



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Progetto preliminare del laboratorio di caratterizzazione radiologica
mediante tecniche di analisi distruttive

M. Ferrando



PROGETTO PRELIMINARE DEL LABORATORIO DI CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA
MEDIANTE TECNICHE DI ANALISI DISTRUTTIVE

M. Ferrando ENEA

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Nuovo Nucleare da Fissione

Responsabile Tema: Stefano Monti, ENEA

Titolo

**Progetto Preliminare del Laboratorio di
Caratterizzazione Radiologica mediante Tecniche
di Analisi Distruttive**

Descrittori

Tipologia del documento: **Rapporto Tecnico**
 Collocazione contrattuale: **Accordo di Programma ENEA-MSE**
 Argomenti trattati: **Caratterizzazione dei rifiuti radioattivi**

Sommario

La progettazione di un Laboratorio Radiochimico di caratterizzazione dei rifiuti radioattivi sul suolo italiano, di categoria A secondo il DLgs 230/95 e s.m.i., capace di poter svolgere ricerca a livello nazionale ed internazionale e di lavorare in stretta sinergia con una rete di laboratori simili, rappresenta un compito impegnativo per chi è preposto alla realizzazione.

Sfruttando le esperienze accumulate in anni di lavoro dalle competenze presenti nella struttura FPN RAD di ENEA, viene proposto uno schema generico di laboratorio da allestire sul suolo nazionale tenendo conto delle caratteristiche geomorfologiche del suolo e del contesto socio-economico su cui il laboratorio insiste.

Note

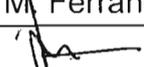
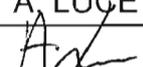
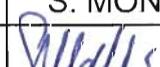
Lavoro svolto in esecuzione della linea progettuale LP4 Task B dell'AdP ENEA-MSE

Tema di ricerca: "Nuovo nucleare da fissione"

Tema: B.1. "Progetto preliminare del laboratorio di caratterizzazione radiologica mediante tecniche di analisi distruttive"

Copia n.

In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	29.3.2010	NOME	M. Ferrando	A. LUCE	S. MONTI
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

Sommario

PREMESSA	4
1. GENERALITA' SUL LABORATORIO	4
2. DESCRIZIONE DEL SITO CIRCOSTANTE IL LABORATORIO	5
2.1. Descrizione del sito.....	5
2.2. Caratteristiche generali del sito.....	5
3. DESCRIZIONE DEL LABORATORIO	6
3.1. Descrizione dell'edificio	6
3.2. Descrizione generale del Laboratorio	6
3.3. Descrizione dei locali.....	7
4. CRITERI GENERALI DI PROGETTO	10
4.1. Generalità.....	10
4.2. Obiettivi di Sicurezza.....	11
4.2.1. Limiti di Dose	11
4.2.2. Analisi di Sicurezza	12
4.2.3. Funzioni di Sicurezza.....	12
4.2.4. Criteri generali d'affidabilità	12
4.2.5. Livelli di qualità.....	13
4.2.6. Classificazione sismica	13
4.3. Criteri Generali Di Protezione Radiologica.....	13
5. CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DETENUTO E/O MANIPOLATO	14
5.1. Materiale in forma sigillata.....	15
5.2. Materiale in forma non sigillata.....	15
6. DESCRIZIONE DI IMPIANTI E SISTEMI RILEVANTI	21
6.1. Sistema di Rivelazione ed Estinzione Incendi.....	21
6.2. Sistema di Contenimento Statico	21
6.3. Sistema di Contenimento Dinamico: Ventilazione e Condizionamento.....	21
6.4. Sistema Elettrico e Strumentale	22
6.5. Sistema di Monitoraggio Radiometrico	22
6.6. Sistema di Controllo degli Accessi.....	23
6.7. Sistema di Controllo e/o Allarme.....	24
6.8. Altri Sistemi	24
7. GESTIONE, RACCOLTA, DEPOSITO E/O TRATTAMENTO, ALLONTANA- MENTO, DEI RIFIUTI RADIOATTIVI	25
7.1. Modalità di raccolta ed allontanamento dei rifiuti liquidi.....	25
7.2. Modalità di raccolta ed allontanamento dei rifiuti solidi	26
7.3. Modalità di scarico degli effluenti gassosi.....	27
8. DESCRIZIONE DELLE MANIPOLAZIONI CHE SI PREVEDE DI COMPIERE SUL MATERIALE RADIOATTIVO	27

