15] Decommissioning and dismantling of the research reactor SLASPILS, Latvia – Report, June 2000.
- [16] Selection of Decommissioning Strategies: Issues and Factors, IAEA-TECDOC 1478, Vienna, 2005.
- [17] An analysis of decommissioning costs for the AFRRI TRIGA Reactor Facility, Armed Forces Radiobiology Research Reactor Institute, USA, May 1990.
- [18] Cost calculations for decommissioning and dismantling of Nuclear Research Facilities – nks, July 2008.
- [19] Cost estimates for decommissioning Nuclear Reactor “Why do they differ so much” – Group of experts: Nuclear Waste Decommissioning, Belgium, April 1998.
- [20] Cost estimation for decommissioning (An international overview of cost elements, estimation practices and reporting requirements), Nuclear Energy Agency, 2010.
- [21] Financial aspects of decommissioning, IAEA-TECDOC-1476, November 2005.
- [22] Decommissioning funding: ethics, implementation, uncertainties, Nuclear Energy Agency, 2006.
- [23] A Proposed standardised list of items for costing purposes in the decommissioning of Nuclear Installations – Nuclear Energy Agency.

- [24] Financial aspects of decommissioning – IAEA.
- [25] Decommissioning funding: ethics, implementation, uncertainties – Nuclear Energy Agency.
- [26] A Proposed standardised list of items for costing purposes in the decommissioning of Nuclear Installations – Nuclear Energy Agency.
- [27] KwanSeong Jeong, DongGyu Lee, KuneWoo Lee, HyeonKyo Lim, “A qualitative identification and analysis of hazards, risks and operating procedures for a decommissioning safety assessment of a nuclear research reactor” *Annals of Nuclear Energy* 35 (2008) 1954–1962.
- [28] KwanSeong Jeong, HyeonKyo Lim, “Factor analysis on hazards for safety assessment in decommissioning workplace of nuclear facilities using a semantic differential method”, *Annals of Nuclear Energy* 36 (2009) 1639–1647.
- [29] Kwan-Seong Jeong, Kune-Woo Lee and Hyeon-Kyo Lim, “Risk assessment on hazards for decommissioning safety of a nuclear facility”, *Annals of Nuclear Energy* 37 (2010) 1751-1762.
- [30] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, “Safety Assessment for the Decommissioning of Facilities using Radioactive Material”, IAEA Safety Guide-WS-G-5.2, 2008.
- [31] Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Reports Series, 2005.
- [32] Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Guides No. RS-G-1.7, 2004.

PHỤ LỤC A

CÁC CƠ SỞ ĐƯỢC SỬ DỤNG ĐỂ ƯỚC TÍNH CHI PHÍ CHO DỰ ÁN TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ LPU'HNĐL

I. CÁC HẠNG MỤC CẦN THỰC HIỆN CHO MỘT DỰ ÁN TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ THIẾT BỊ HẠT NHÂN

Phương pháp “Bottom-up”, được xây dựng dựa trên cách tiếp cận mảng công việc và được biết như cấu trúc phân ra từng công việc cụ thể (work breakdown structure, “WBS”). Phương pháp này đã được chấp nhận rộng rãi trong ước tính chi phí tẩy xạ và tháo dỡ cho một cơ sở hạt nhân. Dưới đây là những hạng mục cần có của một dự án tẩy xạ và tháo dỡ cơ sở hạt nhân.

01. NHỮNG HOẠT ĐỘNG CHUẨN BỊ CHO TẮY XẠ VÀ THÁO DỖ

- 01.0100 Lập kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ
- 01.0101 *Nghiên cứu chiến lược*
- 01.0102 *Lập kế hoạch dựa trên các khái niệm*
- 01.0103 *Lập kế hoạch chi tiết*
- 01.0104 *Những nghiên cứu về an toàn và môi trường*
- 01.0200 Xin cấp phép
- 01.0201 *Đơn xin cấp phép và phê chuẩn cấp phép*
- 01.0202 *Tham khảo và lấy ý kiến từ quần chúng*
- 01.0300 Khảo sát, đo đạc bức xạ cho việc lập kế hoạch và cấp phép
- 01.0400 Khảo sát và phân tích vật liệu nguy hại
- 01.0500 Lựa chọn những hợp đồng quan trọng

02. NHỮNG HOẠT ĐỘNG KHI CHẤM DỨT VẬN HÀNH THIẾT BỊ HẠT NHÂN

- 02.0100 Chấm dứt hoạt động thiết bị và thanh kiểm tra
- 02.0101 *Chấm dứt hoạt động, ổn định cơ sở, cách ly và thanh tra giám sát*
- 02.0102 *Thiết bị, hệ thống tiếp tục sử dụng*
- 02.0200 Di dời nhiên liệu và/hoặc vật liệu nhiên liệu hạt nhân
- 02.0201 *Di chuyển nhiên liệu tới nơi lưu giữ tạm thời nhiên liệu đã qua sử dụng*
- 02.0202 *Khôi phục lại bản kiểm kê vật liệu nhiên liệu hạt nhân*
- 02.0300 Tháo nước và làm khô tất cả những hệ thống không trong tình trạng hoạt động
- 02.0400 Lấy mẫu cho kiểm kê đặc trưng bức xạ sau khi chấm dứt hoạt động của thiết bị hạt nhân, tháo nước và làm khô các hệ thống
- 02.0401 *Lấy mẫu cho việc xác định đặc trưng bức xạ trong những hệ thống máy móc được lắp đặt sau khi chấm dứt hoạt động thiết bị hạt nhân, tháo nước và làm khô hệ thống*
- 02.0402 *Lấy mẫu đất nền, đo đạc, phân tích để xây dựng bản đồ nhiễm bẩn*
- 02.0500 Di chuyển các chất lỏng hệ thống (nước, dầu, ...)
- 02.0600 Di chuyển các chất lỏng hệ thống đặc biệt (D₂O, sodium,...)
- 02.0700 Tẩy xạ hệ thống cho mục đích giảm liều
- 02.0800 Di chuyển thải sinh ra từ tẩy xạ
- 02.0900 Di chuyển vật liệu dễ bắt lửa
- 02.1000 Di chuyển nhựa trao đổi ion đã qua sử dụng
- 02.1100 Di chuyển các loại thải khác từ hoạt động của cơ sở
- 02.1200 Cách ly thiết bị điện

02.1300 Thu lại tài sản (bán hoặc nhượng lại các thiết bị, máy móc mà còn có giá trị kinh tế cho sử dụng lại)

03. MUA NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ THIẾT BỊ

- 03.0100 Thiết bị sử dụng phổ biến cho tháo dỡ cơ sở
- 03.0200 Thiết bị cho nhân viên/dụng cụ tẩy xạ
- 03.0300 Thiết bị bảo vệ bức xạ và an toàn lao động
- 03.0400 Thiết bị cho công việc bảo dưỡng và an ninh cho lưu giữ trong thời gian dài

04. HOẠT ĐỘNG THÁO DỠ

- 04.0100 Tẩy xạ các khu vực và thiết bị trong tòa nhà Lò để tháo dỡ thiết bị hạt nhân
- 04.0200 Tháo nước bể chứa nhiên liệu đã cháy và tẩy xạ
- 04.0300 Chuẩn bị cho “trạng thái ngủ”
- 04.0301 *Phân vùng cho lưu giữ thời gian dài*
- 04.0302 *Di chuyển/sắp xếp bảng kiểm kê thiết bị, máy móc, vật liệu không thích hợp cho lưu giữ thời gian dài*
- 04.0400 Tháo dỡ và di dời vật liệu và thiết bị bị nhiễm xạ tới vị trí được quy hoạch cho lưu giữ thời gian dài
- 04.0500 Lấy mẫu đặc trưng, kiểm kê bức xạ trong những hệ thống máy móc sau khi chia vùng trong sự xem xét ở trong “trạng thái ngủ”
- 04.0600 Cấu hình lại, cách ly và xây dựng an ninh địa điểm
- 04.0601 *Cấu hình lại và bảo dưỡng những phục vụ thiết yếu và những thiết bị để phụ giúp lưu giữ thời gian dài và/hoặc những hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ*
- 04.0602 *Cấu hình lại đường biên của địa điểm*
- 04.0603 *Xây dựng những hàng rào bao quanh tạm thời, các kho lưu giữ, tăng cường kết cấu ,..., để phụ giúp dàn xếp lại địa điểm*
- 04.0604 *Làm cho ổn định/bền của thải phóng xạ và thải nguy hại cho tới khi dàn xếp lại*
- 04.0700 Cố định khu vực kiểm soát, cách ly hoặc tổng táng
- 04.0800 Phân loại kiểm kê bức xạ cho tháo dỡ và tẩy xạ
- 04.0900 Chuẩn bị khu vực lưu giữ thải tạm thời
- 04.1000 Di chuyển thiết bị quản lý nhiên liệu
- 04.1100 Thiết kế, mua, và thử nghiệm công cụ/thiết bị đặc biệt cho tháo dỡ từ xa
- 04.1101 *Thiết kế và mua những công cụ đặc biệt cho tháo dỡ thùng lò và những bộ phận bên trong*
- 04.1102 *Thiết kế và mua những công cụ đặc biệt cho tháo dỡ những thành phần hoặc cấu trúc khác.*
- 04.1200 Hoạt động tháo dỡ thùng lò và bên trong thùng lò
- 04.1300 Di chuyển các hệ thống chính yếu và phụ trợ
- 04.1301 *Di chuyển những hệ thống chủ yếu và phụ trợ trong các thiết bị lò phản ứng*
- 04.1302 *Tháo dỡ và di chuyển thiết bị, đường ống, đường cáp và những hệ thống bên trong bị nhiễm xạ trong các thiết bị hạt nhân không phải là Lò phản ứng*
- 04.1400 Di chuyển che chắn sinh học/nhiệt.
- 04.1500 Di chuyển thiết bị /vật liệu khác từ cấu trúc ngăn chặn và tất cả những thiết bị khác hoặc di chuyển toàn bộ những thiết bị nhiễm bẩn
- 04.1600 Di chuyển và vứt bỏ amiăng (asbestos)
- 04.1700 Di chuyển những đường dây cáp
- 04.1800 Tẩy xạ tòa nhà
- 04.1801 *Di chuyển nhiễm xạ từ những khu vực và cấu trúc trong tất cả tòa nhà*
- 04.1802 *Di chuyển những đường ống gắn vào trong tường*
- 04.1803 *Di chuyển những phần cấu trúc/ thiết bị trong các cấu trúc/ thiết bị bị nhiễm xạ*
- 04.1900 Làm sạch môi trường

- 04.1901 Di chuyển những đường ống gắn vào bên ngoài tòa nhà
- 04.1902 Di chuyển những phần cấu trúc/ thiết bị trong các cấu trúc/ thiết bị bị nhiễm xạ
- 04.1903 Di chuyển nhiễm xạ từ những khu vực và những cấu trúc/công trình xây dựng bên ngoài tất cả tòa nhà
- 04.2000 Khảo sát phóng xạ cuối cùng
- 04.2100 Đặc trưng những vật liệu phóng xạ
- 04.2101 Đặc trưng những vật liệu phóng xạ cho tái chế và sử dụng lại
- 04.2102 Đặc trưng của những vật liệu phóng xạ cho vứt bỏ cuối cùng
- 04.2200 Tẩy xạ cho tái chế và sử dụng lại
- 04.2300 Đào tạo nhân viên
- 04.2400 Thu lại tài sản: bán/nhượng lại kim loại hoặc những vật liệu, và những thiết bị được thu nhặt lại hoặc những thành phần/cấu kiện cho tái chế hoặc sử dụng lại

05. XỬ LÝ THẢI, LƯU GIỮ VÀ CHÔN CẮT

- 05.0100 Phân tích an toàn xử lý thải, lưu giữ và chôn cất
- 05.0200 Nghiên cứu tính khả thi vận chuyển thải
- 05.0300 Những đòi hỏi vận chuyển, đóng gói và cho phép đặc biệt
- 05.0400 Xử lý những chất lỏng hệ thống (nước, dầu, ...) từ hoạt động của thiết bị
- 05.0401 Xử lý
- 05.0402 Đóng gói
- 05.0403 Vận chuyển
- 05.0500 Xử lý những chất lỏng của những hệ thống đặc biệt (D₂O, sodium,...)
- 05.0501 Xử lý
- 05.0502 Đóng gói
- 05.0503 Vận chuyển
- 05.0600 Xử lý thải từ tẩy xạ trong suốt quá trình hoạt động của thiết bị hạt nhân
- 05.0601 Xử lý
- 05.0602 Đóng gói
- 05.0603 Vận chuyển
- 05.0700 Xử lý vật liệu dễ bắt lửa từ hoạt động của thiết bị hạt nhân
- 05.0701 Xử lý
- 05.0702 Đóng gói
- 05.0703 Vận chuyển
- 05.0800 Xử lý nhựa trao đổi ion đã qua sử dụng từ hoạt động của thiết bị hạt nhân
- 05.0801 Xử lý
- 05.0802 Đóng gói
- 05.0803 Vận chuyển
- 05.0900 Xử lý những vật liệu nguy hại và hạt nhân khác từ những hoạt động của cơ sở
- 05.0901 Xử lý
- 05.0902 Đóng gói
- 05.0903 Vận chuyển
- 05.1000 Lưu giữ thải từ hoạt động của cơ sở
- 05.1001 Chuẩn bị cơ sở lưu giữ
- 05.1002 Lưu giữ thải
- 05.1003 Lưu giữ thải phóng xạ từ hoạt động cơ sở
- 05.1004 Tẩy xạ cơ sở lưu giữ
- 05.1005 Tháo dỡ/chôn cất cơ sở lưu giữ
- 05.1100 Chôn cất thải từ hoạt động cơ sở
- 05.1101 Chuẩn bị vị trí chôn cất
- 05.1102 Chôn cất thải
- 05.1103 Chôn cất thải phóng xạ từ hoạt động cơ sở

- 05.1104 Chôn cất thải không phóng xạ từ hoạt động của cơ sở
- 05.1200 Xử lý thải sinh ra từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ cơ sở hạt nhân
- 05.1201 Xử lý thải phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1202 Xử lý thải không phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1203 Container thải
- 05.1300 Đóng gói thải từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1301 Đóng gói thải phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1302 Đóng gói thải không phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1400 Vận chuyển thải từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1401 Vận chuyển thải phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1402 Vận chuyển thải không phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1500 Lưu giữ thải từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1501 Chuẩn bị cơ sở lưu giữ
- 05.1502 Lưu giữ thải
- 05.1503 Lưu giữ thải phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1504 Tẩy xạ cơ sở lưu giữ
- 05.1505 Tháo dỡ/vứt bỏ cơ sở lưu giữ
- 05.1600 Chôn cất thải từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1601 Chuẩn bị vị trí chôn cất
- 05.1602 Chôn cất thải từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ
- 05.1603 Chôn cất thải phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ trên vị trí vứt bỏ
- 05.1604 Chôn cất thải không phóng xạ từ hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ

06. AN NINH ĐỊA ĐIỂM, GIÁM SÁT VÀ BẢO DƯỠNG

- 06.0100 Hoạt động an ninh và giám sát địa điểm
- 06.0200 Thanh tra, giám sát và bảo dưỡng những hệ thống và cấu trúc xây dựng vẫn trong hoạt động
- 06.0300 Quản trị địa điểm
- 06.0400 Năng lượng và nước
- 06.0500 Khảo sát môi trường và bức xạ định kỳ

07. TẠO MỸ QUAN, LÀM SẠCH VÀ KHÔI PHỤC LẠI ĐỊA ĐIỂM

- 07.0100 Phá hủy hoặc khôi phục lại những kiến trúc xây dựng
- 07.0101 Tháo dỡ của những hệ thống "balance – of – plant" và những thành phần xây dựng
- 07.0102 Tháo dỡ kết cấu công trình xây dựng
- 07.0103 Tháo dỡ các đồng đất, gạch vụn
- 07.0200 Tạo phong cảnh, mỹ quan và làm sạch cuối cùng
- 07.0300 Thẩm tra độc lập việc làm đúng theo yêu cầu với việc làm sạch và/hoặc những tiêu chuẩn sử dụng lại địa điểm
- 07.0400 Giám sát liên tục cho giải phóng xa giới hạn hoặc hạn chế đất đai

08. QUẢN LÝ DỰ ÁN, CÔNG VIỆC VÀ PHỤ GIÚP ĐỊA ĐIỂM

- 08.0100 Huy động và chuẩn bị công việc
- 08.0101 Huy động công cụ xây dựng và thiết bị
- 08.0102 Huy động cán bộ, nhân viên
- 08.0103 Bố trí/xây dựng các cơ sở tạm thời
- 08.0104 Sử dụng tạm thời các kết cấu xây dựng
- 08.0105 Xây dựng lại tạm thời
- 08.0200 Quản lý dự án và phục vụ công việc
- 08.0201 Người quản lý dự án và nhân viên
- 08.0202 Kế hoạch và kiểm soát chi phí

- 08.0203 *Đảm bảo chất lượng và giám sát chất lượng*
- 08.0204 *Quản lý vật liệu, xếp dỡ vào kho*
- 08.0205 *Quản trị chung/nhà thầu phụ*
- 08.0206 *Kiểm soát tài liệu, hồ sơ, sổ sách ghi chép*
- 08.0207 *Phụ giúp công việc*
- 08.0300 *Mối quan hệ với công chúng*
- 08.0400 *Phục vụ phụ giúp*
- 08.0401 *Dụng cụ văn phòng*
- 08.0402 *Chu cấp máy tính*
- 08.0403 *Phụ giúp tháo dỡ, tẩy xạ bao gồm hóa chất, tẩy xạ và lĩnh vực giám sát*
- 08.0404 *Phụ giúp quản lý thải*
- 08.0500 *Sức khỏe và an toàn*
- 08.0501 *An toàn bức xạ và giám sát*
- 08.0502 *An toàn công nghiệp*
- 08.0600 *Giải phóng*
- 08.0601 *Di chuyển/tháo dỡ các cơ sở tạm thời*
- 08.0602 *Tháo dỡ những kết cấu sử dụng tạm thời*
- 08.0603 *Giải phóng thiết bị và công cụ xây dựng*
- 08.0604 *Vận chuyển thiết bị, máy móc, vật liệu sau khi hoàn thành xong công việc*

09. NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN

- 09.0100 *Nghiên cứu và phát triển cho tẩy xạ, đo đặc bức xạ và quá trình tháo dỡ, công cụ và thiết bị*
- 09.0200 *Mô phỏng công việc được thực hiện trên mô hình*

10. NHIÊN LIỆU VÀ VẬT LIỆU HẠT NHÂN

- 10.0100 *Vận chuyển nhiên liệu hoặc vật liệu hạt nhân từ cơ sở hoặc từ lưu giữ tạm thời tới nơi lưu giữ trung gian*
- 10.0200 *Lưu giữ trung gian*
- 10.0201 *Lưu giữ trung gian ướt*
- 10.0202 *Lưu giữ trung gian khô và container*
- 10.0300 *Tháo dỡ/vứt bỏ cơ sở lưu giữ tạm thời*
- 10.0301 *Tẩy xạ cơ sở lưu giữ tạm thời*
- 10.0302 *Tháo dỡ/vứt bỏ cơ sở lưu giữ tạm thời*
- 10.0400 *Chuẩn bị vận chuyển nhiên liệu hoặc vật liệu hạt nhân từ nơi lưu giữ trung gian tới nơi quản lý cuối cùng*
- 10.0500 *Tháo dỡ/vứt bỏ cơ sở lưu giữ trung gian*
- 10.0501 *Tẩy xạ cơ sở lưu giữ trung gian*
- 10.0502 *Tháo dỡ/vứt bỏ cơ sở lưu giữ trung gian*

11 NHỮNG CHI PHÍ KHÁC

- 11.0100 *Các chi phí của người chủ cơ sở*
- 11.0101 *Thực hiện kế hoạch chuyển đổi*
- 11.0102 *Những phí tổn chính yếu*
- 11.0200 *Chung, những chi phí cố vấn tổng thể (không cụ thể)*
- 11.0300 *Chung, lệ phí luật tổng thể (không cụ thể), thanh tra, cấp giấy chứng nhận, xem xét, ...*
- 11.0400 *Thuế*
- 11.0500 *Bảo hiểm*
- 11.0600 *Những chi phí thường lệ và quản trị chung*
- 11.0700 *Sự kiện xảy ra ngẫu nhiên*

- 11.0701 Sự rủi ro, đảm bảo tài chính chống lại sự không chắc chắn/tình trạng không rõ ràng vốn có
- 11.0702 Sự leo thang của những yếu tố rủi ro cao
- 11.0800 Lợi tức/tiền lãi trên tiền mượn
- 11.0900 Tìm lại tài sản: Bán lại/nhượng lại thiết bị nói chung và vật liệu

12. CÁC NHÓM CHI PHÍ

- 12.0100 Chi phí công lao động
- 12.0200 Chi phí nguyên vật liệu, thiết bị, dụng cụ
- 12.0300 Công tác phí/phụ phí
- 12.0400 Sự kiện xảy ra ngẫu nhiên

II. THÔNG KÊ CHI PHÍ THÁO DỠ, TẮY XẠ CÁC CƠ SỞ Lò PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI

Ở thời điểm hiện tại, một số LPU nghiên cứu trên thế giới đã hoàn thành việc tẩy xạ và tháo dỡ, một số khác đang thực hiện hoặc đang trong quá trình lập dự án. Chi phí tẩy xạ và tháo dỡ cho các cơ sở LPU nghiên cứu thường là khác nhau, phụ thuộc vào những điều kiện cụ thể của chính từng cơ sở, từng quốc gia. Những nhân tố ảnh hưởng tới chi phí tẩy xạ và tháo dỡ được nhóm theo các phân loại sau:

- Phạm vi tính toán chi phí;
- Thời gian tháo dỡ, tẩy xạ;
- Những yếu tố liên quan đến kỹ thuật, công nghệ phục vụ cho tháo dỡ, tẩy xạ;
- Hệ thống quản lý thải;
- Những yếu tố về hành chính (mức lương cho nhân công và hệ thống luật);
- Những yếu tố về tài chính.

Kế hoạch tháo dỡ và tẩy xạ, chi phí và những đặc trưng chính của một số LPU nghiên cứu trên thế giới có các đặc trưng tương tự như LPU HNĐL (dùng để tham khảo khi ước tính chi phí cho việc tẩy xạ và tháo dỡ LPU HNĐL) được trình bày tóm tắt ở bảng dưới đây.

LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU DR1, DENMARK

Những đặc trưng chính

Loại lò	Loại hòa tan
Nhiên liệu	U-235, độ giàu 20%, uranyl sulphat được hòa tan trong nước đã khử khoáng
Công suất nhiệt	2 KW
Chất làm chậm và tải nhiệt	Nước nhẹ đã khử khoáng
Vành phản xạ	Graphite
Thông lượng neutron nhiệt	6×10^{10} n/(cm ² .sec)
Che chắn sinh học	Thùng thép không rỉ, tường bê tông
Mục đích sử dụng	Mười năm đầu, lò phản ứng được sử dụng cho những thực nghiệm neutron và sau đó, mục đích chính cho đào tạo

Lịch sử hoạt động

Từ tháng 8 năm 1957 đến cuối năm 2000

Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ

Mục đích	Mục đích cuối cùng là “green field”.
Chiến lược	Tháo dỡ, tẩy xạ ngay lập tức đã được áp dụng
Thời gian	Từ năm 2001 – 2005

Tổng các hạng mục chi phí

5.383.870 Dkr

tháo dỡ, tẩy xạ của dự án (năm
2005: 1USD = 5,93 Dkr)

≈ 907.904 USD

LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU SALASPILS, LATVIA

Những đặc trưng chính

Loại lò	Loại lò bể bơi
Nhiên liệu	Uranium - 235 được làm giàu
Công suất nhiệt	2MW; 5MW (từ năm 1975, sau khi được nâng cấp)
Chất làm chậm và tải nhiệt	Nước nhẹ đã khử khoáng
Vành phản xạ	Graphite
Thông lượng neutron nhiệt	-
Che chắn sinh học	Tường bê tông, nước nhẹ

Mục đích sử dụng

Thời gian hoạt động Từ năm 1961 tới năm 1998

Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ

Mục đích	Mục đích cuối cùng là “green field”
Chiến lược	Tháo dỡ, tẩy xạ ngay lập tức đã được áp dụng và
Thời gian	Từ năm 1999 – 2009
Tổng các hạng mục chi phí tháo dỡ, tẩy xạ của dự án (phê duyet năm 1998)	12.343.000 USD (không bao gồm chi phí quản lý nhiên liệu: 5.065.000 USD)

LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU JANUS, USA

Những đặc trưng chính

Loại lò	Loại thùng
Nhiên liệu	U-235 được làm giàu
Công suất nhiệt	200 KW
Chất làm chậm và tải nhiệt	Nước nhẹ đã khử khoáng
Vành phản xạ	Graphite
Thông lượng neutron nhiệt	
Che chắn sinh học	Tường bê tông, nước nhẹ
Mục đích sử dụng	Nghiên cứu sinh vật học và di truyền học
Thời gian hoạt động	Từ tháng 8 năm 1963 tới tháng 03 năm 1992

Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ

Mục đích	Mục đích cuối cùng là “green field”
Chiến lược	Tháo dỡ, tẩy xạ ngay lập tức đã được áp dụng
Thời gian	Từ tháng 11 năm 1995 đến tháng 8 năm 1997
Tổng các hạng mục chi phí tháo dỡ, tẩy xạ của dự án (năm 1997)	2.100.000 USD

LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU TRIGA FIR 1, FINLAND

Những đặc trưng chính

Loại lò	TRIGA 250 KW
Nhiên liệu	Uranium được làm giàu 20%
Công suất nhiệt	250 KW
Chất làm chậm và tải nhiệt	Nước nhẹ đã khử khoáng
Vành phản xạ	Graphite
Thông lượng neutron nhiệt	$1,1 \times 10^9$ n/cm ² s

Che chắn sinh học	Tường bê tông, nước nhẹ
Mục đích sử dụng	Để chữa bệnh bằng liệu pháp bẫy neutron bor, ngoài ra còn được sử dụng cho mục đích khác như phân tích kích hoạt và sản xuất đồng vị phóng xạ.
Thời gian hoạt động	Từ năm 1962 (cấp phép hoạt động hiện tại sẽ hết hạn vào năm 2011, nó có thể áp dụng một cấp phép mới)
Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ	
Mục đích	
Chiến lược	Tháo dỡ, tẩy xạ ngay lập tức đã được áp dụng.
Thời gian	Lò phản ứng FiR 1 vẫn tiếp tục hoạt động
Tổng các hạng mục chi phí tháo dỡ, tẩy xạ của dự án (ước tính năm 2002)	2.592.000 Euro ≈ 2.718.230 USD (không bao gồm chi phí quản lý nhiên liệu 2.808.000 Euro)

LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU TRIGA AFRRI, USA

Những đặc trưng chính	
Loại lò	TRIGA Mark F, loại lò bể bơi
Nhiên liệu	U-235 được làm giàu
Công suất nhiệt	1MW
Chất làm chậm và tải nhiệt	Nước nhẹ đã khử khoáng
Vành phản xạ	Graphite
Thông lượng neutron nhiệt	-
Che chắn sinh học	Tường bê tông, nước nhẹ
Mục đích sử dụng	Đào tạo, nghiên cứu, sản xuất đồng vị và những nghiên cứu liên quan tới nguyên tử.
Thời gian hoạt động	-
Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ	
Mục đích	Mục đích cuối cùng là “green field”.
Chiến lược	Tháo dỡ, tẩy xạ ngay lập tức đã được áp dụng
Thời gian	Lò phản ứng FiR 1 vẫn tiếp tục hoạt động
Tổng các hạng mục chi phí tháo dỡ, tẩy xạ của dự án (ước tính năm 1990)	3.531.900 USD (không bao gồm chi phí vận chuyển và xếp dỡ nhiên liệu đã cháy: 226.100 USD)

LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU ALAN J. BLOTCKY

Những đặc trưng chính	
Loại lò	TRIGA MARK I, loại bể bơi
Nhiên liệu	U-235 được làm giàu <20%
Công suất nhiệt	18 KW (1959 – 1995); 20KW (1995 – 2001)
Chất làm chậm và tải nhiệt	Nước nhẹ đã khử khoáng
Vành phản xạ	Graphite
Thông lượng neutron nhiệt	-
Che chắn sinh học	Bê tông, nước nhẹ
Mục đích sử dụng	Đào tạo, nghiên cứu, phân tích kích hoạt, sản xuất đồng vị và những nghiên cứu liên quan tới nguyên tử
Thời gian hoạt động	Từ năm 1959 – 11/2001
Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ	

Mục đích	Giải phóng địa điểm cho sử dụng không bị giới hạn
Chiến lược	Tháo dỡ, tẩy xạ ngay lập tức đã được áp dụng sau khi di chuyển nhiên liệu
Thời gian	Từ tháng 6 năm 2005 đến tháng 3 năm 2007
Tổng các hạng mục chi phí tháo dỡ, tẩy xạ của dự án (năm 2004)	5.200.000 USD

LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU UNIVERSITY OF ARIZONA

Những đặc trưng chính

Loại lò	Mark I TRIGA reactor, loại bể bơi
Nhiên liệu	U-235 được làm giàu
Công suất nhiệt (Max.)	110 KW
Chất làm chậm và tải nhiệt	Nước nhẹ đã khử khoáng
Vành phản xạ	Graphite
Thông lượng neutron nhiệt	-
Che chắn sinh học	Tường bê tông, nước nhẹ
Mục đích sử dụng	Nghiên cứu, thử nghiệm, sản xuất đồng vị phóng xạ và những nguyên cứu chung liên quan tới nguyên tử
Thời gian hoạt động	1958 – 2010

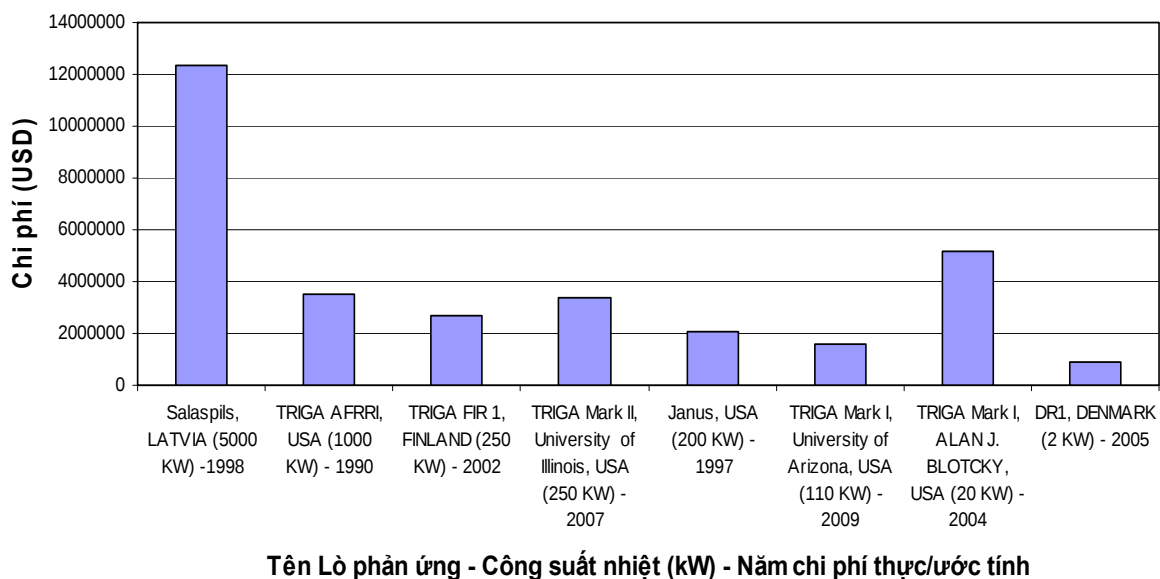
Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ

Mục đích	Giải phóng địa điểm cho sử dụng không bị giới hạn
Chiến lược	Tháo dỡ, tẩy xạ ngay lập tức đã được áp dụng
Thời gian	Sau khi di chuyển nhiên liệu, tháo dỡ, tẩy xạ được mong đợi thực hiện trong một năm
Tổng các hạng mục chi phí tháo dỡ, tẩy xạ của dự án (năm 2009)	1.592.549 USD

LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC ILLINOIS Ở CHAMPAIGN-URBANA, HOA KỲ

Những đặc trưng chính

Loại lò	TRIGA Mark II
Nhiên liệu	U-235 được làm giàu
Công suất nhiệt	100KW (1960 – 1967); 250 KW (1967 – 1998)
Chất làm chậm và tải nhiệt	Nước nhẹ đã khử khoáng
Vành phản xạ	Graphite
Thông lượng neutron nhiệt	-
Che chắn sinh học	Bê tông
Mục đích sử dụng	-
Thời gian hoạt động	1960 – 1998
Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ	
Mục đích	Giải phóng cho sử dụng không bị giới hạn
Chiến lược	2004, nhiên liệu xếp dỡ và vận chuyển tới phòng thí nghiệm quốc gia Idaho Bộ năng lượng Hoa Kỳ (DOE)
Thời gian	3/2007 – 12/2008
Tổng các hạng mục chi phí tháo dỡ, tẩy xạ của dự án (năm 2007)	3.367.479 USD



Hình 1. Biểu đồ Chi phí thực/ước tính cho tháo dỡ, tẩy xạ của một số cơ sở LPU nghiên cứu trên thế giới.

III. PHÂN TÍCH CHI PHÍ THÁO DỠ, TẨY XẠ CƠ SỞ Lò PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU HẠT NHÂN ĐÀ LẠT DỰA TRÊN CHI PHÍ THÁO DỠ CƠ SỞ Lò PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU TRIGA MARK II CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC ILLINOIS Ở CHAMPAIGN-URBANA, HOA KỲ

III. 1. Thiết kế, xây dựng và sử dụng của LPU HNĐL và LPU nghiên cứu của trường Đại học Illinois ở Champaign-Urbana, USA

	LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC ILLINOIS, MỸ	LÒ PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU HẠT NHÂN ĐÀ LẠT, VIỆT NAM
Những đặc trưng chính		
Hãng thiết kế, xây dựng	Hãng General Atomic (GA, San Diego, California, Mỹ)	Hãng General Atomic (GA, San Diego, California, Mỹ)
Loại lò	TRIGA Mark II	TRIGA Mark II
Thùng lò	Thùng nhôm, đường kính ngoài khoảng 2m, chiều cao 6,25m, độ dày tối thiểu 6,2 mm	Thùng nhôm, đường kính ngoài khoảng 2m, chiều cao 6,25m, độ dày tối thiểu 6,2 mm
Nhiên liệu	U ₂₃₅ sử dụng Uranium được làm giàu 20%	U-235 được làm giàu (1963 - 1968); nhiên liệu hợp kim nhôm – uran loại VVR-M2, U-235 có độ giàu 36% và có vỏ bọc bằng nhôm (1984 – 2011); U-235 có độ giàu 20% (2012 -)
Công suất nhiệt	100KW (1960 – 1967); 250 KW (1967 – 1998)	250 kW (1963 - 1968); 500 kW (1984 - ...)
Chất làm chậm và	Nước nhẹ đã khử khoáng	Nước nhẹ đã khử khoáng

tải nhiệt		
Vùng hoạt	<i>Vùng hoạt được lắp đặt cố định</i>	<i>Vùng hoạt được lắp đặt cố định có dạng hình trụ với chiều cao 60 cm và đường kính cực đại là 42 cm</i>
Cột nhiệt	<i>Số lượng 01, kích thước 1,2x1,2x1,65 m, làm bằng nhôm và phủ Boron</i>	<i>Số lượng 01, kích thước 1,2x1,2x1,65 m, làm bằng nhôm và phủ Boron</i>
Vành phản xạ	<i>Graphite (dạng hình vành khăn với đường kính trong xấp xỉ 47,5 cm, độ dày theo chiều bán kính là 30,5 cm và chiều cao là 55,9 cm), nước nhẹ</i>	<i>Graphite (dạng hình vành khăn với đường kính trong xấp xỉ 47,5 cm, độ dày theo chiều bán kính là 30,5 cm và chiều cao là 55,9 cm), các khối berillium, nước nhẹ</i>
Kênh, vị trí chiếu xạ	<i>4 kênh ngang dẫn dòng neutron</i>	<i>02 kênh chiếu mẫu ướt, 02 kênh chiếu mẫu khô, 01 mâm quay và 4 kênh ngang dẫn dòng neutron</i>
Thông lượng neutron nhiệt	<i>... $\times 10^{13}$ neutron/cm².s</i>	<i>2×10^{13} neutron/cm².s (500 kW)</i>
Che chắn sinh học	<i>Tường bê tông, nước nhẹ</i>	<i>Tường bê tông, nước nhẹ</i>
Mục đích chính sử dụng	<i>Đào tạo và nghiên cứu lò phản ứng</i>	<i>Sản xuất đồng vị phóng xạ, phân tích kích hoạt neutron, các nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu ứng dụng, và đào tạo</i>

III.2. Lịch sử hoạt động

Lò phản ứng nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt

Lò phản ứng hiện tại được cải tạo từ lò TRIGA Mark II, do hãng General Atomic (GA, San Diego, California, Mỹ) thiết kế và xây dựng vào đầu thập kỷ 60, đưa vào hoạt động từ năm 1963 đến năm 1968 với công suất danh định 250 kW. Giai đoạn 1974 – 1975, toàn bộ nhiên liệu của Lò phản ứng được lấy ra khỏi vùng hoạt và chuyển trở lại Hoa Kỳ.

Trong giai đoạn từ năm 1976 đến năm 1980, chương trình hợp tác nghiên cứu nhằm cải tạo, nâng cấp và mở rộng Lò phản ứng được xây dựng. Lò phản ứng mới được mang tên IVV-9. Vào đầu năm 1982, công trình khôi phục và mở rộng Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt được khởi công.

Một số cấu trúc của Lò TRIGA, như thùng nhôm với tường bê tông bảo vệ xung quanh, các kênh ngang, cột nhiệt graphite và vành phản xạ graphite vẫn được giữ lại. Làn đạt trạng thái tới hạn đầu tiên của Lò IVV-9 vào ngày 01/11/1983. Lò được khởi động năng lượng và đạt công suất danh định 500 kW vào tháng 2 năm 1984, và sau đó, ngày 20/3/1984, LPUHNĐL chính thức được đưa vào hoạt động. Cho đến nay, tổng số giờ hoạt động và năng lượng giải phóng của LPUHNĐL là 34.944 giờ và 700 MWd. Để có thêm thông tin chi tiết về LPUHNĐL xin xem thêm Chương 2 của bản báo cáo này.

Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois

Xây dựng bắt đầu vào năm 1959, Lò phản ứng đạt trạng thái tới hạn lần đầu tiên và đi vào hoạt động tháng 8 năm 1960. Trong những năm đầu, Lò hoạt động tại mức công suất cực đại 100 kW, sử dụng nhiên liệu loại TRIGA.

Năm 1967, cập nhật và bổ sung cấp phép cho phép hoạt động ở công suất 250 kW. Năm 1967, trường Đại học quyết định nâng cấp Lò phản ứng để sử dụng hầu hết những đặc trưng thiết kế của nhiên liệu TRIGA và lắp đặt một hệ thống làm mát đối lưu cưỡng bức. Vùng hoạt cũng được thay thế bởi vùng hoạt mới, một số các cấu trúc vẫn giữ lại như làm mát bằng nước nhẹ, vành phản xạ graphite, và bao gồm nhiên liệu uranium-zirconium phủ thép không rỉ. Tuy nhiên, nhiên liệu trong vùng hoạt mới được bố trí trong một mạng lưới gồm các ô sáu cạnh. Cấp phép Lò mới cho phép hoạt động ở trạng thái danh định tới 1,5 MW và chế độ xung tới 6000 MW.

Tháng 8 năm 1998, gần 30 năm hoạt động sau 11.566,7 MWhrs, Lò phản ứng chấm dứt hoạt động.

III.3. Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ

Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois chấm dứt hoạt động năm 1998. Năm 1999, Lò phản ứng chính thức đặt trong tình trạng SAFSTOR trong khi chờ xếp dỡ và vận chuyển nhiên liệu. Tháng 8 năm 2004, nhiên liệu được xếp dỡ và vận chuyển tới Phòng thí nghiệm quốc gia Idaho thuộc Bộ năng lượng Hoa kỳ. Kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ được mong đợi để bắt đầu vào đầu năm 2007 và hoàn thành vào cuối năm 2008 với mục đích giải phóng địa điểm cho sử dụng không bị giới hạn “green field”.

Theo đề án của Viện NCHN trình Viện Năng lượng nguyên tử Việt nam và Bộ Khoa học Công nghệ, dự kiến đến năm 2029 LPUHNĐL sẽ chấm dứt vận hành và sau đó sẽ tiến hành công việc tẩy xạ và tháo dỡ. Phương án đề nghị lựa chọn thực hiện việc tẩy xạ và tháo dỡ cho LPUHNĐL là tháo dỡ tức thời với việc di chuyển nhiên liệu và chất thải phóng xạ (sinh ra từ hoạt động tẩy xạ và tháo dỡ) đến cất giữ tạm ở Nhà lưu giữ tạm thải phóng xạ (Nhà số 5) của Viện NCHN. Vị trí của Lò phản ứng sẽ được sử dụng lại không hạn chế với việc chuyển toà nhà lò, các phòng công nghệ và phòng thí nghiệm ở Nhà số 1, Nhà số 2 và Nhà số 2A thành khu di tích cơ sở hạt nhân hoặc dùng cho hoạt động R&D. Thời gian dự kiến cho việc thực hiện tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL sau khi chấm dứt vận hành động sẽ từ 5 đến 6 năm.

III.4. Hệ số lạm phát qua các năm

Tác động của lạm phát phải là thừa số trong ước tính chi phí tổng thể cho tháo dỡ, tẩy xạ để đạt được tính chính xác ước tính chi phí trong năm 2011. Hệ số điều chỉnh lạm phát của Mỹ được trình bày trong bảng 1 dưới đây.

Bảng 1: Hệ số điều chỉnh lạm phát được sử dụng trong phân tích chi phí

Năm	Hệ số điều chỉnh lạm phát
2007 – 2008	1,0384
2008 – 2009	0,9964
2009 – 2010	1,0164
2010 – 2011	1,0362
2007 – 2011	1,0898

III.5. Chi phí tháo dỡ, tẩy xạ Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois

Ước tính chi phí tẩy xạ và tháo dỡ LPU nghiên cứu của trường Đại học Illinois tính, phê duyệt năm 2007, được trình bày trong bảng sau. Ước tính chi phí tổng thể cho tẩy xạ và tháo dỡ vào năm 2011 được thực hiện bằng cách lấy chi phí từng hạng mục năm 2007 nhân với hệ số điều chỉnh lạm phát ở Mỹ từ năm 2007 đến năm 2011.

NHỮNG HOẠT ĐỘNG CHÍNH CỦA DỰ ÁN	CHI PHÍ (USD) ^a	
	2007	2011
1. Những hoạt động chuẩn bị cho tháo dỡ, tẩy xạ		
Chuẩn bị và phê chuẩn các quy trình, thủ tục và những kế hoạch chi tiết	110.982	120.948
2. Những hoạt động cho việc chấm dứt hoạt động của thiết bị hạt nhân		
Di dời vật liệu nguy hại	179.158	195.246
Chuẩn bị cơ sở và di dời thải hỗn tạp	113.095	123.251
Khảo sát, đo đạc tình trạng sạch bức xạ của cơ sở	43.692	47.616
3. Kiểm, mua nguyên vật liệu và thiết bị sử dụng phổ biến		
Thuê thiết bị, công cụ	144.732	157.729
4. Hoạt động tháo dỡ		
Di dời thành phần, cấu kiện Lò phản ứng	29.128	31.744
Di dời thùng lò và phá hủy tường che chắn sinh học	346.546	377.666
Di dời hệ thống làm mát sơ cấp	110.408	120.323
Di dời kho lưu giữ nhiên liệu khô	30.661	33.414
Tẩy xạ sàn nhà và hầm (tunnel)	69.238	75.456
Di dời, phá hủy tòa nhà và nền móng	124.330	135.495
Khảo sát, đo đạc trạng thái cuối cùng (lấy mẫu đất và phân tích)	57.479	62.641
5. Xử lý thải, lưu giữ và vớt bỏ		
Vớt bỏ nguồn neutron Ra-Be	250.000	272.450
Vận chuyển và vớt bỏ thải phóng xạ mức thấp	1.166.394	1.271.136
6. An ninh địa điểm, giám sát và bảo dưỡng		
Quản lý dự án, khách viếng thăm địa điểm/kiểm tra sổ sách (kiểm toán)	29.680	32.345
Sự giám sát của trường Đại học và cấp phép	125.000	136.225
7. Tạo mỹ quan, làm sạch và khôi phục lại địa điểm		
San ủi đất và khôi phục lại địa điểm	83.359	90.845
8. Quản lý dự án, công việc (engineering) và phụ giúp/xác nhận địa điểm (site support)		
Tập hợp (huy động) các máy móc, thiết bị của cơ sở, đào tạo và định hướng công việc	55.421 ^b	60.398 ^b
Giải ngũ (demobilization) ^c	12.826	13.978
9. Nghiên cứu và phát triển	---	---
10. Nhiên liệu và vật liệu hạt nhân	---	---
11. Những chi phí khác		
Công tác phí và lưu trú ^d	309.500	337.293
Những sự kiện xảy ra ngẫu nhiên 25%	841.870	917.470
Chi phí được ước tính gồm cả 25% của sự kiện xảy ra ngẫu nhiên	4.233.499	4.613.667

Ghi chú:

- a: Bao gồm những chi phí cho nhà thầu phụ, phân tích và những nhiệm vụ cụ thể khác.*
b: Bao gồm chi phí vận chuyển thiết bị, máy móc tới Cơ sở phục vụ tháo dỡ, tẩy xạ
c: Bao gồm chi phí vận chuyển thiết bị, máy móc về lại nơi cũ khi thực hiện xong công việc.
d: Không bao gồm chi phí vận chuyển thiết bị, máy móc tới Cơ sở phục vụ tháo dỡ và vận chuyển thiết bị, máy móc về lại nơi cũ khi thực hiện xong công việc.

III.6. Chi phí cho dự án tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL

Từ những phân tích LPUHNĐL và Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois về thiết kế, xây dựng, sử dụng, lịch sử hoạt động và kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ thấy rằng, chúng có nhiều điểm tương đồng. Do vậy, ước tính chi phí tẩy xạ và tháo dỡ cơ sở Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois được sử dụng cho ước tính sơ bộ chi phí tẩy xạ và tháo dỡ cơ sở LPUHNĐL. Tuy nhiên, cần đề ý rằng ước tính chi phí tẩy xạ và tháo dỡ cơ sở Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois mới chỉ đưa ra những hạng mục chủ yếu, chưa liệt kê tính toán đầy đủ các hạng mục chi tiết như được trình bày trong mục I, và ước tính chi phí cũng cần điều chỉnh cho phù hợp bởi giá trị tiền khác nhau giữa Việt Nam và Mỹ, và khác nhau liên quan tới những yếu tố về hành chính (mức lương nhân công và hệ thống luật) và những yếu tố liên quan đến chi phí hợp đồng thuê nhà thầu, thuê máy móc, thiết bị phục vụ tẩy xạ và tháo dỡ, v.v.. Có thể hợp lý khi điều chỉnh chi phí tẩy xạ và tháo dỡ cơ sở Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt bằng 60% chi phí tháo dỡ, tẩy xạ cơ sở Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois.

Các quốc gia có nền công nghiệp hạt nhân phát triển, hay có nhiều cơ sở hạt nhân, với hạng mục chi phí nghiên cứu và phát triển các kỹ thuật, công nghệ phụ giúp cho hoạt động tháo dỡ, tẩy xạ có thể là cần thiết. Tuy nhiên, ở Việt Nam, hạng mục này có thể không thực hiện bởi chi phí quá lớn mà sử dụng không nhiều sau đó. Hạng mục này sẽ được xem xét cụ thể trong kế hoạch tháo dỡ, tẩy xạ được cập nhật lần sau.

Sau khi chấm dứt hoạt động Lò phản ứng, nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng có kế hoạch chuyển trả lại nơi sản xuất. Chi phí lưu giữ tạm thời, xếp dỡ và vận chuyển nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng tới nơi sản xuất, ước tính được thực hiện trên nền tảng tham khảo chi phí xếp dỡ và vận chuyển nhiên liệu trong dự án chuyển đổi nhiên liệu thực hiện năm 2011.

Như vậy, dự án tháo dỡ, tẩy xạ Lò phản ứng nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt được giả định theo chiến lược tháo dỡ, tẩy xạ ngay sau khi quyết định chấm dứt hoạt động Lò phản ứng và đạt tới trạng thái cuối cùng là “green field”. Từ những phân tích chi phí của dự án tháo dỡ, tẩy xạ Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois – Mỹ, và điều chỉnh chi phí tháo dỡ, tẩy xạ cơ sở Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt bằng 60% chi phí tháo dỡ, tẩy xạ cơ sở Lò phản ứng nghiên cứu của trường Đại học Illinois – Mỹ. Kết quả đưa ra một ước tính chi phí sơ bộ cho dự án tháo dỡ, tẩy xạ Lò phản ứng nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, được tóm tắt như sau:

TT	Những hạng mục chính của dự án tháo dỡ, tẩy xạ	Số tiền ước tính năm 2011		Tỉ lệ phần trăm (%)
		USD	VND	
1	Những hoạt động chuẩn bị tháo dỡ, tẩy xạ	72569	1496223518	2,6
2	Những hoạt động chấm dứt hoạt động cơ sở	219668	4529108981	7,9

3	Mua hay tìm được những thiết bị, vật liệu phục vụ dự án	94637	1951233913	3,4
4	Hoạt động tháo dỡ	502043	10351112785	18,1
5	Xử lý và vứt bỏ thải	926152	19095395930	33,5
6	An ninh, giám sát và bảo dưỡng	101142	2085349022	3,7
7	Tạo mỹ quan và khôi phục lại địa điểm	54507	1123825326	2,0
8	Quản lý dự án, công việc và phụ giúp địa điểm	44625	920085432	1,6
9	Khác	752858	15522422442	27,2
	Tổng chi phí	2768200	57074757350	100,0

(Tỷ giá giữa VNĐ và USD 15/6/2011: 1 USD = 20,618 VNĐ)

**VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM
VIỆN NGHIÊN CỨU HẠT NHÂN**

BÁO CÁO CHUYÊN ĐỀ

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐẶC TRƯNG PHÓNG XẠ TRONG CÁC CẤU TRÚC CHÍNH CỦA Lò PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

(Báo cáo chuyên đề thuộc Nhiệm Vụ Cấp Bộ về
“Nghiên cứu đánh giá đặc trưng
phóng xạ trong các cấu trúc chính và xây dựng một kế hoạch sơ bộ về
tẩy xạ và tháo dỡ cho Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt”)

ĐÀ LẠT, 10/2011

MỤC LỤC		Trang
1.	MỞ ĐẦU	4
2.	MÔ TẢ Lò PHẢN ỨNG VÀ CÁC VẬT LIỆU CẤU TRÚC	4
2.1.	Mô tả lò phản ứng	4
2.2.	Các vật liệu cấu trúc	8
3.	PHƯƠNG PHÁP VÀ MÔ HÌNH TÍNH TOÁN	8
3.1.	Phương pháp và chương trình tính toán	8
3.2.	Mô hình tính toán	11
4.	SO SÁNH KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THỰC NGHIỆM	11
5.	KẾT QUẢ TÍNH TOÁN HOẠT ĐỘNG, LIỀU PHÓNG XẠ VÀ KHỐI LƯỢNG THẢI	13
6	TÀI LIỆU THAM KHẢO	17
7	CÁC PHỤ LỤC	
	Phụ lục A: Kết quả xác định các thành phần tạp chất có sản phẩm kích hoạt sống dài trong các vật liệu cấu trúc LPUHNĐL	18
	Phụ lục B: Các input file cho chương trình MCNP và ORIGEN	25
	Phụ lục C: Phân bố thông lượng neutron trong các cấu trúc LPUHNĐL	51

DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ		Trang
Hình 1	Sơ đồ cấu trúc LPUHNĐL	6
Hình 2	Mặt cắt ngang của LPUHNĐL	7
Hình 3	Sơ đồ tính hoạt độ phóng xạ vật liệu cấu trúc LPUHNĐL	10
Hình 4	Bản vẽ kênh 13-2 và vị trí lấy mẫu	12
Hình A1	Phổ gamma của mẫu hợp kim nhôm SAV-1	19
Hình A2	Phổ gamma của mẫu hợp kim nhôm 6061	20
Hình A3	Phổ gamma của mẫu bê tông	20
Hình A4	Phổ gamma của mẫu thép không gỉ	21
Hình A5	Phổ gamma của mẫu graphite	21
Hình B1	Phân bố thông lượng mặt cắt ngang tại vị trí thông lượng cao nhất	51
Hình B2	Phân bố thông lượng neutron mặt cắt đứng	52

	DANH SÁCH CÁC BẢNG	Trang
Bảng 1	Thành phần chính của các hợp kim nhôm 6061 và SAV-1	8
Bảng 2	Hoạt độ gamma (^{60}Co) của mẫu nhôm 6061 kênh 13-2	13
Bảng 3	Hoạt độ của bê-tông trong cấu trúc che chắn phóng xạ	14
Bảng 4	Hoạt độ của graphite trong vành phản xạ lò	14
Bảng 5	Hoạt độ của graphite trong cột nhiệt, cột nhiệt hóa	15
Bảng 6	Hoạt độ của nhôm trong vành phản xạ lò	15
Bảng 7	Hoạt độ của nhôm trong các cấu kiện lò (trừ vành phản xạ)	15
Bảng 8	Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong bê-tông che chắn	16
Bảng 9	Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong graphite	16
Bảng 10	Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong vật liệu nhôm	16
Bảng 11	Kết quả tính toán suất liều phóng xạ của vành phản xạ ở khoảng cách 1 mét	17
Bảng A1	Kết quả phân tích thành phần tạp chất có trong hợp kim nhôm 6061 (USA)	22
Bảng A2	Kết quả phân tích thành phần tạp chất có trong hợp kim nhôm SAV-1 (của Liên Xô cũ)	22
Bảng A3	Kết quả phân tích thành phần tạp chất có trong thép không rỉ	22
Bảng A4	Kết quả phân tích thành phần tạp chất có trong bê tông cấu trúc lò	23
Bảng A5	Kết quả phân tích thành phần tạp chất có đồng vị sống dài của mẫu graphite	23

1. MỞ ĐẦU

Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt (LPUHNĐL) lúc đầu là lò TRIGA-MARK II, được đưa vào vận hành từ năm 1963 với công suất thiết kế là 250kW, đến năm 1968 thì ngừng hoạt động do một số trục trặc kỹ thuật và do chiến tranh. Kể từ năm 1983, sau khi được khôi phục, LPUHNĐL hoạt động trở lại với công suất 500kW, nạp tải nhiên liệu WWR-M2. LPU chủ yếu được dùng để sản xuất đồng vị phóng xạ và phân tích kích hoạt [1].

Trong quá trình khôi phục hoạt động của lò, các cấu trúc quan trọng như khối bê tông che chắn, thùng lò bằng nhôm cùng các ống dẫn dòng neutron nằm ngang, và vành phản xạ của Lò TRIGA vẫn được giữ lại. Một hệ thống treo vùng hoạt được lắp đặt thêm gồm một vành nhôm (còn gọi là áo đỡ), tầng trung gian với kho chứa nhiên liệu cháy tạm thời, giếng hút bằng nhôm phía trên vùng hoạt và phần nhôm chứa vùng hoạt,...

Mặc dù các nhà thiết kế cũng đã tính đến việc giảm thiểu hoạt độ phóng xạ khi lựa chọn các vật liệu cấu trúc lò nhưng cho đến nay, sau 28 năm vận hành trở lại, một bản Kế hoạch D&D sơ bộ cho LPUHNĐL vẫn chưa được hình thành. Trong khuôn khổ một nhiệm vụ cấp bộ nhằm khởi đầu xây dựng một kế hoạch D&D cho LPUHNĐL, hoạt độ phóng xạ của các thành phần cấu trúc LPU như bê-tông (trong cấu trúc che chắn), nhôm (bể lò, cơ cấu treo vùng hoạt, vỏ vành phản xạ, kênh ngang,...), graphite (vành phản xạ, cột nhiệt) [2,3] được tính toán. Riêng thép không gỉ do khối lượng tương đối nhỏ nên không được tính đến trong nghiên cứu này.

Hoạt độ phóng xạ trong các vật liệu cấu trúc phụ thuộc vào tốc độ phản ứng (hay phổ neutron), lịch sử vận hành lò (lịch sử chiếu xạ) và thành phần vật liệu. Thành phần vật liệu của các cấu kiện chính như bê-tông, nhôm, graphite, và thép không gỉ được đánh giá và trình bày trong [4]. Chương trình MCNP5 [5] được dùng để tính toán phổ thông lượng neutron tại các vị trí khác nhau của vật liệu cấu trúc và tiết diện phản ứng với neutron của các đồng vị nguyên tố quan tâm (thường là các đồng vị mà sản phẩm kích hoạt có thời gian sống dài). Tiết diện phản ứng các đồng vị quan tâm, thông lượng neutron tại các vị trí khác nhau của vật liệu cấu trúc cùng với lịch sử chiếu xạ sẽ được dùng trong tính toán hoạt độ phóng xạ bởi chương trình ORIGEN-2 [6]. Chương trình MCNP5 còn có thể được dùng để tính suất liều tại bề mặt và khoảng cách 1m từ các cấu kiện của LPU (chưa thực hiện trong nghiên cứu này).

Các số liệu này có thể dùng để xây dựng qui trình tháo dỡ sơ bộ ban đầu, tính toán suất liều đối với nhân viên thực hiện tháo dỡ, và lượng thải phóng xạ sinh ra từ việc tháo dỡ LPU.

2. MÔ TẢ LÒ PHẢN ỨNG VÀ VẬT LIỆU CẤU TRÚC

2.1. Mô tả Lò phản ứng

LPUHNĐL là lò phản ứng nghiên cứu loại bể bơi với công suất danh định 500 kW, sử dụng nước nhẹ làm chất làm chậm và làm mát. Lò phản ứng được sử dụng như một nguồn neutron cho các mục đích nghiên cứu và đào tạo, phân tích kích hoạt, và sản xuất đồng vị phóng xạ. Hàng năm, LPU hoạt động khoảng 1200 giờ ở công suất danh định theo từng đợt khoảng 100 giờ.

LPUHNĐL lúc đầu là lò TRIGA-MARK II, được đưa vào vận hành từ năm 1963 với công suất thiết kế là 250kW, đến năm 1968 thì ngừng hoạt động do một số trục trặc kỹ thuật và do chiến tranh. Tuy nhiên, các số liệu ghi chép trong thời gian này đã hoàn toàn bị thất lạc do chiến tranh. Kể từ năm 1984, sau khi được khôi phục, LPUHNĐL hoạt động trở lại với công suất 500kW, nạp tải nhiên liệu WWR-M2.

Trong quá trình khôi phục hoạt động của lò, các cấu trúc quan trọng như khối bê tông che chắn, thùng lò bằng nhôm cùng các ống dẫn dòng neutron nằm ngang, và vành phản xạ của Lò TRIGA vẫn được giữ lại. Một hệ thống treo vùng hoạt được lắp đặt thêm gồm một vành nhôm (còn gọi là áo đỡ), tầng trung gian với kho chứa nhiên liệu cháy tạm thời, giếng hút bằng nhôm phía trên vùng hoạt và phần nhôm chứa vùng hoạt,...

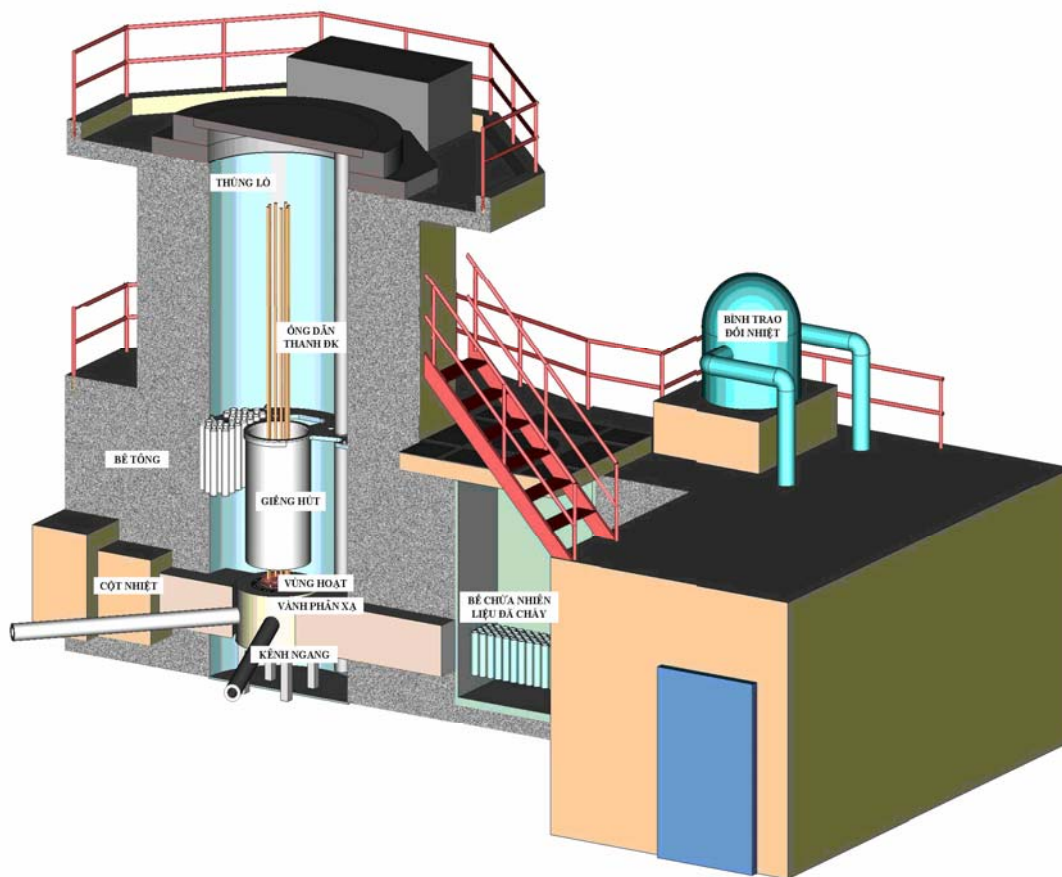
Nhiên liệu WWR-M2 hiện đang sử dụng có hai loại độ giàu 36% (HEU) và 19,75% (LEU). Nhiên liệu HEU là loại hợp kim nhôm-uran mỗi bó chứa khoảng 40,3 g U-235, còn nhiên liệu LEU là UO_2 phân tán trong nhôm chứa khoảng 49,7 g U-235. Mỗi bó nhiên liệu (BNL) gồm 3 thanh (ống) đồng trục, thanh ngoài cùng hình lục giác và hai thanh bên trong hình trụ. Mỗi thanh nhiên liệu có 3 lớp, lớp nhiên liệu ở giữa dày 0,7 mm (HEU) và 1,0 mm (LEU), được bọc bằng 2 lớp vỏ 12 hợp kim nhôm với độ dày mỗi lớp là 0,9 mm (HEU) và 0,75 mm (LEU). Khoảng không gian giữa các thanh nhiên liệu rộng khoảng 2,5-3,0 mm cho nước lưu thông. Tổng chiều dài của bó nhiên liệu là 865 mm trong đó phần có chứa nhiên liệu dài khoảng 600 mm. Các BNL và các thanh Be được định vị trong vùng hoạt nhờ hai mâm xoi lỗ theo lưới tam giác bằng hợp kim nhôm ở phía dưới vùng hoạt và phần đầu lục giác dựa sát vào nhau ở phía trên. Vành phản xạ chính được làm bằng graphite bọc nhôm bao quanh vùng hoạt lò.

Hệ thống bảo vệ và điều khiển lò được thực hiện nhờ 7 thanh điều khiển, trong đó có 6 thanh làm bằng B_4C có vỏ bọc thép không gỉ (trong đó có 2 thanh an toàn và 4 thanh bù trừ), và một thanh điều khiển tự động bằng thép không gỉ. Chiều dài các thanh điều khiển là 650 mm. Các thanh điều khiển có thể chuyển động xuyên qua vùng hoạt trong một ống dẫn bằng nhôm có đục lỗ.

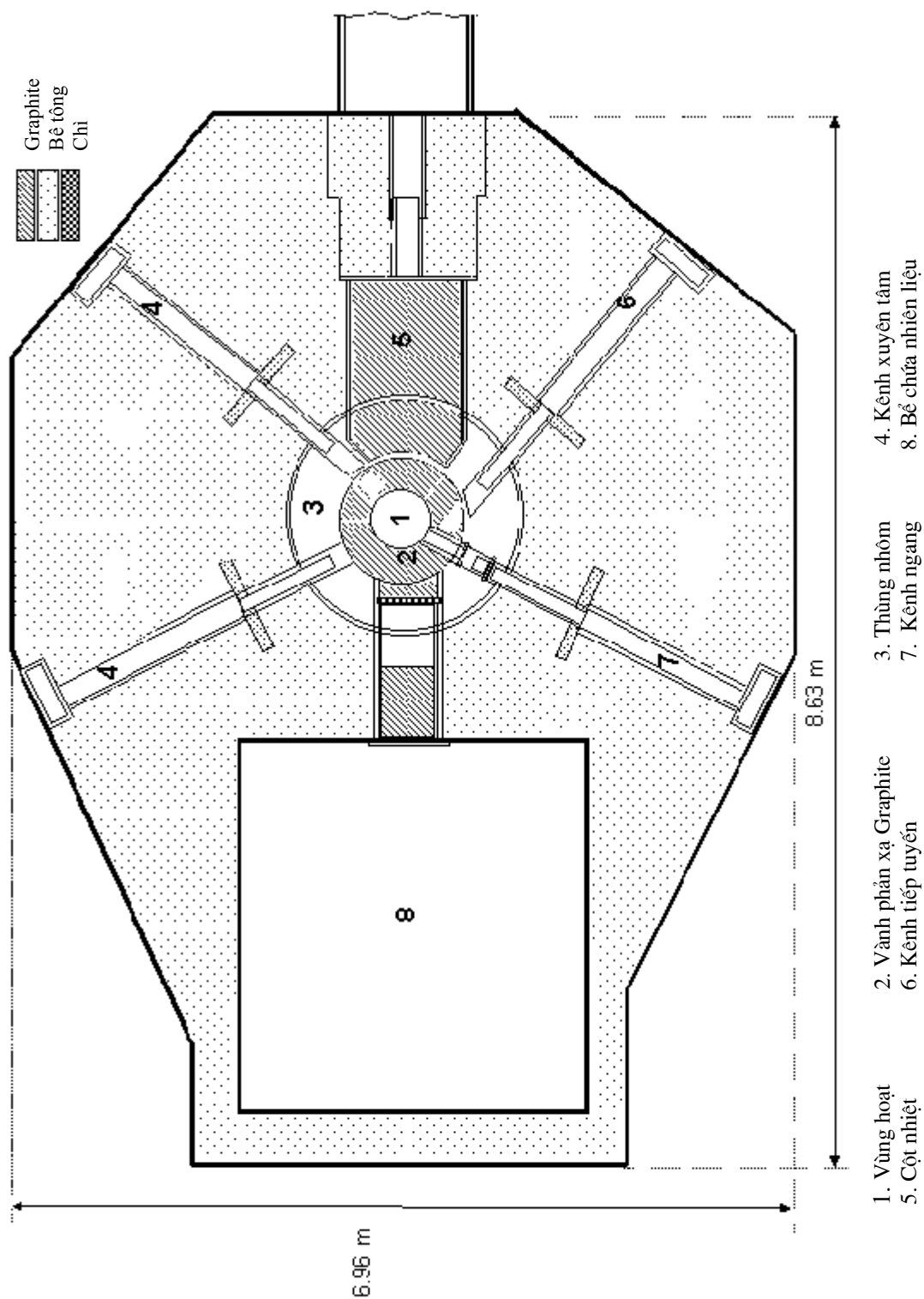
Bên trong và xung quanh vùng hoạt lò phản ứng có bố trí một số các kênh thí nghiệm. Trong vùng hoạt có hai kênh chiếu mẫu ướt và hai kênh chiếu mẫu khô (có trang bị các hệ chuyển mẫu bằng khí nén). Một trong hai kênh chiếu mẫu ướt là bẫy neutron đặt ở tâm vùng hoạt, là một khối beryllium và một cốc nhôm ở bên trong. Xung quanh vùng hoạt, trong vành phản xạ graphite có một mâm quay chứa 40 ô chiếu mẫu được làm bằng nhôm. Một cột nhiệt và một cột nhiệt hóa bố trí bên ngoài vành phản xạ bằng graphite có vỏ bọc nhôm. LPUHNĐL có 4 kênh dẫn dòng neutron nằm ngang, là hai ống nhôm (phần bên trong bể lò) và ống thép không gỉ (phần bên ngoài trong khối bê-tông) xuyên qua khối bê-tông che chắn, thùng lò, bể nước, hướng về phía vùng hoạt lò. Khi không sử dụng, phần bên trong các kênh này được nút bằng một nút bê-tông trộn Bo bọc nhôm có cả lớp Bo và chì phía trong. Phần bên ngoài là nút gỗ, tiếp đến là một cửa chì và cuối cùng là cửa thép có đệm cao su.

Bể lò có dạng hình trụ làm bằng nhôm bên trong đổ đầy nước đã khử khoáng. Ngoài tác dụng làm nguội và làm chậm neutron, cùng với khối bê-tông bao quanh, nước trong bể lò còn có tác dụng che chắn phóng xạ.

Vùng hoạt được làm mát bằng cơ chế đối lưu tự nhiên được tăng cường hiệu ứng “chimney” bằng một ống nhôm cao 2 m phía trên vùng hoạt, còn gọi là giếng hút.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt



Hình 2. Mặt cắt ngang của Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt

2.2. Các vật liệu cấu trúc chính

Hình 1 là mặt cắt đứng của LPUHNĐL. Các vật liệu chính của lò bao gồm bê tông, hợp kim nhôm, graphite và thép không gỉ. Kết quả xác định thực nghiệm đối với các thành phần nguyên tố có mặt trong các vật liệu này bằng phương pháp kích hoạt neutron được trình bày chi tiết ở Phụ lục A của báo cáo này.

Bê tông: Là phần cấu trúc bê tông cốt thép che chắn phóng xạ bao bọc xung quanh và dưới đáy thùng lò (xem Hình 1, 2) kéo dài 8,63 mét và rộng 6,96 mét. Phần trên của cấu trúc này nhỏ hơn có hình bát giác với độ dài từ cạnh này đến cạnh đối diện là 3,81 mét. Trong thời gian khôi phục LPU năm 1982, một lớp bê tông nặng đã được đắp thêm ở phần trên của cấu trúc che chắn và kéo dài về phía bể chứa nhiên liệu cháy để chứa các pin lọc và hệ thống bơm vòng một.

Ngoại trừ cửa cột nhiệt được đúc bằng bê tông nặng có khối lượng riêng khoảng $3,5 \text{ g/cm}^3$, những phần bê tông còn lại có khối lượng riêng khoảng $2,35 \text{ g/cm}^3$ [1].

Hợp kim nhôm: Được dùng trong các cấu trúc như thùng lò, các kênh ngang, vỏ bọc vành phản xạ, vỏ cột nhiệt, giá đỡ vành phản xạ, giếng hút, ống dẫn thanh điều khiển, ống nhôm bao quanh vùng hoạt, mâm đục lỗ dưới đáy vùng hoạt, ... Các cấu trúc của lò TRIGA cũ được chế tạo bằng hợp kim nhôm 6061, còn các cấu trúc mới đưa vào trong giai đoạn khôi phục lò phản ứng là hợp kim nhôm SAV-1 của Nga. Các thành phần hóa học chính của hai loại hợp kim nhôm này được cho trong bảng sau [1]:

Bảng 1. Thành phần chính của các hợp kim nhôm 6061 và SAV-1

Hợp kim	Cu	Cr	Mg	Si	Al	Pha trộn
6061(wt%)	0,25	0,25	1	0,6	> 97,7	Ti, Fe, Mn, Zn
SAV-1 (wt%)	0,0058	-	0,48	0,8	> 98,5	Ti, Fe, B, Ni

Thép không gỉ: Chỉ được dùng không nhiều trong các cấu trúc của lò, chủ yếu là thanh điều khiển, một số ốc vít, hệ thống truyền động của mâm quay, ống nước vòng một... Thành phần chính của thép không gỉ không được đơn vị thiết kế LPU cung cấp.

Graphite: Là thành phần cấu trúc chính của vành phản xạ, cột nhiệt và cột nhiệt hóa.

3. PHƯƠNG PHÁP VÀ MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

3.1. Phương pháp và chương trình tính toán

Việc tính toán hoạt độ phóng xạ các thành phần cấu trúc của lò LPUHNĐL là rất phức tạp do cấu trúc hình học phức tạp của lò cũng như các cấu kiện, thùng lò và khối bê tông che chắn. Nhìn chung, cấu trúc LPUHNĐL là loại TRIGA MARK II có dạng hình trụ nên tương đối dễ dàng mô tả trong tính toán. Tuy nhiên, sự tồn tại của các kênh ngang khác nhau, của cột nhiệt, và cột nhiệt hóa làm tăng tính bất đối xứng và trường neutron thay đổi rất nhiều từ vị trí này

sang vị trí khác. Sự bất đối xứng này làm cho việc tính toán thêm khó khăn do phải xử lý riêng cho từng vùng đặc biệt.

Để thu được hoạt độ phóng xạ của các vật liệu cấu trúc LPU, từ các thành phần nguyên tố trong các vật liệu [3, Phụ lục A] có sản phẩm kích hoạt neutron với thời gian sống dài, cần phải thực hiện tính toán để thu được phổ neutron và mật độ neutron, tiết diện (hay tốc độ) phản ứng của các nguyên tố, sau đó căn cứ vào lịch sử vận hành lò để tính toán quá trình hình thành sản phẩm kích hoạt.