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	3 41

8.1 Caratterizzazione di materiali contenenti radioisotopi.....	27
8.2 Attività di R &S in campo nucleare	28
9. ANALISI DI SICUREZZA	28
9.1. Generalità.....	28
9.2. Valutazioni di Dose ai Lavoratori e alla Popolazione in Condizioni Normali	29
9.3. Analisi Incidentale e Valutazioni di Dose ai Lavoratori e alla Popolazione in Condizioni Incidentali.....	29
10. ORGANIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL PERSONALE	29
11. BUDGET NECESSARIO E TEMPISTICA PREVISTA	31
12. ITER AUTORIZZATIVO.....	31
13. RINGRAZIAMENTI.....	32
14. LEGENDA.....	32

Figure e Tabelle

Figura 1:	Lay out del Laboratorio di Radiochimica
Figura 2:	Sezione A - A del Laboratorio
Figura 3:	Prospetto Vista B - B
Figura 4:	Sezione B - B del Laboratorio
Figura 5:	Progetto preliminare del Laboratorio di caratterizzazione radiologica mediante tecniche distruttive – Vista d’insieme
Figura 6:	Scatola a Guanti con impianto di estrazione controcorrente di attinidi da lantanidi tramite “estrattori centrifughi”
Figura 7:	Scatola a Guanti dedicata al ICP Plasma
Figura 8:	Sala Hall Celle con telemanipolatori in evidenza
Figura 9:	Sala Conteggi con sullo sfondo catena di spettrometria gamma e pozzetti di conteggio

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	4 41

PREMESSA

La conoscenza delle caratteristiche chimico fisiche, del grado di pericolosità radiologica e di impatto ambientale, in generale delle proprietà associate ai rifiuti nucleari derivanti dalle operazioni che questi hanno sostenuto durante il loro utilizzo, è propedeutico per una corretta progettazione di un sito di smaltimento, ancorchè temporaneo, finalizzato al loro contenimento per periodi medi - lunghi.

La Caratterizzazione dei Rifiuti Radioattivi è un passaggio fondamentale nella gestione dei rifiuti stessi: i dati provenienti da questa fase costituiscono una "carta d'identità" del rifiuto che seguirà lo stesso nell'immagazzinamento, provvisorio o definitivo, nel sito di stoccaggio dedicato. Questa tracciabilità dei rifiuti servirà alle generazioni future al corretto mantenimento del deposito ed eventualmente all'applicazione di nuove tecniche di trattamento finalizzate ad una ulteriore riduzione delle attività e/o dei volumi in gioco.

Tutto ciò senza dimenticare le salvaguardie di protezione sanitaria e di tutela dell'ambiente fondamentali nel corretto trattamento della materia.

L'obiettivo del presente documento è la progettazione preliminare del Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica dei rifiuti radioattivi mediante Tecniche di Analisi Distruttive, di categoria A secondo il D. Lgs. 230/95. Il Laboratorio potrebbe far parte delle infrastrutture tecnologiche pertinenti al **Deposito Definitivo dei rifiuti radioattivi di II Categoria e Temporaneo dei rifiuti radioattivi di III Categoria** con l'obiettivo di conferire al sito le caratteristiche globali di un "Parco Tecnologico", sede di attività tecnico-scientifiche qualificate.

Il documento potrà altresì fungere da traccia per quegli utenti privati quali centri universitari, ditte o altri, che intendano progettare un laboratorio di caratterizzazione di rifiuti radioattivi.

La creazione di un "Parco Tecnologico", in cui alla localizzazione del Deposito Nazionale è associata quella di altre infrastrutture in grado di contribuire allo sviluppo ed alla valorizzazione economica e sociale di un'area, risponde all'esigenza di favorire l'acquisizione del consenso all'insediamento da parte di Amministrazioni e popolazioni locali.

1. GENERALITÀ SUL LABORATORIO

Il laboratorio radiochimico è destinato alla caratterizzazione, mediante tecniche distruttive, di rifiuti radioattivi e materie nucleari, e all'esecuzione di studi e ricerche in scala banco e in scala pilota sulla chimica degli attinidi (uranio, nettunio, plutonio, transuranici) e dei prodotti di fissione, nell'ambito dei programmi di ricerca e sviluppo sul ritrattamento del combustibile nucleare.