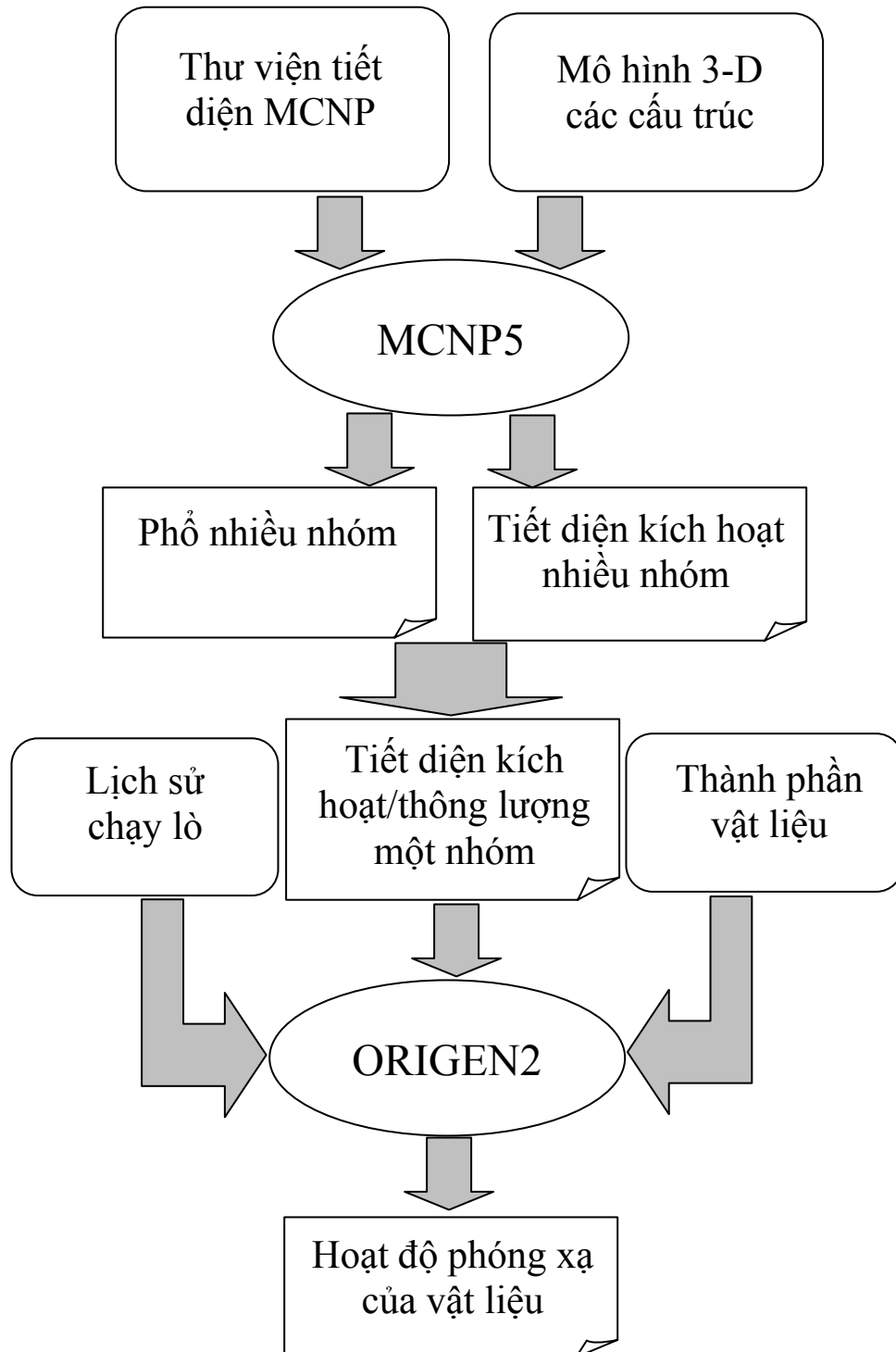
Việc tính toán phổ neutron và tiết diện phản ứng được thực hiện bằng chương trình MCNP5. MCNP được phát triển bởi Phòng thí nghiệm Alamos (Hoa kỳ) là chương trình đa chức năng, năng lượng liên tục cho các dạng hình học để tính kết hợp vận chuyển neutron, photon, electron bằng phương pháp Monte-Carlo. Có thể dùng chương trình MCNP để tính vận chuyển theo các cách kết hợp sau: chỉ có neutron, chỉ có photon, chỉ có electron, các kết hợp neutron/photon/electron, photon/electron hoặc electron/photon. Đặc biệt là có thể dùng chương trình này để tính hệ số nhân hiệu dụng (k_{eff}) rất chính xác cho các hệ phân hạch. Vùng năng lượng cho neutron là từ 10^{-11} đến 20 MeV còn đối với photon và electron là từ 1 KeV đến 1000 MeV. So với các phiên bản trước đây, phiên bản MCNP5 có nhiều điểm mới, đặc biệt là tăng tính năng đồ họa, cải thiện và thêm các phương pháp giảm phương sai,...

Chương trình MCNP xử lý một cấu hình hình học bất kỳ chứa các vật chất trong các cell bao bọc bởi các mặt bậc nhất, bậc hai và một số mặt bậc bốn đặc biệt. Số liệu tiết diện năng lượng liên tục cũng như năng lượng nhiều nhóm đều có thể được sử dụng. Đối với neutron, tất cả các phản ứng được cho trong một thư viện tiết diện đã được đánh giá (như ENDF/B-VI chẳng hạn) đều được tính đến. Các neutron nhiệt có thể được mô tả như khí tự do hay theo mẫu $S(\alpha, \beta)$. Có thể dùng nguồn tới hạn, nguồn cố định hay nguồn bề mặt. Đối với photon, chương trình tính đến tán xạ coherent hoặc tán xạ incoherent, xác suất phát huỳnh quang sau khi hấp thụ quang điện, hấp thụ tạo cặp cùng sự phát cực bộ bức xạ hủy và bức xạ hãm. Một mô hình làm chậm liên tục được dùng cho vận chuyển electron bao gồm cả positron, tia x và bức xạ hãm ngoại trừ trường ngoài và trường tự cảm.

Chương trình ORIGEN2 được dùng để tính toán hoạt độ sản phẩm kích hoạt trong các vật liệu cấu trúc LPU. ORIGEN được phát triển bởi Phòng thí nghiệm Oak Ridge (Hoa kỳ) là hệ chương trình để tính sự hình thành, phân rã và quá trình xử lý các vật liệu phóng xạ. ORIGEN2 là một phiên bản sửa đổi của ORIGEN kết hợp với việc cập nhật các mô hình lò, tiết diện, hiệu suất phân hạch, số liệu phân rã, số liệu về photon phân rã,...cũng như cả chương trình nguồn.

ORIGEN sử dụng phương pháp hàm mũ ma trận để giải một hệ lớn các phương trình vi phân thường bậc nhất, tuyến tính, kết hợp có các hệ số là hằng số. ORIGEN định kích thước một cách dễ thay đổi để người dùng có thể quyết định kích thước module thực hiện theo kích cỡ bài toán và khả năng của máy tính.

Vì các thư viện nguyên gốc của chương trình ORIGEN2 không thật sự phù hợp nên tiết diện kích hoạt neutron của các thành phần vật liệu cấu trúc LPUHNĐL được tính bằng chương trình MCNP5. Sơ đồ khối tính toán được cho trong Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ tính hoạt độ phóng xạ vật liệu cấu trúc LPUHNDL

3.2. Mô hình tính toán

Mô hình 3-D của toàn bộ cấu trúc LPUHNĐL từ vùng hoạt, các thành phần nhôm, graphite, bê-tông,... về cơ bản được mô tả theo hình học thực của các cơ cấu. Những phần bất đối xứng như quanh các kênh dẫn dòng neutron nằm ngang, cột nhiệt được chú trọng vì đây là những phần có hoạt độ riêng tương đối cao so với những vùng khác.

Các tiết diện phản ứng dùng trong tính toán MCNP là thư viện ENDF/B-VI. Mật độ phổ neutron và tiết diện kích hoạt neutron của các thành phần cấu trúc lò ở điều kiện công suất lò danh định tại các vùng khác nhau trong các thành phần cấu trúc lò được tính toán bằng chương trình MCNP.

Do xác suất để các neutron từ vùng hoạt LPU tới một số vùng cách xa vùng hoạt là rất nhỏ nên phương pháp giảm phương sai ‘weight windows’ để có thể thu được kết quả với sai số thống kê đủ nhỏ mà không tốn quá nhiều thời gian tính toán.

Vì chương trình ORIGEN là chương trình 0-D nên tất cả những ảnh hưởng của sự khác nhau của phổ neutron ở các vùng khác nhau lên các tiết diện kích hoạt đã được tính đến trong mô hình 3-D của MCNP.

Thời gian chiếu xạ (vận hành lò) được giả thiết kéo dài 45 năm, bắt đầu từ năm 1984 với 1200 giờ ở công suất danh định mỗi năm. Do lịch sử vận hành LPUHNĐL rất phức tạp nên chỉ 3 năm cuối cùng được mô tả chi tiết thành 12 đợt chạy 100 giờ mỗi năm cách nhau bởi khoảng thời gian hơn 3 tuần dừng lò. Lịch sử vận hành trước đó được gộp lại thành một đợt 1200 giờ mỗi năm, phần còn lại là thời gian dừng lò. Các input file cho các chương trình MCNP và ORIGEN được trình bày trong **Phụ lục B**.

4. SO SÁNH KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THỰC NGHIỆM

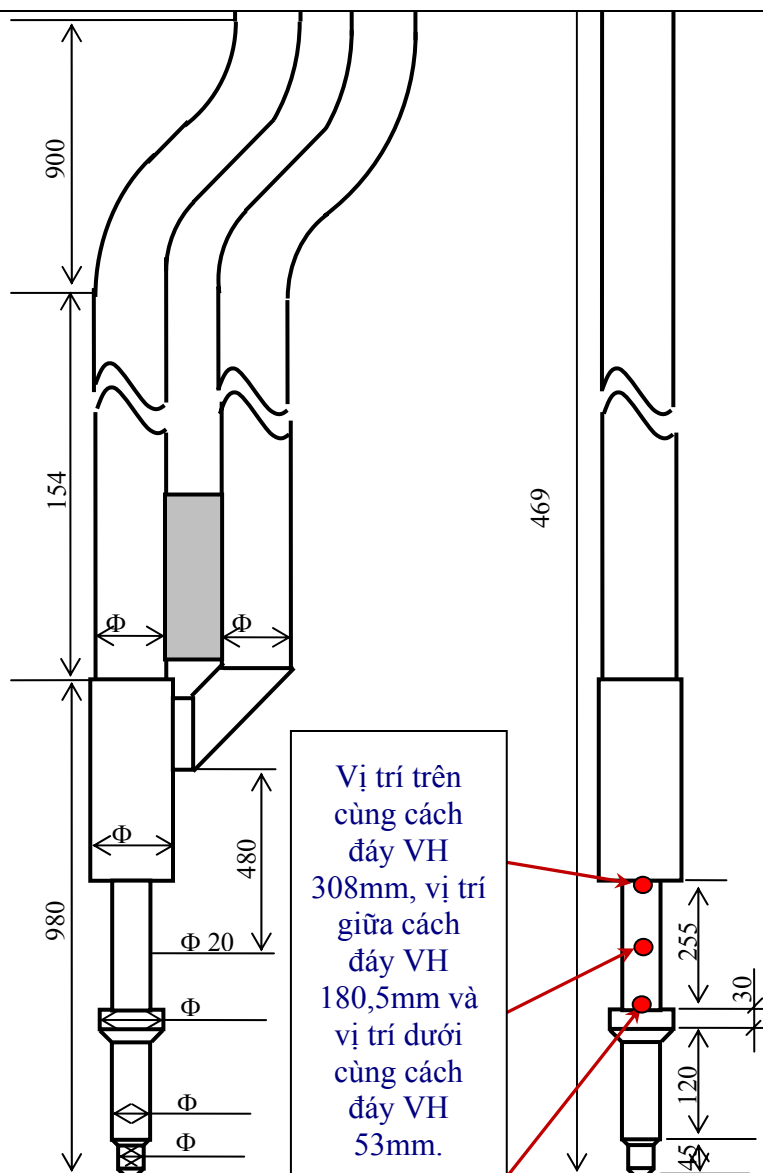
Do cấu trúc của lò phản ứng từ vùng hoạt, các kênh ngang, cột nhiệt,... khá phức tạp nên việc thiết kế và thực hiện một thí nghiệm thật sự có thể so sánh với mô hình tính toán, đặc biệt là trong vùng bê-tông cản xạ, cần một sự đầu tư lớn. Trong khuôn khổ nhiệm vụ này, chúng tôi lợi dụng việc kênh khí nén 13-2 cũng được làm bằng nhôm 6061 đã chiếu xạ trong lò 20 năm (1985-2005), nay không còn dùng để lấy mẫu đo hoạt độ phóng xạ và thực hiện tính toán so sánh.

Mẫu nhôm 6061 được lấy ở 3 điểm khác nhau trên kênh 13-2 (Hình 4) và thu phổ gamma trên phổ kế gamma bán dẫn. Do kích thước mẫu rất bé nên có thể có được hoạt độ mẫu khi so sánh với đường chuẩn hiệu suất xây dựng từ các nguồn điểm. Cũng vì đã được lấy ra khỏi vùng hoạt gần 6 năm nên chỉ còn ^{60}Co , các sản phẩm kích hoạt của Sc, Fe, Cr, Ni, hầu như đã phân rã hoàn toàn.

Phương pháp và mô hình tính toán để thu được hoạt độ phóng xạ của nhôm 6061 trên kênh khí nén 13-2 được thực hiện như đã trình bày trong phần “Phương pháp và mô hình tính toán”.

**BẢN VẼ KÊNH
13-2 Phần trong
thùng lò**

- Thời gian đưa kênh 13-2 vào vùng hoạt: ngày 09 tháng 03 năm 1985
- Thời gian tháo kênh 13-2 ra khỏi vùng hoạt: ngày 09 tháng 12 năm 2005



Hình 4. Bản vẽ kênh 13-2 và vị trí lấy mẫu

Kết quả tính toán và đo phổ gamma mẫu nhôm 6061 lấy từ kênh khí nén 13-2 được cho trong Bảng 2. Trong đó, các giá trị tính toán cao hơn các giá trị đo khoảng 2 lần. Điều này có thể lý giải là do thành phần ^{59}Co trong nhôm 6061 chỉ là tạp chất có hàm lượng rất nhỏ và không đều theo từng lô hàng được sản xuất. Tìm hiểu các số liệu được công bố bởi IAEA và các phòng thí nghiệm của Mỹ về thành phần tạp chất ^{59}Co trong nhôm 6061, ta cũng thấy các giá trị rất khác nhau và thường được đánh giá nhỏ hơn vài (3 hoặc 5) ppm mà không có giá trị cụ thể. Tuy nhiên, do các tính toán thực hiện trong nhiệm vụ này chỉ mang tính dự báo nên sự sai khác 2 lần so với đo đạc là có thể chấp nhận được.

Bảng 2. Hoạt độ gamma (^{60}Co) của mẫu nhôm 6061 kênh 13-2

Mẫu	Hoạt độ (Bq)		
	Tính toán	Đo đạc	Sai số đo
1	2,77E+05	1,28E+05	$\pm 2,10\text{E}+04$
2	2,01E+05	9,99E+04	$\pm 1,92\text{E}+04$
3	4,23E+04	1,86E+04	$\pm 3,21\text{E}+03$

5. KẾT QUẢ TÍNH HOẠT ĐỘ PHÓNG XẠ VÀ KHỐI LƯỢNG THẢI

Kết quả tính toán phân bố thông lượng neutron nhiệt ở công suất danh định 500 kW được trình bày trong **Phụ lục C**.

Kết quả tính toán hoạt độ và khối lượng/thể tích của các thành phần vật liệu chính (ngoại trừ thép không gỉ do khối lượng nhỏ) được cho trong các Bảng 3-7 với hai mức hoạt độ riêng 1 Bq/g và 10 Bq/g theo thời gian nguội từ 1-10 năm.

Với bê-tông, ở mức hoạt độ riêng 1 Bq/g thì có 44,4 m³ ở thời điểm làm nguội 1 năm tương ứng với tổng hoạt độ là 75.275 MBq. Sau 5 năm chỉ còn 34,5 m³ và chỉ còn 30,2 m³ sau 10 năm với tổng hoạt độ tương ứng là 21.016 MBq và 11.665 MBq.

Trong vành phản xạ, có 770 kg graphite và 129 kg nhôm ở vị trí xung quanh vùng hoạt lò nên hoạt độ riêng khá lớn (Graphite: hàng nghìn Bq/g; Nhôm: hàng trăm nghìn Bq/g – xem Bảng 4,6). Hoạt độ tổng của cấu trúc nhôm trong vành phản xạ sau thời gian nguội 1 năm, 5 năm, và 10 năm tương ứng là 143.943 MBq, 28.595 MBq, và 15.168 MBq. Các giá trị hoạt độ tổng của graphite trong vành phản xạ lần lượt là 5.667 MBq, 3.245 MBq, và 2.032 MBq tương ứng với thời gian nguội 1 năm, 5 năm và 10 năm.

Thành phần graphite ở các cấu kiện khác ngoài vành phản xạ như cột nhiệt, cột nhiệt hóa, tuy có khối lượng khá lớn (khoảng 5.641 kg) nhưng do hoạt độ riêng khá nhỏ nên tổng hoạt độ thấp hơn nhiều so với lượng graphite trong vành phản xạ.

Lượng nhôm trong các cấu kiện còn lại ngoài vành phản xạ cũng khá lớn. Với mức hoạt độ riêng lớn hơn 1 Bq/g ở thời điểm 1 năm sau khi dừng lò là 580 kg với tổng hoạt độ là 113.220 MBq. Sau 5 năm thì khối lượng có hoạt độ riêng này còn 562 kg và sau 10 năm thì chỉ còn 537 kg với hoạt độ tổng lần lượt là 23.204 MBq và 12.493 MBq.

Các Bảng 8-10 cho biết cụ thể hơn về hoạt độ các đồng vị phóng xạ chính trong các vật liệu cấu trúc của lò phản ứng. Số liệu hoạt độ cho trong các Bảng 3-10 là những số liệu tính toán ban đầu có thể dùng trong tính toán, xây dựng kế hoạch tháo dỡ sơ bộ. Trước khi thực hiện việc tháo dỡ LPU cần phải xây dựng một kế hoạch chi tiết với các số liệu tính toán kết hợp với đo đạc thực nghiệm sau khi LPU dừng hoạt động.

Vì vành phản xạ của lò phản ứng là cấu trúc có thể tháo dỡ nguyên khối nên suất liều phóng xạ ở khoảng cách 1 mét được tính toán và cho trong Bảng 11. Ở khoảng cách này sau 1 năm làm nguội, suất liều phóng xạ hơn 9 mSv/h và giảm còn khoảng 1 mSv/h sau thời gian nguội 10 năm.

Bảng 3. Hoạt độ của bê-tông trong cấu trúc che chắn phóng xạ

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Thể tích (m ³)	Hoạt độ riêng (MBq/m ³)	Hoạt độ tổng (MBq)	Thể tích (m ³)	Hoạt độ riêng (MBq/m ³)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	44,4	1695	75275	25,3	2962	75029
3	37,0	818	30305	19,3	1562	30109
5	34,5	610	21016	17,3	1207	20840
10	30,2	386	11665	13,9	830	11509

Bảng 4. Hoạt độ của graphite trong vành phản xạ lò

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	770	7,36E+03	5667	770	7,36E+03	5667
3	770	5,32E+03	4100	770	5,32E+03	4100
5	770	4,21E+03	3245	770	4,21E+03	3245
10	770	2,64E+03	2032	770	2,64E+03	2032

Bảng 5. Hoạt độ của graphite trong cột nhiệt, cột nhiệt hóa

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	5641	1,42E+02	804	3764	2,10E+02	791
3	5641	1,06E+02	599	3642	1,65E+02	602
5	5602	8,57E+01	480	3510	1,33E+02	465
10	4894	6,24E+01	306	3025	9,85E+01	298

Bảng 6. Hoạt độ của nhôm trong vành phản xạ lò

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	129	1,12E+06	143943	129	1,12E+06	143943
3	129	3,65E+05	46940	129	3,65E+05	46940
5	129	2,22E+05	28595	129	2,22E+05	28595
10	129	1,18E+05	15168	129	1,18E+05	15168

Bảng 7. Hoạt độ của nhôm trong các cấu kiện lò (trừ vành phản xạ)

Thời gian nguội (năm)	Hoạt độ riêng > 1 Bq/g			Hoạt độ riêng > 10 Bq/g		
	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)	Khối lượng (kg)	Hoạt độ riêng (Bq/g)	Hoạt độ tổng (MBq)
1	580	1,95E+05	113220	530	1,95E+05	113219
3	568	6,62E+04	37623	471	6,62E+04	37622
5	562	4,32E+04	23204	449	4,32E+04	23204
10	537	4,26E+04	12493	406	4,26E+04	12492

Bảng 8. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong bê-tông che chắn

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
Ca-41	1468	1467	1466	1464
Ca-45	32991	1475	66	0
Fe-55	25122	14728	8637	2274
Co-60	1508	1159	890	461
Sb-125	571	346	210	60
Cs-134	1148	586	299	56
Sm-151	685	674	664	638
Eu-152	10178	9186	8291	6419
Eu-154	445	379	322	215

Bảng 9. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong graphite

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Vành phản xạ)				Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Phần còn lại)			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
C-14	837	836	836	837	130	130	130	130
Co-60	3669	2819	2166	1124	554	426	327	169
Sn-119m	480	61	8	0	54	7	1	0
Sb-125	503	305	185	53	48	29	18	5
Te-125m	123	74	45	13	12	7	4	1

Bảng 10. Hoạt độ của các đồng vị sống dài trong vật liệu nhôm

Nguyên Tố	Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Vành phản xạ)				Hoạt độ (MBq) theo thời gian nguội (Phần còn lại)			
	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm	1 năm	3 năm	5 năm	10 năm
Co-60	53245	35323	25537	13302	34965	26109	19841	10348
Ni-63	2416	2054	1902	1842	2351	2249	2190	2123
Zn-65	88051	9527	1123	6	75825	9234	1144	6

Bảng 11. Kết quả tính toán suất liều phóng xạ của vành phản xạ ở khoảng cách 1 mét

Thời gian nguội (năm)	Suất liều (mSv/h)	
	Max	Min
1	9,36	3,24
3	3,15	1,09
5	1,95	0,68
10	1,05	0,36

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] “Safety Analysis Report for the Dalat Nuclear Research Reactor,” Viện NCHN, Dalat, 2003.
- [2] “TRIGAMark II Reactor Mechanical Maintenance and Operating Manual – GA-3510, General Atomic, San Diego, 1962.
- [3] Nguyễn Văn Đệ, ”Nghiên cứu số hóa các bản vẽ thiết kế Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt”, Đề tài cấp cơ sở, Viện Khoa học kỹ thuật hạt nhân, 2002.
- [4] “Kết quả xác định các thành phần các thành phần tạp chất có sản phẩm kích hoạt sống dài trong các vật liệu cấu trúc LPU Đà Lạt”, Trung tâm LPU-Viện NCHN, 2010.
- [5] “MCNP – A General Monte-Carlo N-Particle Transport Code, Version 5”, LA-RU-03-1987, 2003.
- [6] A. G. Croff, “A User Manual for the ORIGEN2 Computer Code,” Oak Ridge National Laboratory, 1980.

PHỤ LỤC A

CÁC THÀNH PHẦN NGUYÊN TỐ CÓ SẢN PHẨM KÍCH HOẠT SỐNG DÀI TRONG CÁC VẬT LIỆU CẤU TRÚC LPU ĐÀ LẠT

(Báo cáo chuyên đề thuộc Nhiệm Vụ Cấp Bộ về “**Nghiên cứu đánh giá đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính và xây dựng một kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ cho Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt**”)

I. MỞ ĐẦU

Ngay từ giai đoạn thiết kế LPU, việc lựa chọn vật liệu với mức độ kích hoạt phóng xạ thấp hoặc chỉ sinh ra các đồng vị sống ngắn rất được quan tâm nhằm giảm thiểu mức liều khi tháo dỡ cũng như giảm thiểu chất thải phóng xạ cần phải xử lý và cất giữ. Tuy nhiên đối với các tạp chất, mặc dù với hàm lượng rất nhỏ, nhưng do sản phẩm kích hoạt neutron của chúng có thời gian sống dài như ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{133}Ba , ^{152}Eu ... là những thành phần đóng góp chính vào liều phóng xạ cần phải quan tâm trong giai đoạn tẩy xạ và tháo dỡ LPU. Trong khuôn khổ Nhiệm vụ cấp Bộ về “**Nghiên cứu đánh giá đặc trưng phóng xạ trong các cấu trúc chính và xây dựng một kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ cho Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt**”, các cấu trúc chính của LPUHNĐL như cấu trúc bê tông che chắn, thành phần graphite, hợp kim nhôm và thép không gỉ được lấy mẫu và phân tích bằng phương pháp kích hoạt neutron (NAA) nhằm xác định hàm lượng các thành phần tạp chất mà sản phẩm kích hoạt của chúng có thời gian sống dài. Những kết quả phân tích này có thể dùng cho các tính toán tiếp theo để xác định hoạt độ phóng xạ tích lũy trong các thành phần cấu trúc lò nhằm cung cấp dữ liệu cho việc tính toán, xây dựng kế hoạch sơ bộ về tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL trong tương lai.

II. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

II.1. MÔ TẢ VẬT LIỆU CẤU TRÚC LPU

Các vật liệu cấu trúc của LPUHNĐL như bê tông, hợp kim nhôm, thép không gỉ, graphite được trình bày chi tiết trong phần 2.2 của báo cáo chính.

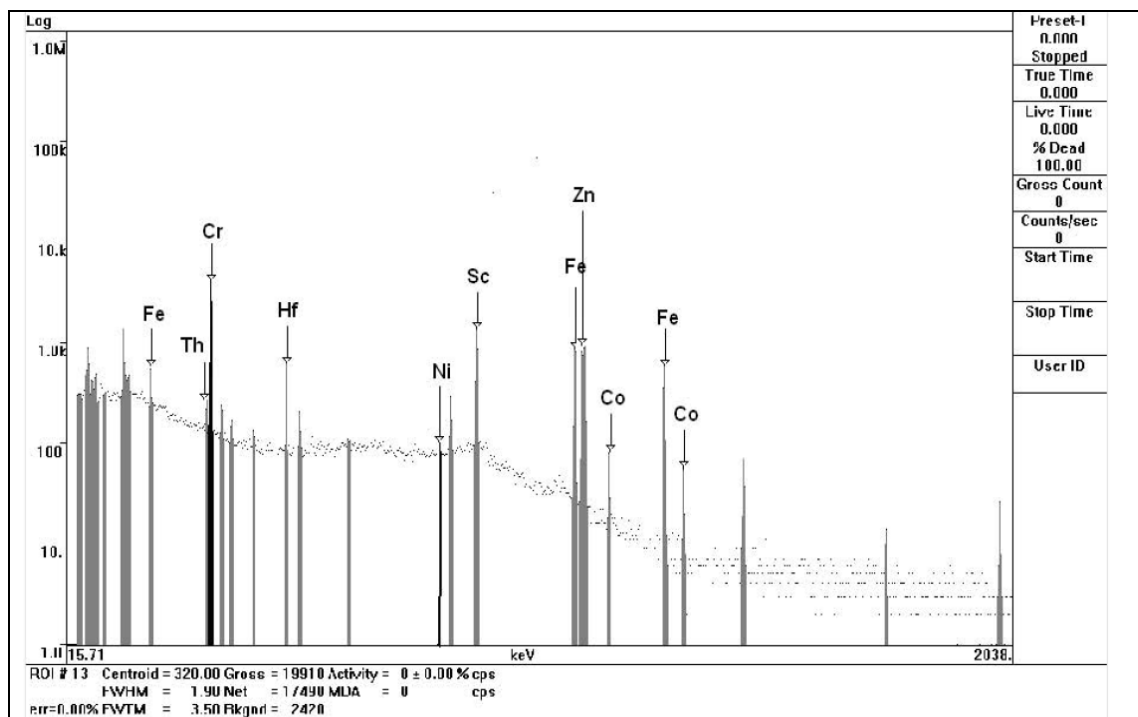
II.2. PHÂN TÍCH MẪU VẬT LIỆU

Lấy mẫu phân tích: Mẫu bê tông được lấy ở mặt lò và trên tầng trung gian của cấu trúc bê tông che chắn phóng xạ. Mẫu hợp kim nhôm 6061 được lấy trên đường ống dẫn của kênh chiếu mẫu khí nén 13-2 của lò TRIGA cũ để lại, mẫu hợp kim nhôm SAV-1 được lấy từ cơ cấu định vị kênh dẫn detector của lò IVV-9 do Liên Xô (cũ) cung cấp. Mẫu thép không gỉ được lấy từ bề chứa nhiên liệu cháy. Mẫu graphite được lấy từ một thanh graphite của cột nhiệt.

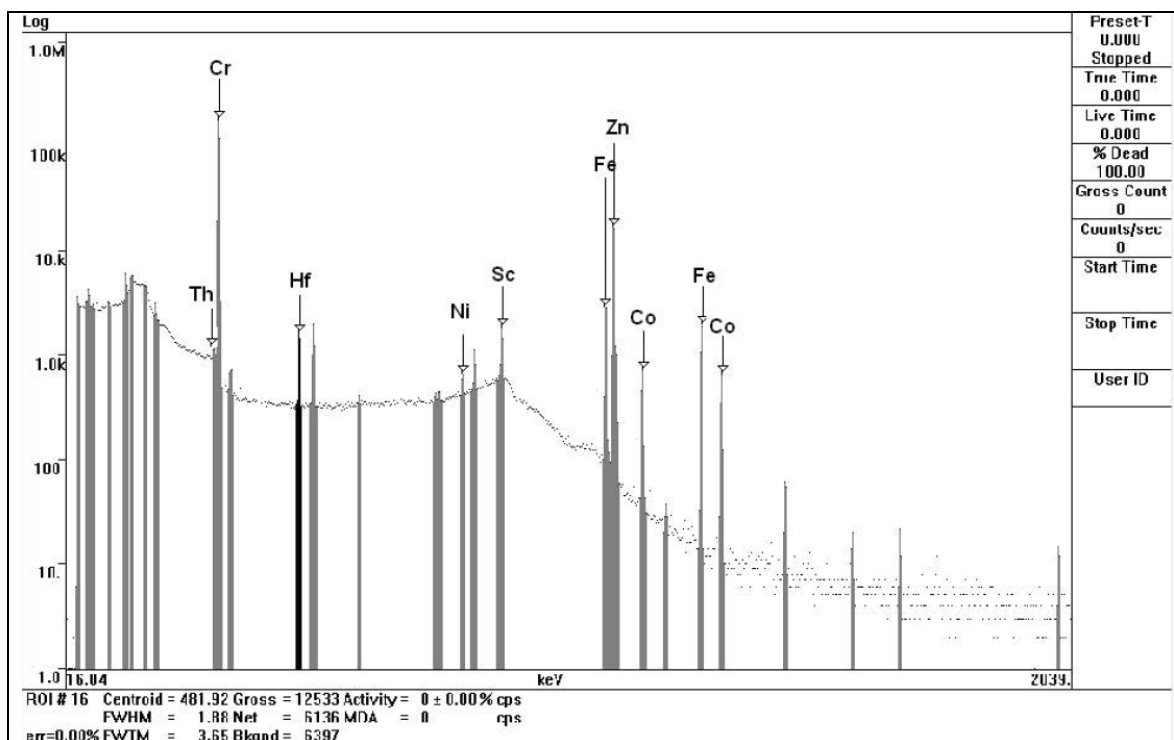
Phân tích mẫu: Các mẫu vật liệu cấu trúc LPUHNĐL nói trên được phân tích tại Trung Tâm Phân Tích thuộc Viện Nghiên Cứu Hạt Nhân bằng phương pháp kích hoạt neutron (NAA). Việc phân tích mẫu được tuân theo các qui trình TCCS – MDD – 01,02,03 của Phòng thí nghiệm VILAS519 (đã được chứng nhận ISO/IEC 17025:2005). Phổ gamma của các mẫu vật này được thu nhận trên hệ phổ kế gamma bán dẫn sau khi đã chiếu xạ kích hoạt neutron trên LPUHNĐL.

Thời gian chiếu mẫu khoảng 10 giờ ở công suất 500 kW và thời gian nguội khoảng 30 ngày trước khi đo. Phổ gamma của các mẫu vật được giới thiệu trong các hình từ A1 đến A5.

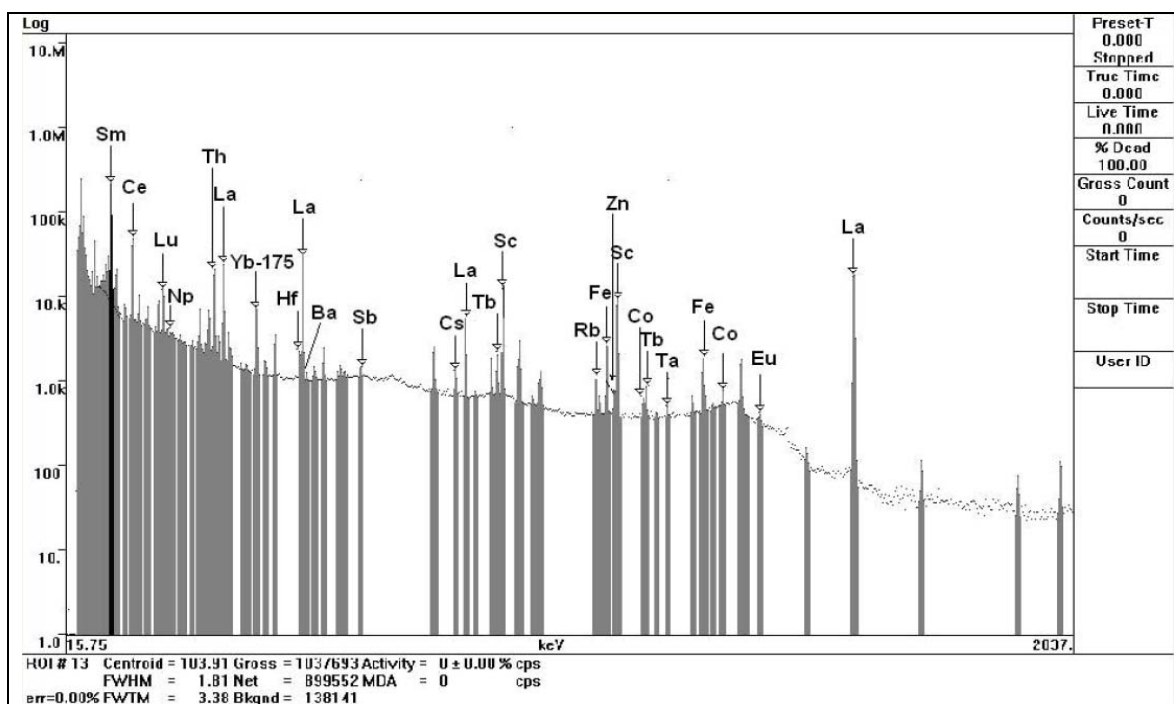
Kết quả phân tích: Các kết quả phân tích mẫu được trình bày trong các bảng từ A1 đến A5.



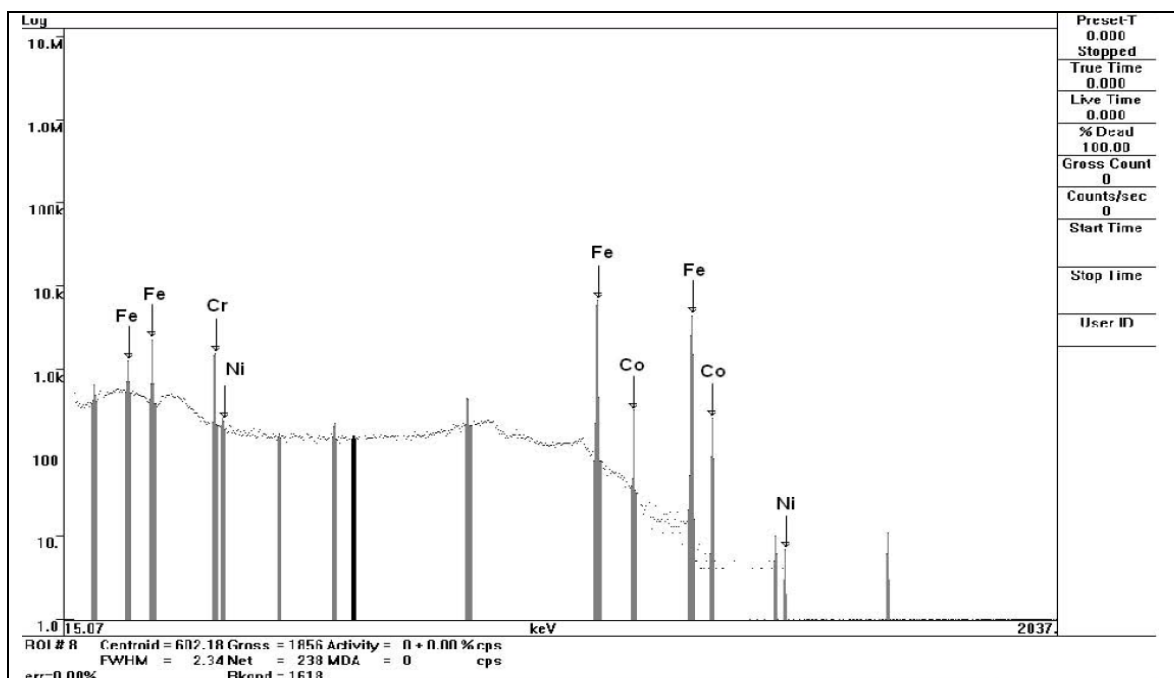
Hình A.1. Phổ gamma của mẫu hợp kim nhôm SAV-1 (của Liên Xô cũ)



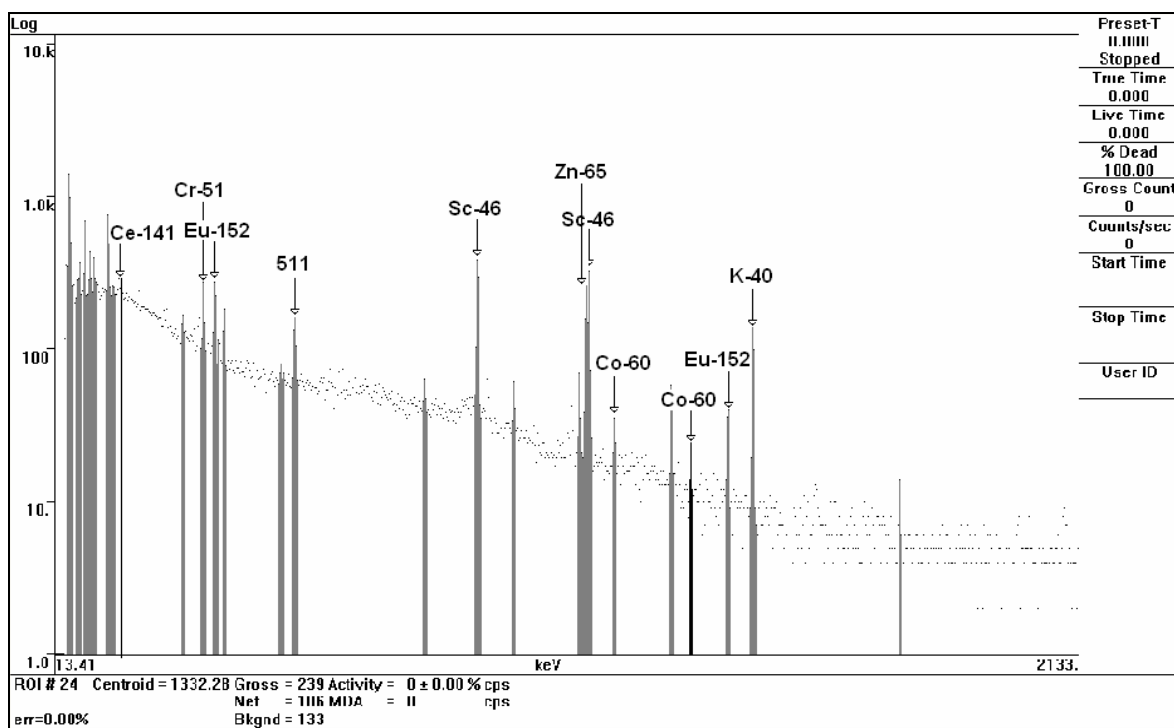
Hình A.2. Phổ gamma của mẫu hợp kim nhôm 6061 (USA)



Hình A.3. Phổ gamma của mẫu bê tông



Hình A.4. Phổ gamma của mẫu thép không gỉ



Hình A.5. Phổ gamma của mẫu graphite

Bảng A.1. Kết quả phân tích thành phần tạp chất có trong hợp kim nhôm 6061 (USA)

Mẫu	Sc		Cr		Fe		Co		Ni	
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %
Al-6061 (USA)	0,13	6,1	3546	1,0	0,83	1,4	3,68	2,6	53,1	23,2
	Zn		Hf		Th					
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %				
	2435	1,0	2,61	4,1	0,35	28,2				

Bảng A.2. Kết quả phân tích thành phần tạp chất trong hợp kim nhôm SAV-1 (của Liên Xô cũ)

Mẫu	Sc		Cr		Fe		Co		Ni	
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, %	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %
SAV-1	0,33	2,4	96	1,7	0,31	2,5	0,56	8,7	7,2	60
	Zn		Hf		Th					
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %				
	114	4,5	1,22	5,7	0,19	23,0				

Bảng A.3. Kết quả phân tích thành phần tạp chất có trong thép không rỉ

Mẫu	Cr		Fe		Co		Ni	
	HL, ppm	SS, %	HL, %	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %
Thép không rỉ	1514	1,0	93,0	1,0	104	1,0	283	32,0

Bảng A.4. Kết quả phân tích thành phần tạp chất có trong bê tông cấu trúc lò

Mẫu	Sc		Cr		Fe		Co		Zn	
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %
Bê tông	5,7	0,7	51,5	7,3	12860	2,1	2,3	15,5	67,9	22,0
	Rb		Sn		Sb		Cs		Ba	
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %
	160	6,0	3170	3,6	0,7	48,0	5,6	7,9	130	30,0
	La		Ce		Nd		Sm		Eu	
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %
	185	1,0	531	1,0	175	2,6	40	1,0	0,42	38,0
	Tb		Yb		Lu		Hf		Ta	
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %
	4,1	5,3	14,9	3,3	2,1	1,9	2,7	10,0	0,32	70,0
	Th		U		W					
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %				
	39,0	1,0	3,4	16,0	89,1	6,2				

Bảng A.5. Kết quả phân tích thành phần tạp chất có đồng vị sống dài của mẫu graphite

Mẫu	Sc		Cr		Fe		Zn		Ce	
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %
Graphite	0,033	0,002	1,71	0,29	52	16	15,4	1,7	0,25	0,11
	Co		Eu							
	HL, ppm	SS, %	HL, ppm	SS, %						
	0,044	0,014	0,033	0,007						

* Chú thích:

HL – Hàm lượng, đơn vị tính ppm (một phần triệu); SS : Sai số đo.

Đối với các thành phần tạp chất có trong cấu trúc bê tông che chắn của LPU, từ kết quả phân tích có thể nói chúng rất đa dạng và phức tạp. Ngoài các nguyên tố Eu, Co, Cs và Zn có thể tìm thấy trong bất kỳ loại bê tông nào và các sản phẩm kích hoạt sống dài của chúng như ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{152}Eu , ^{134}Cs ..., còn có các sản phẩm kích hoạt sống dài khác như ^{54}Mn , ^{133}Ba , ... của nguyên tố Ba (BaSO_4) và Fe vốn có nhiều trong thành phần bê tông nặng [1]. Các thành phần tạp chất có trong cấu trúc bê tông che chắn của LPUHNĐL khá tương đồng về mặt định tính với các công bố quốc tế gần đây về tạp chất có trong bê tông che chắn của lò TRIGA MARK II [1] và [2]. Tuy nhiên, về mặt định lượng chúng không tương đồng do điều kiện thi công và thành phần vật liệu có thể không giống nhau.

Kết quả phân tích thành phần tạp chất có trong graphite của LPU cho thấy hàm lượng Fe, Zn và Cr chiếm ưu thế so với các tạp chất khác như Co, Sc, Eu...

Trong các cấu trúc nhôm của LPU, có sự khác biệt khá lớn giữa hai loại nhôm 6061 (USA) và SAV-1 của Liên Xô cũ về thành phần pha tạp, kết quả phân tích cho thấy hàm lượng của Cr, Co, Ni và Zn có trong nhôm 6061 cao hơn nhiều lần so với hàm lượng của chúng trong nhôm SAV-1. Các cấu trúc nhôm 6061 của lò TRIGA MARK cũ còn giữ lại khá nhiều như thùng lò, các kênh ngang, vỏ bọc vành phản xạ, vỏ cột nhiệt...do đó đóng góp của các thành phần pha tạp này khá đáng kể đối với hoạt độ của các cấu trúc nhôm khi tiến hành tháo dỡ LPU.

Kết quả phân tích của thép không rỉ của LPUHNĐL cho thấy các thành phần pha tạp không quá phức tạp, các thành phần pha tạp chính gồm Cr, Fe, Co, N.

III. KẾT LUẬN

Trong báo cáo này, kết quả xác định hàm lượng các nguyên tố mà sản phẩm kích hoạt của chúng có thời gian sống dài trong các thành phần cấu trúc chính của LPUHNĐL như bê tông che chắn, thành phần graphite, thép không rỉ và hợp kim nhôm đã được trình bày. Các kết quả sẽ được dùng trong các tính toán tiếp theo để xác định hoạt độ phóng xạ tích lũy trong các thành phần cấu trúc LPU phục vụ cho kế hoạch tẩy xạ và tháo dỡ LPUHNĐL trong tương lai.

Trong phạm vi báo cáo này chúng tôi không đề cập đến các đồng vị sống dài phát α như ^{232}Th và phát β như ^3H , ^{14}C , ^{35}Cl ,...có trong thành phần bê tông và graphite. Tuy các đồng vị phóng xạ trên không đóng góp lớn vào hoạt độ tổng của bê tông và graphite, nhưng chúng rất có ý nghĩa trong đánh giá rủi ro chiếu trong và công tác xử lý, quản lý thải khi tiến hành các hoạt động tháo dỡ LPU. Việc đánh giá này sẽ được tiến hành sau.

IV. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tomaz Zakar, Matjaz Bozic, Matjaz Ravnik, “Long-lived activation products in TRIGA Mark II research reactor concrete shield: calculation and experiment”, Journal of Nuclear Materials 335 (2004) 379–386.
- [2] Marko Lesar, Tomaz Zakar, Matjaz Ravnik, “Estimation of Waste Volumes after TRIGA Mark II Research Reactor Dismantling”, International Conference, Ortož, Slovenia, September 8-11, 2003.

PHỤ LỤC B

CÁC INPUT FILE CHO CHƯƠNG TRÌNH MCNP VÀ ORIGEN

I. Input file MCNP5

```

c DALAT - WWR-SM FA 36% 1.41280 gU/cc 40.2 gU5/FA - 89 FA core fig 2.6.1 p. 26
c
  1      0      -78 5 1 -4 fill=300
  2      0      -57 58 -59 60 -61 62 u=300 lat=2                                $ROW 1
      fill=-7:7 -7:7 0:0
  4 4 4 4 4 4 4 4 8 44 44 44 44 8 4                                $ROW 1
  4 4 4 4 4 4 8 4 4 5 101 4 4 4 8                                $ROW 2
  4 4 4 4 4 43 4 101 101 101 101 101 101 4 45                                $ROW 3
  4 4 4 4 43 101 101 101 101 17 101 101 101 101 45                                $ROW 4
  4 4 4 43 101 101 18 101 101 101 101 19 101 101 45                                $ROW 5
  4 4 43 101 101 101 101 101 101 101 101 101 101 45                                $ROW 6
  4 8 4 101 101 101 101 35 36 101 101 101 101 4 8                                $ROW 7
  4 4 5 101 101 101 34 4 31 101 101 101 22 4 4                                $ROW 8
  8 4 101 101 101 101 33 32 101 101 101 101 4 8 4                                $ROW 9
  42 101 101 101 101 101 101 101 101 101 101 101 46 4 4                                $ROW 10
  42 101 101 20 101 101 101 101 21 101 101 46 4 4 4                                $ROW 11
  42 101 101 101 101 17 101 101 101 101 46 4 4 4 4                                $ROW 12
  42 4 101 101 101 101 101 101 4 46 4 4 4 4 4                                $ROW 13
  8 4 4 4 4 7 4 4 8 4 4 4 4 4 4                                $ROW 14
  4 8 41 41 41 41 8 4 4 4 4 4 4 4                                $ROW 15
c      Neutron Trap in Center of Core
  4      3 0.100131 -5 66 -72
  5      3 0.100131 -5 -66 1
  6      3 0.100131 -5 72 -4
c      Partial Be Blocks u=41
  11     3 0.100131 -2 -63 u=41
  12     3 0.100131 2 -3 -63 (-54 :-56) u=41
  13     12 0.1219561 2 -3 54 56 u=41
  14     3 0.100131 3 -63 u=41
c      Partial Be Blocks u=42
  16     3 0.100131 -2 -63 u=42
  17     3 0.100131 2 -3 -63 (51 :-56) u=42
  18     12 0.1219561 2 -3 -51 56 u=42
  19     3 0.100131 3 -63 u=42
c      Partial Be Blocks u=43
  21     3 0.100131 -2 -63 u=43
  22     3 0.100131 2 -3 -63 (51 :53) u=43
  23     12 0.1219561 2 -3 -51 -53 u=43
  24     3 0.100131 3 -63 u=43
c      Partial Be Blocks u=44
  26     3 0.100131 -2 -63 u=44
  27     3 0.100131 2 -3 -63 (53 :55) u=44
  28     12 0.1219561 2 -3 -53 -55 u=44
  29     3 0.100131 3 -63 u=44
c      Partial Be Blocks u=45
  31     3 0.100131 -2 -63 u=45
  32     3 0.100131 2 -3 -63 (-52 :55) u=45
  33     12 0.1219561 2 -3 52 -55 u=45
  34     3 0.100131 3 -63 u=45
c      Partial Be Blocks u=46
  36     3 0.100131 -2 -63 u=46
  37     3 0.100131 2 -3 -63 (-52 :-54) u=46
  38     12 0.1219561 2 -3 52 54 u=46
  39     3 0.100131 3 -63 u=46
c      Be- Trap Blocks u=31
  41     3 0.100131 -2 -63 u=31