In particolare si pensa di sviluppare i seguenti temi di ricerca applicata:

- chimica degli attinidi e dei prodotti di fissione
- chimica dei processi e delle separazioni
- sistemi estraenti
- sviluppo e verifica flowsheet
- studi di piccoli componenti per processi chimici
- metodologie analitiche e strumentazione in linea
- esperienze con apparecchiature semicontinue

Il laboratorio sarà equipaggiato da una serie di Scatole a Guanti (SaG), appositamente attrezzate, per eseguire studi sulla caratterizzazione di rifiuti radioattivi liquidi e solidi, con

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	5 41

l'ausilio di apparecchiature remotizzate comprendenti le più sofisticate tecniche di indagine (ICP Plasma e Ottico, Gas Massa, Cromatografia Ionica, ecc).

Completaranno la dotazione delle cappe radiochimiche e una sala bilance; annessi al laboratorio vi saranno dei locali appositamente studiati per ospitare la Sala Conteggi Radiochimici e la Radioprotezione Operativa.

Una ulteriore dotazione può essere rappresentata da un locale "Hall Celle", atto cioè a contenere celle analitiche adatte al trattamento, tramite telemanipolatori, di rifiuti liquidi o solidi, altamente radioattivi.

In una idonea area attigua al laboratorio deve essere previsto il sistema di stoccaggio di bombole di gas puri e miscele, e di alimentazione alla strumentazione analitica che sarà impiegata all'interno del laboratorio. Analogamente, va prevista un'area per lo stoccaggio delle scorte degli acidi, delle basi, degli organici e degli infiammabili nel rispetto delle vigenti norme di sicurezza.

Inoltre il Laboratorio deve essere dotato dei seguenti sistemi essenziali:

- ventilazione e condizionamento locali;
- aspirazione attiva SaG e scatole di contenimento di alcuni tipi di strumentazione analitica;
- allarme antincendio;
- monitoraggio radiazioni;
- illuminazione di emergenza;
- rete informatica locale (LAN) con adeguato numero di punti di connessione;
- distribuzione azoto liquido;
- distribuzione di aria compressa;
- distribuzione del vuoto (da pompa rotativa);
- distribuzione dell'acqua di tipo potabile a pressione di distribuzione stabilizzata;
- raccolta e gestione dell'acqua reflua;
- rete di alimentazione elettrica trifase e monofase;
- alimentazione sotto inverter per tutte quelle apparecchiature e/o componenti che devono essere alimentati in modo continuo.

2. DESCRIZIONE DEL SITO CIRCOSTANTE IL LABORATORIO

2.1. DESCRIZIONE DEL SITO

Nella descrizione del sito vanno dati i riferimenti amministrativi (comune, provincia) dell'area dove si pensa di progettare il Laboratorio. Vanno inoltre date le coordinate geografiche di riferimento, l'estensione del sito ed una breve descrizione dell'area intorno al sito

2.2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL SITO

La descrizione delle caratteristiche generali del sito, al di là della scelta dello stesso, dovrà seguire la traccia di cui sotto.

Inquadramento geologico

Breve descrizione della geologia del suolo sul quale insiste il costruendo laboratorio.

Inquadramento meteorologico

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	6 41

Breve descrizione delle condizioni metereologiche dell'area sul quale insiste il costruendo laboratorio.

Inquadramento idrologico

Descrizione accurata della idrologia dell'area sul quale insiste il costruendo laboratorio. Descrizione di eventuali opere di difesa idraulica.

Inquadramento demografico

Breve descrizione della demografia afferente ai sito dove insiste il costruendo laboratorio.

Uso del territorio

Descrizione delle caratteristiche merceologiche della zona circostante al laboratorio.

3. DESCRIZIONE DEL LABORATORIO

3.1. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

Il laboratorio radiochimico del quale si ipotizza la progettazione ha una superficie coperta di circa 1000 m² ed un volume complessivo di circa 6000 m³. L'edificio deve rispondere ai requisiti di sicurezza necessari per ospitare un laboratorio radiochimico di categoria A secondo il DLgs 230/95 e s.m.i. Fondamentali devono essere i requisiti di antisismicità tali da assicurare un comportamento neutro della struttura in caso di sisma. In una opportuna controsoffittatura verranno alloggiati i sistemi di ventilazione ed espulsione dei fumi dai locali adibiti a laboratori. L'impiantistica complementare trova sistemazione in un locale apposito, limitrofo all'edificio, ospitante anche la canna fumaria di espulsione fumi.

3.2. DESCRIZIONE GENERALE DEL LABORATORIO

Il costruendo laboratorio radiochimico previsto in **Figura 1** sarà costituito da un'area classificata come "ZONA CONTROLLATA" dove verrà esercitata la sorveglianza fisica delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti norme. L'intenzione del progetto è quella di mantenere, quanto più possibile, dei locali aperti e funzionali, senza angoli morti. L'area di lavoro va dimensionata per un massimo di 12/15 lavoratori. E' stato previsto uno spogliatoio caldo, con accesso unico diretto dall'esterno. In questo locale sono previste una serie di infrastrutture per gli indumenti, lavabi, una doccia di emergenza e strumentazione di controllo, come mani-piedi, ecc.

Al laboratorio si accede tramite un SAS a porte multiple, atte a garantire una idonea depressione nei locali di lavoro durante l'entrata/uscita del personale. Il laboratorio è progettato intorno ad una grande sala di lavoro, denominata **Sala SaG**, dove sono alloggiate le Scatole a Guanti e dove si svolgerà il grosso delle attività. In una sala attigua è ricavata la **Sala Conteggi**, indispensabile in un laboratorio di radiochimica, mentre in un'altra sala è ricavata la **Hall Celle**. Questi locali sono fisicamente isolati dall'esterno dell'edificio. Da una porta del SAS è inoltre possibile accedere al **Laboratorio di Radioprotezione Operativa (RPO)** ed al **Laboratorio Freddo**.

Scendendo più in dettaglio, nella sala SaG verranno ospitate delle Scatole a Guanti attrezzate con strumentazione di alta tecnologia opportunamente remotizzate. Si avrà così una area dedicata alla tecnica ICP-MS, una al ICP-OES, una alla GC-MS, una al HPIC-

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	7 41

LSC, e le altre SaG rimanenti da destinare a lavorazioni mirate. Alle pareti vi saranno una cappa di radiochimica, banconi, armadi e non mancherà una cabina chiusa lateralmente e superiormente, dotata di porta di accesso chiudibile, adeguatamente illuminata, a condizioni di umidità e temperatura controllate, atta ad ospitare bilance analitiche di precisione; inoltre troverà posto una SaG schermata per la manipolazione di campioni ad alta attività. Nella Sala Conteggi troveranno posto una cappa radiochimica, catene di conteggio di spettrometria alfa, beta e gamma, e rispettivi "gross" conteggi. Nella Hall Celle trovano posto alcune celle schermate dove è possibile portare avanti sperimentazioni con radionuclidi ad alta attività, non permesse nelle normali SaG. Nel laboratorio di radioprotezione troveranno posto tutte le strumentazioni, fisse e mobili, di controllo radioprotezionistico.

3.3. DESCRIZIONE DEI LOCALI.

Come è stato descritto sommariamente nel paragrafo precedente il laboratorio gravita intorno al locale principale "Sala SaG".

Spogliatoi

Il locale di accesso allo spogliatoio caldo ha una funzione di primo diaframma tra l'area esterna, non controllata, e quella controllata. In esso non trovano posto strumentazioni di particolare rilievo, salvo un sistema per il controllo degli accessi nel successivo spogliatoio (lettore di schede); da questo locale si può accedere ai servizi igienici, in zona non controllata, e ad un magazzino. Si entra nello spogliatoio caldo dove trovano alloggio gli armadietti per il personale operativo; sempre in questo locale troviamo la rastrelliera porta dosimetri, un controllo di contaminazione "mani-piedi", una coppia di lavandini e una doccia di emergenza collegati agli scarichi a bassa attività. Lo spogliatoio caldo, già considerato area controllata, è collegato direttamente al locale SaG tramite un air-lock, a quattro porte ad apertura alternata, che assicura il mantenimento della "cascata" di depressioni verso le aree a rischio radiologico crescente. Alla doccia di decontaminazione si accede direttamente dallo spogliatoio caldo: il percorso è studiato in modo da evitare al personale eventualmente contaminato, una volta eseguita la doccia, il ritorno in zone precedentemente già attraversate.