```

	42	3 0.100131 2 -3 -63 (51 :53 :-56)	u=31
	43	12 0.1219561 2 -3 -51 -53 56	u=31
	45	3 0.100131 3 -63	u=31
c		Be- Trap Blocks u=32	
	46	3 0.100131 -2 -63	u=32
	47	3 0.100131 2 -3 -63 (51 :53 :55)	u=32
	48	12 0.1219561 2 -3 -51 -53 -55	u=32
	49	3 0.100131 3 -63	u=32
c		Be- Trap Blocks u=33	
	51	3 0.100131 -2 -63	u=33
	52	3 0.100131 2 -3 -63 (-52 :53 :55)	u=33
	53	12 0.1219561 2 -3 52 -53 -55	u=33
	54	3 0.100131 3 -63	u=33
c		Be- Trap Blocks u=34	
	56	3 0.100131 -2 -63	u=34
	57	3 0.100131 2 -3 -63 (-52 :-54 :55)	u=34
	58	12 0.1219561 2 -3 52 -55 54	u=34
	59	3 0.100131 3 -63	u=34
c		Be- Trap Blocks u=35	
	61	3 0.100131 -2 -63	u=35
	62	3 0.100131 2 -3 -63 (-52 :-54 :-56)	u=35
	63	12 0.1219561 2 -3 52 54 56	u=35
	64	3 0.100131 3 -63	u=35
c		Be- Trap Blocks u=36	
	66	3 0.100131 -2 -63	u=36
	67	3 0.100131 2 -3 -63 (51 :-54 :-56)	u=36
	68	12 0.1219561 2 -3 -51 54 56	u=36
	69	3 0.100131 3 -63	u=36
c		Be- Blocks	
	71	3 0.100131 -2 -63	u=4
	72	3 0.100131 2 -3 -63 (51 :-52 :53 :-54 :55 :-56)	u=4
	73	12 0.1219561 2 -3 -51 52 -53 54 -55 56	u=4
	74	3 0.100131 -2 -63	u=4
	75	3 0.100131 3 -63	u=4
c		water	
	76	3 0.100131 -2 -63	u=8
	77	3 0.100131 2 -3 -63	u=8
	78	3 0.100131 3 -63	u=8
c		Dummy for Dry Irradiation Hole	
	81	3 0.100131 -2 -63	u=5
	82	8 2.445847e-005 77 -75	u=5
	83	3 0.100131 2 -77 -75	u=5
	84	2 0.05988752 2 75 -76	u=5
	85	3 0.100131 2 76 -63	u=5
c		Dummy for Wet Irradiation Hole	
	91	3 0.100131 -2 -63	u=7
	92	3 0.100131 2 -3 -75	u=7
	93	2 0.05988752 2 -3 75 -76	u=7
	94	3 0.100131 2 -3 76 -63	u=7
	95	3 0.100131 3 -63	u=7
c		Safety Rods - u=17	
	100	3 0.100131 -63 -66 332	u=17
	101	3 0.100131 66 -331 332	u=17
	102	2 0.05988752 66 -330 331	u=17
	103	3 0.100131 -63 66 330	u=17
	104	3 0.100131 -301 -332	u=17
	105	2 0.05988752 301 -302 -332	u=17
	106	11 0.0854028 302 -332 333	u=17
	107	10 0.09264 302 -303 -333	u=17
	108	3 0.100131 303 -333	u=17
c		Shim Rod Sh3 - u=18	
	110	3 0.100131 -63 -66 332	u=18
	111	3 0.100131 66 -331 332	u=18

112	2	0.05988752	66	-330	331	u=18
113	3	0.100131	-63	66	330	u=18
114	3	0.100131	-317	-332		u=18
115	2	0.05988752	317	-318	-332	u=18
116	11	0.0854028	318	-332	333	u=18
117	10	0.09264	318	-319	-333	u=18
118	3	0.100131	319	-333		u=18
c	Shim Rod Sh4 - u=19					
120	3	0.100131	-63	-66	332	u=19
121	3	0.100131	66	-331	332	u=19
122	2	0.05988752	66	-330	331	u=19
123	3	0.100131	-63	66	330	u=19
124	3	0.100131	-308	-332		u=19
125	2	0.05988752	308	-309	-332	u=19
126	11	0.0854028	309	-332	333	u=19
127	10	0.09264	309	-310	-333	u=19
128	3	0.100131	310	-333		u=19
c	Shim Rod Sh2 - u=20					
130	3	0.100131	-63	-66	332	u=20
131	3	0.100131	66	-331	332	u=20
132	2	0.05988752	66	-330	331	u=20
133	3	0.100131	-63	66	330	u=20
134	3	0.100131	-314	-332		u=20
135	2	0.05988752	314	-315	-332	u=20
136	11	0.0854028	315	-332	333	u=20
137	10	0.09264	315	-316	-333	u=20
138	3	0.100131	316	-333		u=20
c	Shim Rod Sh1 - u=21					
140	3	0.100131	-63	-66	332	u=21
141	3	0.100131	66	-331	332	u=21
142	2	0.05988752	66	-330	331	u=21
143	3	0.100131	-63	66	330	u=21
144	3	0.100131	-311	-332		u=21
145	2	0.05988752	311	-312	-332	u=21
146	11	0.0854028	312	-332	333	u=21
147	10	0.09264	312	-313	-333	u=21
148	3	0.100131	313	-333		u=21
c	Reg Rod ReR - u=22					
150	3	0.100131	-63	-66	332	u=22
151	3	0.100131	66	-331	332	u=22
152	2	0.05988752	66	-330	331	u=22
153	3	0.100131	-63	66	330	u=22
154	3	0.100131	-321	-332		u=22
155	2	0.05988752	321	-322	-332	u=22
156	11	0.0854028	322	-323	-332	u=22
158	2	0.05988752	323	-332		u=22
c	FA					
1001	3	0.100131	2	-3	-25	u=101
1002	2	0.05988752	2	-3	-26 25	u=101
1003	1	0.06215196	2	-3	-27 26	u=101
1004	2	0.05988752	2	-3	-28 27	u=101
1005	3	0.100131	2	-3	-29 28	u=101
1006	2	0.05988752	2	-3	-30 29	u=101
1007	1	0.06215196	2	-3	-31 30	u=101
1008	2	0.05988752	2	-3	-32 31	u=101
c	Coolant Between Hex and Cylinder					
1010	3	0.100131	2	-3	-33 34 -101 106 32	u=101
1011	3	0.100131	2	-3	-35 101 -103 102 32	u=101
1012	3	0.100131	2	-3	36 -106 -103 102 32	u=101
1013	3	0.100131	2	-3	-37 101 103 -104 105 32	u=101
1014	3	0.100131	2	-3	38 -106 -102 -104 105 32	u=101
1015	3	0.100131	2	-3	101 -102 -201 32	u=101
1016	3	0.100131	2	-3	103 104 -205 32	u=101

1017	3	0.100131	2	-3	101	-105	-209	32	u=101
1018	3	0.100131	2	-3	103	-106	-213	32	u=101
1019	3	0.100131	2	-3	-102	-105	-217	32	u=101
1020	3	0.100131	2	-3	104	-106	-221	32	u=101
c Clad									
1021	2	0.05988752	2	-3	-39	40	-101	106 (33 :-34)	u=101
1022	2	0.05988752	2	-3	-41	42	-103	102 (35 :-36)	u=101
1023	2	0.05988752	2	-3	-43	44	-104	105 (37 :-38)	u=101
1024	2	0.05988752	2	-3	101	-102	201	-202	u=101
1025	2	0.05988752	2	-3	103	104	205	-206	u=101
1026	2	0.05988752	2	-3	101	-105	209	-210	u=101
1027	2	0.05988752	2	-3	103	-106	213	-214	u=101
1028	2	0.05988752	2	-3	-102	-105	217	-218	u=101
1029	2	0.05988752	2	-3	104	-106	221	-222	u=101
c Meat									
1031	1	0.06215196	2	-3	-45	46	-101	106 (39 :-40)	u=101
1032	1	0.06215196	2	-3	-47	48	-103	102 (41 :-42)	u=101
1033	1	0.06215196	2	-3	-49	50	-104	105 (43 :-44)	u=101
1034	1	0.06215196	2	-3	101	-102	-203	202	u=101
1035	1	0.06215196	2	-3	103	104	-207	206	u=101
1036	1	0.06215196	2	-3	101	-105	-211	210	u=101
1037	1	0.06215196	2	-3	103	-106	-215	214	u=101
1038	1	0.06215196	2	-3	-102	-105	-219	218	u=101
1039	1	0.06215196	2	-3	104	-106	-223	222	u=101
c Clad									
1051	2	0.05988752	2	-3	-51	52	-101	106 (45 :-46)	u=101
1052	2	0.05988752	2	-3	-53	54	-103	102 (47 :-48)	u=101
1053	2	0.05988752	2	-3	-55	56	-104	105 (49 :-50)	u=101
1054	2	0.05988752	2	-3	101	-102	203	-204	u=101
1055	2	0.05988752	2	-3	103	104	207	-208	u=101
1056	2	0.05988752	2	-3	101	-105	211	-212	u=101
1057	2	0.05988752	2	-3	103	-106	215	-216	u=101
1058	2	0.05988752	2	-3	-102	-105	219	-220	u=101
1059	2	0.05988752	2	-3	104	-106	223	-224	u=101
c Coolant									
1061	3	0.100131	2	-3	-63	-101	106 (51 :-52)	u=101	
1062	3	0.100131	2	-3	-63	-103	102 (53 :-54)	u=101	
1063	3	0.100131	2	-3	-63	-104	105 (55 :-56)	u=101	
1064	3	0.100131	2	-3	101	-102	-63	204	u=101
1065	3	0.100131	2	-3	103	104	-63	208	u=101
1066	3	0.100131	2	-3	101	-105	-63	212	u=101
1067	3	0.100131	2	-3	103	-106	-63	216	u=101
1068	3	0.100131	2	-3	-102	-105	-63	220	u=101
1069	3	0.100131	2	-3	104	-106	-63	224	u=101
c Bottom of FA									
1071	3	0.100131			-63	-66			u=101
1072	4	0.08814785			-63	66	-67		u=101
1073	5	0.08223617			-63	67	-2		u=101
c Top of FA									
1074	5	0.08223617			-63	3	-68		u=101
1075	4	0.08814785			-63	68	-69		u=101
1076	6	0.08415347			-63	69	-70		u=101
1077	7	0.09613662			-63	70	-72		u=101
1078	3	0.100131			-63	72			u=101
c Core Vessels									
1100	3	0.100131			-79	78	66	-72	
1101	2	0.05988752			-80	79	66	-72	
1102	3	0.100131			-80	78	1	-66	
1103	3	0.100131			-80	78	72	-4	
c Graphite Reflector									
1105	3	0.100131			-81	80	1	-404	\$ Water below
1106	3	0.100131			-81	80	401	-4	\$ Water above
c Al									

```

1110      2 0.05988752 -86 80 404 -401
1111      2 0.05988752 86 -94 -408 404
1112      2 0.05988752 94 -81 -401 404 #(-622 6)
1113      2 0.05988752 86 -88 -401 405
1114      2 0.05988752 88 -82 -401 406
1115      2 0.05988752 82 -83 -402 406
1116      2 0.05988752 83 -90 -401 406
1117      2 0.05988752 90 -94 -401 405
c Graphite
1120      13 0.0822292 -87 86 408 -405 #(-605 -6)#(-622 6)#(-631 635)
1121      13 0.0822292 -88 87 408 -405 #(-605 -6)#(-622 6)#(-631 635)
1122      13 0.0822292 -89 88 408 -406 #(-605 -6)#(-622 6)#(-631 635)
1123      13 0.0822292 -90 89 408 -406 #(-605 -6)#(-622 6)#(-631 635)
1124      13 0.0822292 -91 90 408 -405 #(-605 -6)#(-622 6)#(-631 635)
1125      13 0.0822292 -92 91 408 -405 #(-605 -6)#(-622 6)#(-631 635)
1126      13 0.0822292 -93 92 408 -405 #(-605 -6)#(-622 6)#(-631 635)
1127      13 0.0822292 -94 93 408 -405 #(-605 -6)#(-622 6)#(-631 635)
c Rotation Specimen Rack
1130      3 0.100131 -83 82 402 -401 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431
          440 441 442 443 444 445 446 447 448 450 451 452 453 454 455 456 457
          458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469
1131      2 0.05988752 -421 402 -401 521
1132      2 0.05988752 -422 402 -401 522
1133      2 0.05988752 -423 402 -401 523
1134      2 0.05988752 -424 402 -401 524
1135      2 0.05988752 -425 402 -401 525
1136      2 0.05988752 -426 402 -401 526
1137      2 0.05988752 -427 402 -401 527
1138      2 0.05988752 -428 402 -401 528
1139      2 0.05988752 -429 402 -401 529
1140      2 0.05988752 -430 402 -401 530
1141      2 0.05988752 -431 402 -401 531
c
1150      2 0.05988752 -440 402 -401 540
1151      2 0.05988752 -441 402 -401 541
1152      2 0.05988752 -442 402 -401 542
1153      2 0.05988752 -443 402 -401 543
1154      2 0.05988752 -444 402 -401 544
1155      2 0.05988752 -445 402 -401 545
1156      2 0.05988752 -446 402 -401 546
1157      2 0.05988752 -447 402 -401 547
1158      2 0.05988752 -448 402 -401 548
c
1160      2 0.05988752 -450 402 -401 550
1161      2 0.05988752 -451 402 -401 551
1162      2 0.05988752 -452 402 -401 552
1163      2 0.05988752 -453 402 -401 553
1164      2 0.05988752 -454 402 -401 554
1165      2 0.05988752 -455 402 -401 555
1166      2 0.05988752 -456 402 -401 556
1167      2 0.05988752 -457 402 -401 557
1168      2 0.05988752 -458 402 -401 558
1169      2 0.05988752 -459 402 -401 559
1170      2 0.05988752 -460 402 -401 560
c
1171      2 0.05988752 -461 402 -401 561
1172      2 0.05988752 -462 402 -401 562
1173      2 0.05988752 -463 402 -401 563
1174      2 0.05988752 -464 402 -401 564
1175      2 0.05988752 -465 402 -401 565
1176      2 0.05988752 -466 402 -401 566
1177      2 0.05988752 -467 402 -401 567
1178      2 0.05988752 -468 402 -401 568

```

```

1179      2 0.05988752 -469 402 -401 569
c
1231      3 0.100131 -521 402 -401
1232      3 0.100131 -522 402 -401
1233      3 0.100131 -523 402 -401
1234      3 0.100131 -524 402 -401
1235      3 0.100131 -525 402 -401
1236      3 0.100131 -526 402 -401
1237      3 0.100131 -527 402 -401
1238      3 0.100131 -528 402 -401
1239      3 0.100131 -529 402 -401
1240      3 0.100131 -530 402 -401
1241      3 0.100131 -531 402 -401
c
1250      3 0.100131 -540 402 -401
1251      3 0.100131 -541 402 -401
1252      3 0.100131 -542 402 -401
1253      3 0.100131 -543 402 -401
1254      3 0.100131 -544 402 -401
1255      3 0.100131 -545 402 -401
1256      3 0.100131 -546 402 -401
1257      3 0.100131 -547 402 -401
1258      3 0.100131 -548 402 -401
c
1260      3 0.100131 -550 402 -401
1261      3 0.100131 -551 402 -401
1262      3 0.100131 -552 402 -401
1263      3 0.100131 -553 402 -401
1264      3 0.100131 -554 402 -401
1265      3 0.100131 -555 402 -401
1266      3 0.100131 -556 402 -401
1267      3 0.100131 -557 402 -401
1268      3 0.100131 -558 402 -401
1269      3 0.100131 -559 402 -401
1270      3 0.100131 -560 402 -401
c
1271      3 0.100131 -561 402 -401
1272      3 0.100131 -562 402 -401
1273      3 0.100131 -563 402 -401
1274      3 0.100131 -564 402 -401
1275      3 0.100131 -565 402 -401
1276      3 0.100131 -566 402 -401
1277      3 0.100131 -567 402 -401
1278      3 0.100131 -568 402 -401
1279      3 0.100131 -569 402 -401
c Beam Tubes
c BT# 1
601      2 0.05988752 -612 603 -11 -6 #(-611 604)
602      8 2.445847e-005 -601 604 -611 -6
603      2 0.05988752 -611 601 742 -6 #(-610 602)
604      8 2.445847e-005 -610 602 -11 -6
605      9 0.0760232 -610 742 11 -6
606     11 0.0854028 -614 613 -742 740
607      9 0.0760232 -613 -742 740
c BT# 2
611      8 2.445847e-005 -605 86 -94 -6
612      2 0.05988752 -607 603 -11 -6 #(-606 604)
613      8 2.445847e-005 -601 604 -606 -6
614      2 0.05988752 -606 601 722 -6 #(-605 602)
615      8 2.445847e-005 -605 602 -11 -6
616      9 0.0760232 -605 722 11 -6
617     11 0.0854028 -609 608 -722 720
618      9 0.0760232 -608 -722 720

```

```

c   BT# 3
621      8 2.445847e-005 -631 -94 635      #(-622 86)
622      2 0.05988752    -633 603 -11 635 #(-632 604)
623      8 2.445847e-005 -601 604 -632 635
624      2 0.05988752    -632 601 -732 635 #(-631 602)
625      8 2.445847e-005 -631 602 -732 635
626     11 0.0854028      -637 636 732 -730
627      8 2.445847e-005 -636 732 -730

c   BT# 4
631      8 2.445847e-005 -621 86  -752 6
632      2 0.05988752    -622 621 86  -752 6
633     11 0.0854028      -624 623 752 -750
634      8 2.445847e-005 -623 752 -750

c   Thermal Column
639     13 0.0822292 654 -659 -642 641 655 656
640      2 0.05988752 653 -659 -646 645 657 658 651 -652 #(654 -642 641 655 656
    )
641     13 0.0822292 659 -665 -663 664 -661 662
642     13 0.0822292 665 -666 -663 664 -661 662
643     13 0.0822292 666 -667 -663 664 -661 662
644     13 0.0822292 667 -668 -663 664 -661 662
645     13 0.0822292 668 -669 -663 664 -661 662
646     13 0.0822292 669 -647 -663 664 -661 662
647     15 0.06418489 659 -647 -642 641 -644 643 #(-663 664 -661 662)
648      2 0.05988752 659 -660 -646 645 -652 651 #(-642 641 -644 643 -647)
649      8 2.445847e-005 -640 660 -780

c   THERMALIZING COLUMN
670     13 0.0822292 654 685 -674 676 -670 672 -688
671     13 0.0822292 -685 678 -674 676 -670 672
672     16 0.032538  -678 679 -674 676 -670 672
673      2 0.05988752 653 679 -675 677 -671 673 -688 #(654 -674 676 -670 672)
674      8 2.445847e-005 -679 680 -681 682 -683 684
675     13 0.0822292 -680 686 -681 682 -683 684
676     13 0.0822292 -686 690 -681 682 -683 684
678     15 0.06418489 -679 690 -674 676 -670 672 #(-679 690 -681 682 -683 684)
679      2 0.05988752 -679 690 -675 677 -671 673 #(-674 676 -670 672)

c   Fuel Spent
680      3 0.100131 -690 691 -692 693 -4 7

c   Water outside Graphite
697      3 0.100131 -10 81 1 -4 #(-633 603 635)#(-622 86 6)#(-612 603 -6)#
    (653 690 -675 677 -671 673 -688)#(653 -660 -646 645 -652 651 657
    658)#(-607 603 -6)

c
700      2 0.05988752 10 -11 7 -4 #(-607 -6)#(-612 -6)#(-622 6)#
    (-679 690 -675 677 -671 673)#(659 -660 -646 645 -652 651)#
    (-633 635)#(-607 603 -10 -6)
701      2 0.05988752 -10 -1 7

c
710      9 0.0760232 -780 781 704 705 -4 8 640
711      9 0.0760232 -781 782 704 705 -4 8 640 #(659 -660 -646 645 -652 651)
712      9 0.0760232 -782 783 704 705 -4 8 640 #(659 -660 -646 645 -652 651)
713      9 0.0760232 -783 784 704 705 -4 8      #(659 -660 -646 645 -652 651)
714      9 0.0760232 -784 785 704 705 -4 8 #(659 -660 -646 645 -652 651)
715      9 0.0760232 -785 11 704 705 -4 8 #(659 -660 -646 645 -652 651)
720      9 0.0760232 720 -721 -704 706 -4 8 609
721      9 0.0760232 721 -722 -704 706 -4 8 609
722      9 0.0760232 722 -723 -704 706 -4 8 606
723      9 0.0760232 723 -724 -704 706 -4 8 606 #(659 -660 -646 645 -652 651)
724      9 0.0760232 724 -725 -704 706 -4 8 606 #(659 -660 -646 645 -652 651)
725      9 0.0760232 725 11 -704 706 -4 8 606 #(659 -660 -646 645 -652 651)
730      9 0.0760232 -730 731 -705 707 -4 8 637
731      9 0.0760232 -731 732 -705 707 -4 8 637
732      9 0.0760232 -732 733 -705 707 -4 8 632 #(659 -660 -646 645 -652 651)

```

```

733    9 0.0760232 -733 734 -705 707 -4 8 632 #(659 -660 -646 645 -652 651)
734    9 0.0760232 -734 735 -705 707 -4 8 632 #(659 -660 -646 645 -652 651)
735    9 0.0760232 -735 11 -705 707 -4 8 632 #(659 -660 -646 645 -652 651)
740    9 0.0760232 770 -771 -706 -708 -4 8
741    9 0.0760232 771 -772 -706 -708 -4 8
742    9 0.0760232 772 -773 -706 -708 -4 8
743    9 0.0760232 773 -774 -706 -708 -4 8
744    9 0.0760232 774 -775 -706 -708 -4 8
745    9 0.0760232 775 11 -706 -708 -4 8
c
750    9 0.0760232 -760 761 -707 -709 -4 8
751    9 0.0760232 -761 762 -707 -709 -4 8
752    9 0.0760232 -762 763 -707 -709 -4 8
753    9 0.0760232 -763 764 -707 -709 -4 8
754    9 0.0760232 -764 765 -707 -709 -4 8
755    9 0.0760232 -765 11 -707 -709 -4 8
c
760    9 0.0760232 740 -741 708 -710 -4 8 614
761    9 0.0760232 741 -742 708 -710 -4 8 614
762    9 0.0760232 742 -743 708 -710 -4 8 611
763    9 0.0760232 743 -744 708 -710 -4 8 611
764    9 0.0760232 744 -745 708 -710 -4 8 611
765    9 0.0760232 745 11 708 -710 -4 8 611
770    9 0.0760232 -750 751 709 -711 -4 8 624
771    9 0.0760232 -751 752 709 -711 -4 8 624
772    9 0.0760232 -752 753 709 -711 -4 8 622
773    9 0.0760232 -753 754 709 -711 -4 8 622
774    9 0.0760232 -754 755 709 -711 -4 8 622
775    9 0.0760232 -755 11 709 -711 -4 8 622
780    9 0.0760232 800 -810 790 -791 -4 8 #(-690 691 -692 693 7)
781    9 0.0760232 740 -750 791 -792 -4 8 #(-690 691 -692 693 7)
782    9 0.0760232 740 -750 792 -794 -4 8 #(-690 691 -692 693 7)
783    9 0.0760232 794 -795 710 711 -4 8 #(-690 691 -692 693 7)
784    9 0.0760232 795 -796 710 711 -4 8 #(-679 690 -675 677 -671 673)#
      (-690 691 -692 693 7)
785    9 0.0760232 796 -797 710 711 -4 8 #(-679 690 -675 677 -671 673)
786    9 0.0760232 797 -798 710 711 -4 8 #(-679 690 -675 677 -671 673)
787    9 0.0760232 798 -799 710 711 -4 8 #(-679 690 -675 677 -671 673)
788    9 0.0760232 799 11 710 711 -4 8 #(-679 690 -675 677 -671 673)
c
997    9 0.0760232 -79 -7 8 $ Base
998    9 0.0760232 -81 79 -7 8 $ Base
999    9 0.0760232 -11 81 -7 8 $ Base
99999  0 (750 :-740 :-720 :730 :760 :-770 :780 :-790 :4 :-8)#
      (800 -810 790 -791 -4 8)

c      surfaces
704    p 1 0.466308 0 0
705    p -1 0.36397 0 0
706    p 1 2.747477 0 0
707    p -1 2.14451 0 0
708    p 1 -4.117778 0 0
709    p -1 -4.117778 0 0
710    p 1 -0.63893 0 0
711    p -1 -0.63893 0 0
c
720    p 1 -0.8391 0 -455.587
721    p 1 -0.8391 0 -326.8511
722    p 1 -0.8391 0 -245.8771
723    p 1 -0.8391 0 -195.2055
724    p 1 -0.8391 0 -163.3084
725    p 1 -0.8391 0 -143.2028
730    p 1 1.1918 0 542.948

```

```

731      p 1  1.1918 0 389.5258
732      p 1  1.1918 0 293.0248
733      p 1  1.1918 0 232.6377
734      p 1  1.1918 0 194.6239
735      p 1  1.1918 0 170.6628
740      p 1  0.516138 0 -392.745
741      p 1  0.516138 0 -281.7662
742      p 1  0.516138 0 -211.9621
743      p 1  0.516138 0 -168.2795
744      p 1  0.516138 0 -140.7827
745      p 1  0.516138 0 -123.4504
750      p 1 -0.516138 0 392.745
751      p 1 -0.516138 0 281.7662
752      p 1 -0.516138 0 211.9621
753      p 1 -0.516138 0 168.2795
754      p 1 -0.516138 0 140.7827
755      p 1 -0.516138 0 123.4504
c
760      px 349
761      px 250.38
762      px 188.35
763      px 149.54
764      px 125.1
765      px 109.7
c
770      px -349
771      px -250.38
772      px -188.35
773      px -149.54
774      px -125.1
775      px -109.7
c
780      py 349
781      py 250.38
782      py 188.35
783      py 149.54
784      py 125.1
785      py 109.7
c
790      py -514.6
791      py -445.627
792      py -390
794      py -340.0188
795      py -243.939
796      py -183.5057
797      py -145.6881
798      py -121.8824
799      py -106.877
800      px -162.74
810      px 162.74
c
  1      pz -88.88
  2      pz -30
  3      pz 30
  4      pz 282
  5      cz 3.25          $ Neutron Trap in the core center
  6      px 0
  7      pz -89.5
  8      pz -179
 10      cz 99.36        $ inner reactor tank
 11      cz 100          $ outer reactor tank
 25      cz 0.3
 26      cz 0.39