Locale SaG

Questo locale ha una superficie utile approssimativamente di 33 x 9 m. ed è interamente dedicato all'espletamento di analisi speciali in scatole a guanti; ha una ventilazione tale da assicurare circa 12 ricambi orari ed una depressione di circa 15 mm c.a. rispetto l'esterno, mentre le scatole a guanti hanno un sistema di ventilazione separato che assicura loro una depressione di almeno 15 mm c.a. rispetto al locale e non meno di 20 ricambi orari. In questa sala possono essere alloggiate fino a 24 SaG da 2x1 m, o 12 coppie di SaG con strumenti remotizzati, e uno spazio dedicato a sala bilance. Inoltre vi trovano alloggio una cappa radiochimica ed una SaG schermata per la manipolazione e la detenzione di campioni a media ed alta attività.

La configurazione di riferimento ipotizzata prevede 12 SaG, fra cui alcune coppie progettate ad hoc. Tali coppie di SaG sono necessarie al fine di rendere agevole l'esercizio degli strumenti "speciali" di cui "deve dotarsi" il laboratorio: l'ICP-MS, l'ICP-OES, l'HPIC-LSC (vedi foto). Un'ulteriore coppia di SaG sarà dedicata al GC-MS (Gas Massa), del quale non si può fare a meno per analisi di organici. Altra strumentazione può essere

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	8 41

prevista, ad esempio, l'installazione di un TI-MS per la determinazione della composizione isotopica relativamente alle piccole masse.

Prevedendo la remotizzazione di ciascuno dei suddetti strumenti, per prima cosa, andranno valutate accuratamente, strumento per strumento, le dimensioni delle SaG di contenimento.

Queste saranno definite a fronte di analisi di sicurezza e sulla base delle specifiche tecniche rilasciate dai fornitori degli strumenti, in modo da prevedere spazi sufficienti per l'alloggiamento di tutti i "servizi straordinari" necessarie al buon funzionamento della strumentazione e prevenire problemi di malfunzionamento degli apparati strumentali, principalmente imputabili a surriscaldamento e conseguente danneggiamento irreversibile delle parti sensibili.

Altrettante SaG, asservite univocamente alla singola tecnica analitica, andranno previste ed accoppiate alle SaG suddette. Esse saranno dedicate esclusivamente alla preparazione dei campioni da analizzare con la strumentazione di pertinenza e, pertanto, saranno equipaggiate delle dotazioni necessarie per rispondere alle specifiche esigenze.

Anche il sistema di comunicazione fra le coppie di SaG, se necessario, andrà adeguatamente studiato e progettato, in quanto alterazioni dell'atmosfera presente nell'ambiente di contenimento, dovuto alla messa in comunicazione dell'area "preparazione campioni" con l'area "esecuzione analisi", potrebbe incidere sul buon funzionamento della strumentazione e sull'esito dell'analisi.

Oltre alle coppie di SaG sopra abbozzate, si prevede la presenza di almeno altre SaG singole, indicativamente dedicate a:

- manipolazione, trattamenti e preparazione di campioni a contenuto prevalente di beta/gamma emettitori (completa di tutte le dotazioni necessarie)
- manipolazione e trattamento di attinidi e preparazione di campioni (corredata delle necessarie dotazioni)
- preparazione di campioni per spettrometria alfa (dotata, in particolare, di spira a induzione per la calcinazione di coppelle)
- trattamenti speciali/straordinari definibili e pianificabili di volta in volta a seconda delle esigenze di laboratorio.

Locale Hall Celle

Dallo stesso air-lock che da al locale SaG, si accede pure al locale Hall Celle, o Celle Calde. In questo locale trovano posto tre celle calde, schermate con vetri al piombo, ed accessibili tramite dei telemanipolatori. Queste celle permettono l'espletamento di prove, di analisi, di impianti piloti, tutti con radionuclidi ad alta attività, oltre al rateo di esposizione permesso per la loro manipolazione nelle normali scatole a guanti.

Queste celle lavorano ad un livello di depressione più basso del locale antistante, dove in genere sta l'operatore e normalmente, al livello di depressione maggiore di tutto il laboratorio: circa 50÷70 mm di colonna H₂O.

Esse sono normalmente collegate con alcune scatole a guanti del locale limitrofo tramite un impianto di posta pneumatica; questo permette il continuo dell'analisi in una SaG una volta ridotta l'attività del campione ai valori adeguati.