```

```

27      cz 0.46
28      cz 0.55
29      cz 0.85
30      cz 0.94
31      cz 1.01
32      cz 1.1
33      px 1.35
34      px -1.35
35      p 1 1.732050808 0 2.7
36      p 1 1.732050808 0 -2.7
37      p -1 1.732050808 0 2.7
38      p -1 1.732050808 0 -2.7
39      px 1.44
40      px -1.44
41      p 1 1.732050808 0 2.88
42      p 1 1.732050808 0 -2.88
43      p -1 1.732050808 0 2.88
44      p -1 1.732050808 0 -2.88
45      px 1.51
46      px -1.51
47      p 1 1.732050808 0 3.02
48      p 1 1.732050808 0 -3.02
49      p -1 1.732050808 0 3.02
50      p -1 1.732050808 0 -3.02
51      px 1.6
52      px -1.6
53      p 1 1.732050808 0 3.2
54      p 1 1.732050808 0 -3.2
55      p -1 1.732050808 0 3.2
56      p -1 1.732050808 0 -3.2
57      px 1.75
58      px -1.75
59      p 1 1.732050808 0 3.5
60      p 1 1.732050808 0 -3.5
61      p -1 1.732050808 0 3.5
62      p -1 1.732050808 0 -3.5
63      cz 4.071452
c
66      pz -45
67      pz -34
68      pz 34
69      pz 35.9
70      pz 38.3
72      pz 42.5
c   Dry and Wet Irradiation Channels
75      cz 1.45  $ inner radius of Dry Irradiation channel
76      cz 1.5   $ outer radius of Dry irradiation channel
77      pz -4
c   Core Vessel
78      cz 21.35 $ Inner Radius of Inner Vessel
79      cz 21.9  $ Outer radius of Inner Vessel
c   Graphite Reflector
80      cz 22.22 $ Inner Radius of Graphite Reflector (Inner)
81      cz 54.61 $ Outer Radius of Graphite Reflector (Outer)
82      cz 30.7  $ Outer Radius of Rotation Specimen Rack (Inner)
83      cz 36.9  $ Inner Radius of Rotation Specimen Rack (Outer)
c
86      cz 22.86 $ Outer Radius of Graphite Reflector (Inner)
87      cz 26.46
88      cz 30.06 $ Inner Radius of Rotation Specimen Rack (Inner)
89      cz 33.54
90      cz 36.96 $ Outer Radius of Rotation Specimen Rack (Outer)
91      cz 41.06

```

```

92      cz 45.15
93      cz 49.25
94      cz 53.34 $ Inner Radius of Graphite Reflector (Outer)
c      surfaces for rounded corners
101     py 0.67549981
102     p -1 0.57735027 0 -0.78
103     p -1 0.57735027 0 0.78
104     p 1 0.57735027 0 0.78
105     p 1 0.57735027 0 -0.78
106     py -0.67549981
c
151     pz 240
152     pz 195
153     pz 155
154     pz 120
155     pz 90
156     pz 65
157     pz 45
158     pz 30
159     pz 20
160     pz 10
161     pz 0
162     pz -10
163     pz -20
164     pz -30
165     pz -45
166     pz -65
167     pz -90
168     pz -120
169     pz -155
c
180     pz -104.5
181     pz -124.5
182     pz -149.5
c
201     c/z 1.17 0.67549981 0.18
202     c/z 1.17 0.67549981 0.27
203     c/z 1.17 0.67549981 0.34
204     c/z 1.17 0.67549981 0.43
c
205     c/z 0 1.3509996 0.18
206     c/z 0 1.3509996 0.27
207     c/z 0 1.3509996 0.34
208     c/z 0 1.3509996 0.43
c
209     c/z -1.17 0.67549981 0.18
210     c/z -1.17 0.67549981 0.27
211     c/z -1.17 0.67549981 0.34
212     c/z -1.17 0.67549981 0.43
c
213     c/z -1.17 -0.67549981 0.18
214     c/z -1.17 -0.67549981 0.27
215     c/z -1.17 -0.67549981 0.34
216     c/z -1.17 -0.67549981 0.43
c
217     c/z 0 -1.3509996 0.18
218     c/z 0 -1.3509996 0.27
219     c/z 0 -1.3509996 0.34
220     c/z 0 -1.3509996 0.43
c
221     c/z 1.17 -0.67549981 0.18
222     c/z 1.17 -0.67549981 0.27
223     c/z 1.17 -0.67549981 0.34

```

224 c/z 1.17 -0.67549981 0.43

c Control Rods

c Safety Rods - Fully OUT - Assumed bottom of B4C 10 cm above TAF

301 pz -22 \$ Bottom of SAV Follower (54.5 cm)

302 pz 32.5 \$ Top of Fllwr - Bottom of B4C

303 pz 97.5 \$ Top of B4C - B4C=65 cm

c Sh1 Rod - Inserted 0.0 cm- Bottom of B4C 45.0 cm below TAF

311 pz -22 \$ Bottom of SAV Follower (54.5 cm)

312 pz 32.5 \$ Top of Fllwr - Bottom of B4C

313 pz 97.5 \$ Top of B4C - B4C=65 cm

c Sh2 Rod - Inserted 0.0 cm

314 pz -22 \$ Bottom of SAV Follower (54.5 cm)

315 pz 32.5 \$ Top of Fllwr - Bottom of B4C

316 pz 97.5 \$ Top of B4C - B4C=65 cm

c Sh3 Rod - Inserted 0.0 cm

317 pz -22 \$ Bottom of SAV Follower (54.5 cm)

318 pz 32.5 \$ Top of Fllwr - Bottom of B4C

319 pz 97.5 \$ Top of B4C - B4C=65 cm

c Sh4 Rod - Inserted 0.0 cm

308 pz -22 \$ Bottom of SAV Follower (54.5 cm)

309 pz 32.5 \$ Top of Fllwr - Bottom of B4C

310 pz 97.5 \$ Top of B4C - B4C=65 cm

c Reg Rod-INSERTED to 0.0 cm - Bottom of B4C at 65.0 cm below TAF

321 pz -22 \$ Bottom of SAV Follower (54.5 cm)

322 pz 32.5 \$ Top of Fllwr - Bottom of B4C

323 pz 97.5 \$ Top of B4C - B4C=65 cm

c

330 cz 1.6

331 cz 1.5

332 cz 1.35

333 cz 1.25

c

401 pz 28.58 \$ Top of graphite reflector (1)

402 pz 2.15 \$ Bottom of Specimen Rack (1)

404 pz -29.21 \$ Bottom of Graphite Reflector (2)

405 pz 27.94 \$ Top of graphite reflector (2)

406 pz 1.51 \$ Bottom of Specimen Rack (2)

408 pz -27.94 \$ Bottom of Graphite Reflector (1)

c Location of Specimen in rack

421 c/z 33.4 0 1.6875

422 c/z 32.98879058 5.224911132 1.6875

423 c/z 31.76528764 10.32116761 1.6875

424 c/z 29.75961791 15.16328269 1.6875

425 c/z 27.02116761 19.63202743 1.6875

426 c/z 23.61736649 23.61736649 1.6875

427 c/z 19.63202743 27.02116791 1.6875

428 c/z 15.16328269 29.75961791 1.6875

429 c/z 10.32116761 31.76528764 1.6875

430 c/z 5.224911132 32.98879058 1.6875

431 c/z 0 33.4 1.6875

c

440 c/z -5.224911132 32.98879058 1.6875

441 c/z -10.32116761 31.76528764 1.6875

442 c/z -15.16328269 29.75961791 1.6875

443 c/z -19.63202743 27.02116791 1.6875

444 c/z -23.61736649 23.61736649 1.6875

445 c/z -27.02116761 19.63202743 1.6875

446 c/z -29.75961791 15.16328269 1.6875

447 c/z -31.76528764 10.32116761 1.6875

448 c/z -32.98879058 5.224911132 1.6875

c

450 c/z -33.4 0 1.6875

451 c/z -32.98879058 -5.224911132 1.6875

452	c/z	-31.76528764	-10.32116761	1.6875
453	c/z	-29.75961791	-15.16328269	1.6875
454	c/z	-27.02116761	-19.63202743	1.6875
455	c/z	-23.61736649	-23.61736649	1.6875
456	c/z	-19.63202743	-27.02116791	1.6875
457	c/z	-15.16328269	-29.75961791	1.6875
458	c/z	-10.32116761	-31.76528764	1.6875
459	c/z	-5.224911132	-32.98879058	1.6875
460	c/z	0	-33.4	1.6875
C				
461	c/z	5.224911132	-32.98879058	1.6875
462	c/z	10.32116761	-31.76528764	1.6875
463	c/z	15.16328269	-29.75961791	1.6875
464	c/z	19.63202743	-27.02116791	1.6875
465	c/z	23.61736649	-23.61736649	1.6875
466	c/z	27.02116761	-19.63202743	1.6875
467	c/z	29.75961791	-15.16328269	1.6875
468	c/z	31.76528764	-10.32116761	1.6875
469	c/z	32.98879058	-5.224911132	1.6875
C Location of Specimen in rack				
521	c/z	33.4	0	1.5875
522	c/z	32.98879058	5.224911132	1.5875
523	c/z	31.76528764	10.32116761	1.5875
524	c/z	29.75961791	15.16328269	1.5875
525	c/z	27.02116761	19.63202743	1.5875
526	c/z	23.61736649	23.61736649	1.5875
527	c/z	19.63202743	27.02116791	1.5875
528	c/z	15.16328269	29.75961791	1.5875
529	c/z	10.32116761	31.76528764	1.5875
530	c/z	5.224911132	32.98879058	1.5875
531	c/z	0	33.4	1.5875
C				
540	c/z	-5.224911132	32.98879058	1.5875
541	c/z	-10.32116761	31.76528764	1.5875
542	c/z	-15.16328269	29.75961791	1.5875
543	c/z	-19.63202743	27.02116791	1.5875
544	c/z	-23.61736649	23.61736649	1.5875
545	c/z	-27.02116761	19.63202743	1.5875
546	c/z	-29.75961791	15.16328269	1.5875
547	c/z	-31.76528764	10.32116761	1.5875
548	c/z	-32.98879058	5.224911132	1.5875
C				
550	c/z	-33.4	0	1.5875
551	c/z	-32.98879058	-5.224911132	1.5875
552	c/z	-31.76528764	-10.32116761	1.5875
553	c/z	-29.75961791	-15.16328269	1.5875
554	c/z	-27.02116761	-19.63202743	1.5875
555	c/z	-23.61736649	-23.61736649	1.5875
556	c/z	-19.63202743	-27.02116791	1.5875
557	c/z	-15.16328269	-29.75961791	1.5875
558	c/z	-10.32116761	-31.76528764	1.5875
559	c/z	-5.224911132	-32.98879058	1.5875
560	c/z	0	-33.4	1.5875
C				
561	c/z	5.224911132	-32.98879058	1.5875
562	c/z	10.32116761	-31.76528764	1.5875
563	c/z	15.16328269	-29.75961791	1.5875
564	c/z	19.63202743	-27.02116791	1.5875
565	c/z	23.61736649	-23.61736649	1.5875
566	c/z	27.02116761	-19.63202743	1.5875
567	c/z	29.75961791	-15.16328269	1.5875
568	c/z	31.76528764	-10.32116761	1.5875
569	c/z	32.98879058	-5.224911132	1.5875

```

c Beam Tubes
601      cz 69.12
602      cz 69.76
603      cz 55.48
604      cz 56.1
c   BT# 2
605      1 cx 7.7
606      1 cx 8.41
607      1 cx 9.05
608      1 cx 10.11
609      1 cx 10.95
c   BT# 1
610      2 cx 7.7
611      2 cx 8.41
612      2 cx 9.05
613      2 cx 10.11
614      2 cx 10.95
c   BT# 4
621      3 cx 7.7
622      3 cx 8.41
623      3 cx 10.11
624      3 cx 10.95
c   BT# 3
631      4 cx 7.7
632      4 cx 8.41
633      4 cx 9.05
635      p 1 1.937464506 0 0
636      4 cx 10.11
637      4 cx 10.95
c Thermal Column
640      cy 10.15
641      pz -59.69
642      pz 59.69
643      px -59.69
644      px 59.69
645      pz -60.96
646      pz 60.96
c
647      py 219.08
c
651      px -60.96
652      px 60.96
653      cz 56.04
654      cz 58.58
c
655      p 1 1.191754 0 17.16
656      p -1 1.191754 0 17.16
657      p 1 1.191754 0 15.18
658      p -1 1.191754 0 15.18
c
659      py 64.485
660      py 219.4
661      px 59.37
662      px -59.37
663      pz 59.37
664      pz -59.37
665      py 81
666      py 102
667      py 126
668      py 153
669      py 183
c
901      cy 8.41

```

```

902      cy  9.53
903      cy 10.95
904      py 272.7
905      px -83.82
906      px 83.82
907      px -101.6
908      px 101.6
c  THERMALIZING COLUMN
670      pz 30.48
671      pz 31.75
672      pz -30.48
673      pz -31.75
674      px 30.48
675      px 31.75
676      px -30.48
677      px -31.75
678      py -83.98
679      py -93.98
680      py -130
681      px 30.16
682      px -30.16
683      pz 30.16
684      pz -30.16
685      py -78.9
686      py -160
688      py 0
c  Fuel Spent
690      py -190.82
691      py -469.14
692      px 121.92
693      px -121.92

*tr1  0 0 -7 -40 130 90      j j j j j j $ BT# 2 Concrete Plug in -9.06
*tr2  0 0 -7 27.3 62.7 90    j j j j j j $ BT# 1 Concrete Plug in
*tr3  0 0 -7 -27.3 117.3 90  j j j j j j $ BT# 4 All the way to vessel
*tr4  40 0 -7 50 40 90      j j j j j j $ BT# 3
mode  n
kcode 1000000 1.000000 5 500
ksrc  0.000000 0.000000 0.000000
c      materials
m1     92235.61c      0.00130312 $MAT HEU
      92238.61c      0.00227324 13027.60c      0.0585612 92234.61c 1.43958e-005
c  SAV1
m2     24050.66c 1.349667e-007 $MAT
      24052.66c 2.502758e-006 24053.66c 2.784313e-007 24054.66c 6.802479e-008
      25055.66c 1.470834e-005 26054.66c 5.387021e-010 26056.66c 8.215034e-009
      26057.66c 1.935837e-010 26058.66c 2.421355e-011 27059.66c 1.535659e-008
      28058.66c 1.367276e-007 28060.66c 5.091335e-008 28061.66c 2.177035e-009
      28062.66c 6.828019e-009 28064.66c 1.685464e-009 29063.66c 1.775841e-006
      29065.66c 7.678764e-007 30000.42c 2.817202e-006 72174.66c 1.836293e-011
      72176.66c 5.833951e-010 72177.66c 2.073222e-009 72178.66c 3.024537e-009
      72179.66c 1.501651e-009 72180.66c 3.845831e-009 90232.66c 1.323309e-009
      13027.66c 0.0591015
c  m2     13027.60c 0.0591015 $MAT
c      14000.60c 0.000549973 12000.60c 0.00045143 26054.60c 3.4049e-006
c      26056.60c 5.36243e-005 26057.60c 1.28123e-006 26058.60c 1.93062e-007
c      29063.60c 1.76797e-005 29065.60c 7.90968e-006 5010.60c 3.57247e-008
c      5011.60c 1.44735e-007
m3     1001.60c 0.066754 $MAT H2O
      8016.60c 0.033377
m4     13027.60c 0.0177305 $MAT 70% H2O
      14000.60c 0.000164992 12000.60c 0.000135429 26054.60c 1.02147e-006
      26056.60c 1.60873e-005 26057.60c 3.84369e-007 26058.60c 5.79186e-008

```

	29063.60c	5.30391e-006	29065.60c	2.3729e-006	5010.60c	1.07174e-008
	5011.60c	4.34205e-008	1001.60c	0.0467278	8016.60c	0.0233639
m5	13027.60c	0.0264775	\$MAT 55.2% H2O			
	14000.60c	0.000246388	12000.60c	0.000202241	26054.60c	1.5254e-006
	26056.60c	2.40237e-005	26057.60c	5.73991e-007	26058.60c	8.64918e-008
	29063.60c	7.92051e-006	29065.60c	3.54354e-006	5010.60c	1.60047e-008
	5011.60c	6.48413e-008	1001.60c	0.0368482	8016.60c	0.0184241
m6	13027.60c	0.0236406	\$MAT 60% H2O			
	14000.60c	0.000219989	12000.60c	0.000180572	26054.60c	1.36196e-006
	26056.60c	2.14497e-005	26057.60c	5.12492e-007	26058.60c	7.72248e-008
	29063.60c	7.0718e-006	29065.60c	3.16387e-006	5010.60c	1.42899e-008
	5011.60c	5.7894e-008	1001.60c	0.0400524	8016.60c	0.0200262
m7	13027.60c	0.00591015	\$MAT 90% H2O			
	14000.60c	5.49973e-005	12000.60c	4.5143e-005	26054.60c	3.4049e-007
	26056.60c	5.36243e-006	26057.60c	1.28123e-007	26058.60c	1.93062e-008
	29063.60c	1.76797e-006	29065.60c	7.90968e-007	5010.60c	3.57247e-009
	5011.60c	1.44735e-008	1001.60c	0.0600786	8016.60c	0.0300393
m8	7014.60c	1.93222e-005	\$MAT Air			
	8016.60c	5.13627e-006				
c Concrete 2.3	7.602323e-2					
m9	1001.66c	0.009618972	\$MAT			
	1002.66c	7.220858e-007	6000.66c	0.009110191	8016.66c	0.04124694
	8017.66c	1.517243e-005	12000.66c	0.0001139762	13027.66c	0.0002566754
	14028.66c	0.003333312	14029.66c	0.0001629577	14030.66c	0.0001045741
	16000.66c	8.639487e-005	19000.66c	3.542678e-005	20000.66c	0.01161218
	21045.66c	1.75618e-007	24050.66c	6.2055e-008	24052.66c	1.150718e-006
	24053.66c	1.280172e-007	24054.66c	3.127644e-008	26054.66c	1.915323e-005
	26056.66c	0.0002920806	26057.66c	6.882753e-006	26058.66c	8.608982e-007
	27059.66c	5.40566e-008	30000.42c	1.438126e-006	37085.66c	1.883552e-006
	37087.66c	7.097844e-007	55133.66c	5.836146e-008	56138.66c	9.139902e-008
	63151.66c	1.842518e-009	63153.66c	1.985788e-009	71175.66c	1.619618e-008
	71176.66c	4.281824e-010	72174.66c	3.483053e-011	72176.66c	1.106575e-009
	72177.66c	3.932455e-009	72178.66c	5.736896e-009	72179.66c	2.848309e-009
	72180.66c	7.294714e-009	73181.66c	2.449498e-009	74182.66c	1.79745e-007
	74183.66c	9.653067e-008	74184.66c	2.055632e-007	74186.66c	1.886814e-007
	90232.66c	2.328018e-007	92234.66c	2.012185e-012	92235.66c	1.442591e-010
	92238.66c	1.96385e-008				
c Concrete 3.2	1.057715e-01					
c m9	1001.66c	1.338292e-02	1002.66c	1.004641e-06	6000.66c	1.267505e-02
c	8016.66c	5.738705e-02	8017.66c	2.110947e-05	12000.66c	1.585756e-04
c	13027.66c	3.571136e-04	14028.66c	4.637652e-03	14029.66c	2.267237e-04
c	14030.66c	1.454944e-04	16000.66c	1.202016e-04	19000.66c	4.928944e-05
c	20000.66c	1.615608e-02	21045.66c	2.443381e-07	24050.66c	8.633739e-08
c	24052.66c	1.600999e-06	24053.66c	1.781108e-07	24054.66c	4.351505e-08
c	26054.66c	2.664797e-05	26056.66c	4.063730e-04	26057.66c	9.576004e-06
c	26058.66c	1.197771e-06	27059.66c	7.520918e-08	30000.42c	2.000872e-06
c	37085.66c	2.620594e-06	37087.66c	9.875261e-07	55133.66c	8.119856e-08
c	56138.66c	1.271639e-07	63151.66c	2.563503e-09	63153.66c	2.762836e-09
c	71175.66c	2.253382e-08	71176.66c	5.957320E-10	72174.66c	4.845987E-11
c	72176.66c	1.539582e-09	72177.66c	5.471242e-09	72178.66c	7.981768e-09
c	72179.66c	3.962865e-09	72180.66c	1.014917e-08	73181.66c	3.407997e-09
c	74182.66c	2.500799e-07	74183.66c	1.343035e-07	74184.66c	2.860010e-07
c	74186.66c	2.625133e-07	90232.66c	3.238981e-07	92234.66c	2.799562E-12
c	92235.66c	2.007083E-10	92238.66c	2.732313e-08		
m10	5010.60c	0.014748	\$MAT B4C			
	5011.60c	0.059364	6000.60c	0.018528		
m11	26054.60c	0.00347384	\$MAT Stainless Steel of CRs - ND=8.540280e-2			
	26056.60c	0.05471	26057.60c	0.00130717	26058.60c	0.00019697
	28058.60c	0.00546539	28060.60c	0.00211317	28061.60c	9.587e-005
	28062.60c	0.000294861	28064.60c	8.7008e-005	24050.60c	0.000705444
	24052.60c	0.0137095	24053.60c	0.00156311	24054.60c	0.000389549
	25055.60c	0.0012909				
m12	4009.60c	0.11896	\$MAT Be			

	13027.60c	1.6251e-005	26054.60c	1.1384e-006	26056.60c	1.80028e-005
	26057.60c	4.3182e-007	14000.60c	7.8049e-005	8016.60c	0.0012336
	12000.60c	2.2746e-006	25055.60c	3.9905e-006	29063.60c	1.79053e-006
	29065.60c	7.9807e-007	28058.60c	1.2751e-006	28060.60c	4.875e-007
	28061.60c	2.111e-008	28062.60c	6.705e-008	28064.60c	1.7e-008
	24050.60c	2.7515e-007	24052.60c	5.30069e-006	24053.60c	6.0091e-007
	24054.60c	1.4928e-007	1001.60c	0.0016315		
c Gr						
m13	21045.66c	7.249828e-010	\$MAT			
	24050.66c	1.469215e-009	24052.66c	2.724441e-008	24053.66c	3.030935e-009
	24054.66c	7.405013e-010	26054.66c	5.522351e-008	26056.66c	8.421409e-007
	26057.66c	1.984468e-008	26058.66c	2.482183e-009	27059.66c	7.373831e-010
	50000.42c	1.28124e-007	6012.42c	0.08139269	6013.42c	0.0008354253
m14	26000.55c	-3.617	\$MAT Concrete of BTs Den=-4.521			
	8016.60c	-0.585	20000.50c	-0.184	22000.50c	-0.001
	14000.60c	-0.083	13027.60c	-0.036	25055.60c	-0.003
	1001.60c	-0.012				
m15	5010.60c	0.00074984	\$MAT			
	5011.60c	0.0030182	13027.60c	0.0584	12000.60c	0.001953
	14000.60c	3.474e-005	26054.60c	1.703e-006	26056.60c	2.671e-005
	26057.60c	6.171e-007	26058.60c	8.151e-008		
m16	82206.60c	0.007953	\$MAT Pb			
	82207.60c	0.007293	82208.60c	0.017292		
C						
C	SAME ORDER AS ISOTXS					
C						
C						
m28	2003.66c	1	\$MAT			
m29	3006.66c	1	\$MAT			
m30	4009.66c	1	\$MAT			
m31	6012.50c	1	\$ C12			
m32	6013.42c	1	\$ C13			
m33	19039.30y	1	\$ K19			
m34	20040.30y	1	\$ Ca40			
m35	20042.30y	1	\$ Ca42			
m36	20044.30y	1	\$ Ca44			
m37	25054.30y	1	\$MAT			
m38	26054.66c	1	\$ Fe54			
m39	26058.66c	1	\$ Co59			
m40	27059.66c	1	\$ Co59			
m41	27060.30y	1	\$ Co59			
m42	50118.30y	1	\$ Sn118			
m43	50119.30y	1	\$ Sn118			
m44	50120.30y	1	\$ Sn120			
m45	50124.30y	1	\$ Sn124			
m46	55133.66c	1	\$ Cs133			
m47	55134.60c	1	\$ Cs133			
m48	60150.30y	1	\$ Nd150			
m49	61147.62c	1	\$ Nd150			
m50	62150.50c	1	\$ Sm150			
m51	62151.50c	1	\$ Sm150			
m52	62154.30y	1	\$ Sm154			
m53	63151.66c	1	\$ Eu151			
m54	63152.66c	1	\$ Eu151			
m55	63153.66c	1	\$ Eu153			
m56	63154.66c	1	\$ Eu153			
m57	63155.66c	1	\$ Eu153			
C						
m60	28058.66c	1	\$ Eu153			
m61	28059.30y	1	\$ Eu153			
m62	28060.66c	1	\$ Eu153			
m63	28062.66c	1	\$ Eu153			
m64	28063.30y	1	\$ Eu153			

```

m65    29063.66c          1  $ Eu153
m66    30064.30y          1  $ Eu153
c
imp:n          1 393r      0  $ 1, 99999
dbcn      7j   32876
prdmpr    500 5 1 2 1000000
c
f4:n      710 711 712 713 714 715 720 721 722 723 724 725
          730 731 732 733 734 735 740 741 742 743 744 745
          750 751 752 753 754 755 760 761 762 763 764 765
          770 771 772 773 774 775 780 781 782 783 784 785
          786 787 788
fs4       151 17i 169
sd4       1.0 1019r
c fc4     Reaction rate
f14:n     710 711 712 713 714 715 720 721 722 723 724 725
          730 731 732 733 734 735 740 741 742 743 744 745
          750 751 752 753 754 755 760 761 762 763 764 765
          770 771 772 773 774 775 780 781 782 783 784 785
          786 787 788
fs14     151 17i 169
fm14     (1 28 102) (1 28 16) (1 28 107) (1 28 103)
          (1 29 102) (1 29 16) (1 29 105) (1 29 103)
          (1 30 102) (1 30 16) (1 30 107) (1 30 103)
          (1 31 102) (1 31 16) (1 31 107) (1 31 103)
          (1 32 102) (1 32 16) (1 32 107) (1 32 103)
          (1 33 102) (1 33 16) (1 33 107) (1 33 103)
          (1 34 102) (1 34 16) (1 34 107) (1 34 103)
          (1 35 102) (1 35 16) (1 35 107) (1 35 103)
          (1 36 102) (1 36 16) (1 36 107) (1 36 103)
          (1 37 102) (1 37 16) (1 37 107) (1 37 103)
          (1 38 102) (1 38 16) (1 38 107) (1 38 103)
          (1 39 102) (1 39 16) (1 39 107) (1 39 103)
          (1 40 102) (1 40 16) (1 40 107) (1 40 103)
          (1 41 102) (1 41 16) (1 41 107) (1 41 103)
          (1 42 102) (1 42 16) (1 42 107) (1 42 103)
          (1 43 102) (1 43 16) (1 43 107) (1 43 103)
          (1 44 102) (1 44 16) (1 44 107) (1 44 103)
          (1 45 102) (1 45 16) (1 45 107) (1 45 103)
          (1 46 102) (1 46 16) (1 46 107) (1 46 103)
          (1 47 102) (1 47 16) (1 47 107) (1 47 103)
          (1 48 102) (1 48 16) (1 48 107) (1 48 103)
          (1 49 102) (1 49 16) (1 49 107) (1 49 103)
          (1 50 102) (1 40 16) (1 50 107) (1 50 103)
          (1 51 102) (1 51 16) (1 51 107) (1 51 103)
          (1 52 102) (1 52 16) (1 52 107) (1 52 103)
          (1 53 102) (1 53 16) (1 53 107) (1 53 103)
          (1 54 102) (1 54 16) (1 54 107) (1 54 103)
          (1 55 102) (1 55 16) (1 55 107) (1 55 103)
          (1 56 102) (1 56 16) (1 56 107) (1 56 103)
          (1 57 102) (1 57 16) (1 57 107) (1 57 103)
sd14     1.0 1019r
c
f24:n     997 998 999
fs24     180 181 182
sd24     1.0 11r
c fc34    Reaction rate
f34:n     997 998 999
fs34     180 181 182
fm34     (1 28 102) (1 28 16) (1 28 107) (1 28 103)
          (1 29 102) (1 29 16) (1 29 105) (1 29 103)
          (1 30 102) (1 30 16) (1 30 107) (1 30 103)
          (1 31 102) (1 31 16) (1 31 107) (1 31 103)

```

```

(1 32 102) (1 32 16) (1 32 107) (1 32 103)
(1 33 102) (1 33 16) (1 33 107) (1 33 103)
(1 34 102) (1 34 16) (1 34 107) (1 34 103)
(1 35 102) (1 35 16) (1 35 107) (1 35 103)
(1 36 102) (1 36 16) (1 36 107) (1 36 103)
(1 37 102) (1 37 16) (1 37 107) (1 37 103)
(1 38 102) (1 38 16) (1 38 107) (1 38 103)
(1 39 102) (1 39 16) (1 39 107) (1 39 103)
(1 40 102) (1 40 16) (1 40 107) (1 40 103)
(1 41 102) (1 41 16) (1 41 107) (1 41 103)
(1 42 102) (1 42 16) (1 42 107) (1 42 103)
(1 43 102) (1 43 16) (1 43 107) (1 43 103)
(1 44 102) (1 44 16) (1 44 107) (1 44 103)
(1 45 102) (1 45 16) (1 45 107) (1 45 103)
(1 46 102) (1 46 16) (1 46 107) (1 46 103)
(1 47 102) (1 47 16) (1 47 107) (1 47 103)
(1 48 102) (1 48 16) (1 48 107) (1 48 103)
(1 49 102) (1 49 16) (1 49 107) (1 49 103)
(1 50 102) (1 40 16) (1 50 107) (1 50 103)
(1 51 102) (1 51 16) (1 51 107) (1 51 103)
(1 52 102) (1 52 16) (1 52 107) (1 52 103)
(1 53 102) (1 53 16) (1 53 107) (1 53 103)
(1 54 102) (1 54 16) (1 54 107) (1 54 103)
(1 55 102) (1 55 16) (1 55 107) (1 55 103)
(1 56 102) (1 56 16) (1 56 107) (1 56 103)
(1 57 102) (1 57 16) (1 57 107) (1 57 103)
sd34 1.0 11r
c
f44:n 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127
      639 641 642 643 644 645 646 670 671 675 676
fs44 159 160 161 162 163
sd44 1.0 113r
c
f54:n 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127
      639 641 642 643 644 645 646 670 671 675 676
fs54 159 160 161 162 163
fm54 (1 28 102) (1 28 16) (1 28 107) (1 28 103)
      (1 29 102) (1 29 16) (1 29 105) (1 29 103)
      (1 30 102) (1 30 16) (1 30 107) (1 30 103)
      (1 31 102) (1 31 16) (1 31 107) (1 31 103)
      (1 32 102) (1 32 16) (1 32 107) (1 32 103)
      (1 39 102) (1 39 16) (1 39 107) (1 39 103)
      (1 40 102) (1 40 16) (1 40 107) (1 40 103)
      (1 41 102) (1 41 16) (1 41 107) (1 41 103)
      (1 42 102) (1 42 16) (1 42 107) (1 42 103)
      (1 43 102) (1 43 16) (1 43 107) (1 43 103)
      (1 44 102) (1 44 16) (1 44 107) (1 44 103)
      (1 45 102) (1 45 16) (1 45 107) (1 45 103)
sd54 1.0 113r
c
f64:n 102 105 112 115 152 155
      1101 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117
      1131 601 603 612 614 622 624 632 640 673 679
sd64 1.0 25r
c
f74:n 102 105 112 115 152 155
      1101 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117
      1131 601 603 612 614 622 624 632 640 673 679
fm74 (1 38 102) (1 38 16) (1 38 107) (1 38 103)
      (1 40 102) (1 40 16) (1 40 107) (1 40 103)
      (1 41 102) (1 41 16) (1 41 107) (1 41 103)
      (1 60 102) (1 60 16) (1 60 107) (1 60 103)
      (1 61 102) (1 61 16) (1 61 107) (1 61 103)

```

```

(1 62 102) (1 62 16) (1 62 107) (1 62 103)
(1 63 102) (1 63 16) (1 63 107) (1 63 103)
(1 64 102) (1 64 16) (1 64 107) (1 64 103)
(1 65 102) (1 65 16) (1 65 107) (1 65 103)
(1 66 102) (1 66 16) (1 66 107) (1 66 103)
sd74 1.0 25r
c
fq0 e f
mt3 lwtr.01t
mt4 lwtr.01t $ 8.814785e-02
mt5 lwtr.01t $ 8.223617e-02
mt6 lwtr.01t $ 8.415347e-02
mt7 lwtr.01t $ 9.613662e-02
mt12 be.01t
mt13 grph.01t
mt14 lwtr.01t
print

```

II. Input file ORIGEN2-Graphite

```

-1
-1
-1
RDA * BURNUP OF WWR 19.75 % FUEL
CUT 5 1.0E-10 7 1.0E-10 9 1.0E-10 -1
LIP 0 0 0
LPU 20030 30060 40090 60120 60130 260580 270590 270600 501180
501190 501200 501240 -1
RDA DECAY LIB XSECT LIB VAR. XSECT
LIB 0 1 2 3 -204 205 206 9 3 0 1 1
RDA PHOTON LIB
PHO 101 102 103 10
TIT INITIAL COMP. OF UNIT AMOUNTS OF FUEL AND STRUCTURAL MAT'LS
RDA READ FUEL COMPOSITION INCLUDING IMPURITIES (1000 KG)
INP -1 1 -1 -1 1 1
TIT IRRADIATION OF ONE METRIC TON OF PWR FUEL
MOV -1 1 0 1.0
PCH 1 1 1
HED 1 CHARGE
BUP
IRF 50.00 3.87639E+12 1 2 4 2
DEC 365.00 2 1 4 0
IRF 415.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 730.00 2 1 4 0
IRF 780.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 1095.00 2 1 4 0
IRF 1145.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 1460.00 2 1 4 0
IRF 1510.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 1825.00 2 1 4 0
IRF 1875.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 2190.00 2 1 4 0
IRF 2240.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 2555.00 2 1 4 0
IRF 2605.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 2920.00 2 1 4 0
IRF 2970.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 3285.00 2 1 4 0
IRF 3335.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 3650.00 2 1 4 0
IRF 3700.00 3.87639E+12 1 2 4 0
DEC 4015.00 2 1 4 0

```

IRF	4065.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	4380.00		2	1	4	0
IRF	4430.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	4745.00		2	1	4	0
IRF	4795.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	5110.00		2	1	4	0
IRF	5160.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	5475.00		2	1	4	0
IRF	5525.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	5840.00		2	1	4	0
IRF	5890.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	6205.00		2	1	4	0
IRF	6255.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	6570.00		2	1	4	0
IRF	6620.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	6935.00		2	1	4	0
IRF	6985.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	7300.00		2	1	4	0
IRF	7350.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	7665.00		2	1	4	0
IRF	7715.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	8030.00		2	1	4	0
IRF	8080.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	8395.00		2	1	4	0
IRF	8445.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	8760.00		2	1	4	0
IRF	8810.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	9125.00		2	1	4	0
IRF	9175.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	9490.00		2	1	4	0
IRF	9540.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	9855.00		2	1	4	0
IRF	9905.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	10220.00		2	1	4	0
IRF	10270.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	10585.00		2	1	4	0
IRF	10635.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	10950.00		2	1	4	0
IRF	11000.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	11315.00		2	1	4	0
IRF	11365.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	11680.00		2	1	4	0
IRF	11730.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	12045.00		2	1	4	0
IRF	12095.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	12410.00		2	1	4	0
IRF	12460.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	12775.00		2	1	4	0
IRF	12825.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	13140.00		2	1	4	0
IRF	13190.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	13505.00		2	1	4	0
IRF	13555.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	13870.00		2	1	4	0
IRF	13920.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	14235.00		2	1	4	0
IRF	14285.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	14600.00		2	1	4	0
IRF	14650.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	14965.00		2	1	4	0
IRF	15015.00	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15330.00		2	1	4	0
IRF	15380.00	3.87639E+12	1	2	4	0

DEC	15695.00		2	1	4	0
IRF	15699.17	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15725.42		2	1	4	0
IRF	15729.59	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15755.84		2	1	4	0
IRF	15760.01	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15786.26		2	1	4	0
IRF	15790.43	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15816.68		2	1	4	0
IRF	15820.85	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15847.10		2	1	4	0
IRF	15851.27	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15877.52		2	1	4	0
IRF	15881.69	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15907.94		2	1	4	0
IRF	15912.11	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15938.36		2	1	4	0
IRF	15942.53	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15968.78		2	1	4	0
IRF	15972.95	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	15999.20		2	1	4	0
IRF	16003.37	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16029.62		2	1	4	0
IRF	16033.79	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16060.04		2	1	4	0
IRF	16064.21	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16090.46		2	1	4	0
IRF	16094.63	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16120.88		2	1	4	0
IRF	16125.05	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16151.30		2	1	4	0
IRF	16155.47	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16181.72		2	1	4	0
IRF	16185.89	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16212.14		2	1	4	0
IRF	16216.31	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16242.56		2	1	4	0
IRF	16246.73	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16272.98		2	1	4	0
IRF	16277.15	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16303.40		2	1	4	0
IRF	16307.57	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16333.82		2	1	4	0
IRF	16337.99	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16364.24		2	1	4	0
IRF	16368.41	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16394.66		2	1	4	0
IRF	16398.83	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16425.08		2	1	4	0
IRF	16429.25	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16455.50		2	1	4	0
IRF	16459.67	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16485.92		2	1	4	0
IRF	16490.09	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16516.34		2	1	4	0
IRF	16520.51	3.87639E+12	1	2	4	0
DEC	16546.76		2	1	4	0
IRF	16550.93	3.87639E+12	1	2	4	0

BUP

MOV 2 -10 0 1.0

PCH -10 -10 -10

RDA ***** OUTPUT MODULE *****

TIT VVR FUEL - STANDARD BURNUP

```

BAS      1 MTIHM 19.75% ;BURNUP=40%
HED      -10      FUEL DIS
HED      -1       FUEL CHG
MOV      -1       1      0      1.0
MOV      -10      2      0      1.0
RDA      ***** DECAY MODULE *****
DEC      1.0      2      3      5      2
DEC      2.0      3      4      5      0
DEC      3.0      4      5      5      0
DEC      5.0      5      6      5      0
DEC      7.0      6      7      5      0
DEC      10.0     7      8      5      0
OPTL     4*8      7      8      7      8      7      8      8*8      5*7      8
OPTA     4*8      7      8      7      8      7      8      8*8      5*7      8
OPTF     4*8      7      8      7      8      7      8      8*8      5*7      8
OUT      8        1      -1      0
END
1 210450 .000003 240500 .000007 240520 .000143 240530 .000016
1 240540 .000004 260540 .000302 260560 .004769 260570 .000114
1 260580 0.146   270590 0.044   501120 0.149   501140 0.102
1 501150 0.052   501160 2.239   501170 1.183   501180 3.730
1 501190 1.323   501200 5.017   501220 0.713   501240 0.892
1 581360 .000463 581380 .00628   581400 0.221   581420 0.028
1 681510 0.016   681530 0.017   60120 988931. 60130 10999.
1 0      0.0
0

```

III. Input file ORIGEN2-Aluminum

```

-1
-1
-1
RDA *   BURNUP OF WWR 19.75 % FUEL
CUT     5 1.0E-10 7 1.0E-10 9 1.0E-10 -1
LIP     0 0 0
LPU     260540 270590 270600
        280580 280590 280600 280620 280630 290630 300640 -1
RDA     DECAF LIB      XSECT LIB      VAR. XSECT
LIB     0      1 2 3      -204 205 206      9      3      0      1      1
RDA     PHOTON LIB
PHO     101 102 103 10
TIT     INITIAL COMP. OF UNIT AMOUNTS OF FUEL AND STRUCTURAL MAT LS
RDA     READ FUEL COMPOSITION INCLUDING IMPURITIES (1000 KG)
INP     -1 1 -1 -1 1 1
TIT     IRRADIATION OF ONE METRIC TON OF PWR FUEL
MOV     -1 1 0 1.0
PCH     1 1 1
HED     1
CHARGE
BUP
IRF     50.00 2.27000E+10      1      2      4      2
DEC     365.00      2      1      4      0
IRF     415.00 2.27000E+10      1      2      4      0
DEC     730.00      2      1      4      0
IRF     780.00 2.27000E+10      1      2      4      0
DEC     1095.00      2      1      4      0
IRF     1145.00 2.27000E+10      1      2      4      0
DEC     1460.00      2      1      4      0
IRF     1510.00 2.27000E+10      1      2      4      0
DEC     1825.00      2      1      4      0
IRF     1875.00 2.27000E+10      1      2      4      0
DEC     2190.00      2      1      4      0
IRF     2240.00 2.27000E+10      1      2      4      0

```

DEC	2555.00		2	1	4	0
IRF	2605.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	2920.00		2	1	4	0
IRF	2970.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	3285.00		2	1	4	0
IRF	3335.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	3650.00		2	1	4	0
IRF	3700.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	4015.00		2	1	4	0
IRF	4065.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	4380.00		2	1	4	0
IRF	4430.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	4745.00		2	1	4	0
IRF	4795.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	5110.00		2	1	4	0
IRF	5160.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	5475.00		2	1	4	0
IRF	5525.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	5840.00		2	1	4	0
IRF	5890.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	6205.00		2	1	4	0
IRF	6255.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	6570.00		2	1	4	0
IRF	6620.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	6935.00		2	1	4	0
IRF	6985.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	7300.00		2	1	4	0
IRF	7350.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	7665.00		2	1	4	0
IRF	7715.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	8030.00		2	1	4	0
IRF	8080.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	8395.00		2	1	4	0
IRF	8445.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	8760.00		2	1	4	0
IRF	8810.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	9125.00		2	1	4	0
IRF	9175.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	9490.00		2	1	4	0
IRF	9540.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	9855.00		2	1	4	0
IRF	9905.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	10220.00		2	1	4	0
IRF	10270.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	10585.00		2	1	4	0
IRF	10635.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	10950.00		2	1	4	0
IRF	11000.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	11315.00		2	1	4	0
IRF	11365.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	11680.00		2	1	4	0
IRF	11730.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	12045.00		2	1	4	0
IRF	12095.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	12410.00		2	1	4	0
IRF	12460.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	12775.00		2	1	4	0
IRF	12825.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	13140.00		2	1	4	0
IRF	13190.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	13505.00		2	1	4	0
IRF	13555.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	13870.00		2	1	4	0

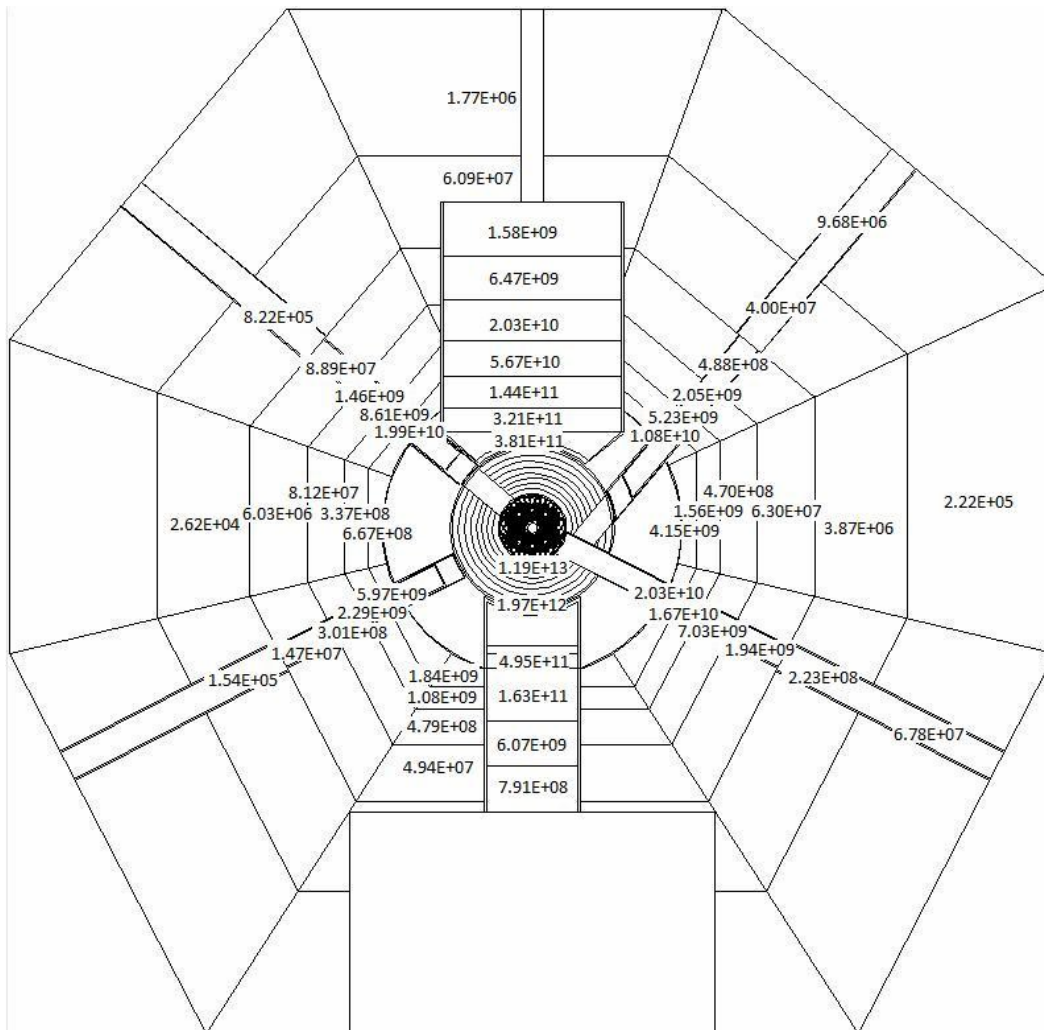
IRF	13920.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	14235.00		2	1	4	0
IRF	14285.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	14600.00		2	1	4	0
IRF	14650.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	14965.00		2	1	4	0
IRF	15015.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15330.00		2	1	4	0
IRF	15380.00	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15695.00		2	1	4	0
IRF	15699.17	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15725.42		2	1	4	0
IRF	15729.59	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15755.84		2	1	4	0
IRF	15760.01	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15786.26		2	1	4	0
IRF	15790.43	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15816.68		2	1	4	0
IRF	15820.85	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15847.10		2	1	4	0
IRF	15851.27	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15877.52		2	1	4	0
IRF	15881.69	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15907.94		2	1	4	0
IRF	15912.11	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15938.36		2	1	4	0
IRF	15942.53	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15968.78		2	1	4	0
IRF	15972.95	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	15999.20		2	1	4	0
IRF	16003.37	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16029.62		2	1	4	0
IRF	16033.79	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16060.04		2	1	4	0
IRF	16064.21	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16090.46		2	1	4	0
IRF	16094.63	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16120.88		2	1	4	0
IRF	16125.05	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16151.30		2	1	4	0
IRF	16155.47	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16181.72		2	1	4	0
IRF	16185.89	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16212.14		2	1	4	0
IRF	16216.31	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16242.56		2	1	4	0
IRF	16246.73	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16272.98		2	1	4	0
IRF	16277.15	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16303.40		2	1	4	0
IRF	16307.57	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16333.82		2	1	4	0
IRF	16337.99	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16364.24		2	1	4	0
IRF	16368.41	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16394.66		2	1	4	0
IRF	16398.83	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16425.08		2	1	4	0
IRF	16429.25	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16455.50		2	1	4	0
IRF	16459.67	2.27000E+10	1	2	4	0
DEC	16485.92		2	1	4	0
IRF	16490.09	2.27000E+10	1	2	4	0

```

DEC 16516.34      2  1  4  0
IRF 16520.51  2.27000E+10  1  2  4  0
DEC 16546.76      2  1  4  0
IRF 16550.93  2.27000E+10  1  2  4  0
  BUP
  MOV      2  -10   0  1.0
  PCH     -10  -10  -10
  RDA     ***** OUTPUT MODULE *****
  TIT     VVR FUEL - STANDARD BURNUP
  BAS      1 MTIHM 19.75% ;BURNUP=40%
  HED     -10   FUEL DIS
  HED     -1    FUEL CHG
  MOV     -1    1    0  1.0
  MOV     -10   2    0  1.0
  RDA     ***** DECAY MODULE *****
  DEC     1.0   2   3   5   2
  DEC     2.0   3   4   5   0
  DEC     3.0   4   5   5   0
  DEC     5.0   5   6   5   0
  DEC     7.0   6   7   5   0
  DEC    10.0   7   8   5   0
  OPTL     4*8   7   8   7   8   7   8   8*8   5*7   8
  OPTA     4*8   7   8   7   8   7   8   8*8   5*7   8
  OPTF     4*8   7   8   7   8   7   8   8*8   5*7   8
  OUT       8   1   -1   0
  END
1 120240 7425.06 120250 940.000 120260 1034.94 140280 5994.95
1 140290 303.550 140300 201.500 210450 0.130 220460 32.000
1 220470 29.200 220480 295.200 220490 22.000 220500 21.600
1 240500 154.074 240520 2971.16 240530 336.905 240540 83.863
1 250550 1200.00 260540 0.048 260560 0.761 260570 0.018
1 260580 0.002 270590 3.680 280580 36.149 280600 13.924
1 280610 0.605 280620 1.930 280640 0.492 290630 1728.75
1 290650 771.250 300640 1183.41 300660 679.365 300670 99.835
1 300680 457.780 300700 14.610 721740 0.004 721760 0.136
1 721770 0.486 721780 0.712 721790 0.356 721800 0.916
1 130270 973958.
2 902320 0.350 0 0.0
0

```

PHỤ LỤC C **PHÂN BỐ THÔNG LƯỢNG NEUTRON NHIỆT Ở CÔNG SUẤT DANH** **ĐỊNH TÍNH BẰNG CHƯƠNG TRÌNH MCNP**



Hình B1. Phân bố thông lượng neutron mặt cắt ngang tại vị trí thông lượng cao nhất