Un sistema a cremagliera, operante nel locale Hall Celle, permette la movimentazione della cella calda a fine lavoro nell'apposito locale di trattamento dove squadre di operatori possono, secondo adeguate procedure, intervenire al loro interno per lo smantellamento ed il riallestimento di nuovi impianti.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	9 41

Locale Laboratorio RPO

A questo locale si accede direttamente dal SAS. In esso sono raggruppati gli allarmi del sistema di monitoraggio radiologico; inoltre vi trovano sede le catene di spettrometria alfa, beta e gamma per il controllo dei campioni previsti dalle prescrizioni tecniche. Il locale di Radioprotezione ha una superficie utile approssimativamente di 80 m².

Il laboratorio di RPO è dedicato solo alle analisi fisiche di radioprotezione da eseguire sui filtri di campionamento aria del Laboratorio Radiochimico e sui filtri di campionamento aria del Camino (misure di spettrometria alfa-gamma e misure di gross alfa-beta), e a postazione di controllo per tutti gli allarmi dei seguenti sistemi di: monitoraggio gamma, monitoraggio degli effluenti aeriformi e monitoraggio degli effluenti liquidi.

Pertanto sono previsti le seguenti attrezzature standard:

- due cappe, collegate alla ventilazione con frontale scorrevole;
- un lavabo, collegato allo scarico liquidi sospetti;
- tre banconi da supporto per: la catena di spettrometria alfa-gamma più un PC; per la strumentazione per le misure di gross alfa-beta più un PC; e per la strumentazione portatile più un PC;
- un dewar, più struttura con sistema a riempimento automatico per l'azoto liquido per il rivelatore a germanio per la spettrometria gamma;
- una scrivania con due sedie e tre sgabelli;
- una postazione con sistema di controllo in tempo reale di tutti gli allarmi con quadro sinottico, e la registrazione e l'acquisizione dei dati su PC;
- lungo le pareti libere una serie di scaffalature.

Locale Laboratorio Freddo

A questo locale si accede direttamente dal laboratorio di radioprotezione. Pur essendo in zona controllata, il laboratorio svolge un'attività prettamente non nucleare, da cui l'appellativo.

In esso vengono preparate soluzioni acide e basiche propedeutiche alle analisi che si terranno nel locale SAG. Dette soluzioni vengono poi additivate con radioisotopi all'interno delle cappe dei locali SAG e sala Conteggi.

Per questi motivi il laboratorio freddo è l'unico locale dove viene normalmente utilizzato il vetro, anziché plastica, per le preparazioni analitiche.

Locale Sala Conteggi

Questo locale è fondamentale nell'economia di un laboratorio radiochimico. In esso vengono eseguite gran parte delle analisi qualitative e quantitative mediante tecniche di spettrometria alfa e gamma e tecniche di rivelazione per beta emettitori.

In generale, nel locale si dovrà evitare l'accumulo di sostanze radioattive (compresi gli standard di riferimento), sia per motivi radioprotezionistici, sia per la possibilità che queste alterino la radioattività di fondo del locale, inficiando i risultati delle analisi condotte sui campioni reali.

La Sala Conteggi necessita una cappa radiochimica, destinata all'accoglimento dei campioni in attesa di misura (nelle quantità indispensabili e nel rispetto dei criteri di sicurezza) e gli arredi essenziali per permettere agli operatori di svolgere le attività

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	10 41

tecnico/amministrative di competenza (compilazione di reportistica, valutazione critica dei risultati di analisi condotte e archiviazione dei rapporti di analisi).

Per ciò che concerne le dotazioni strumentali, nel locale sono necessari:

- 1 rivelatore HPGe “extended-range” con criostato (per azoto liquido) di capacità 30 l, elettronica dedicata (elaboratore digitale di segnali e alimentatore) e pozzetto di misura in piombo, impiegato per analisi di matrici solide e liquide contenenti γ emettitori (intervallo di energia compreso fra 3 keV e 10 MeV)
- 1 rivelatore LGe con criostato (per azoto liquido) di capacità 15 l, elettronica di controllo (elaboratore digitale di segnali e alimentatore) e pozzetto di misura in piombo, dedicato a investigazione di emissioni X e γ di basse energie da parte di matrici solide e liquide
- 1 sistema per spettrometria di radionuclidi alfa emettitori costituito da camera di misura (in cui viene praticato il vuoto), pompa da vuoto, rivelatore di tipo PIPS, ed elettronica associata (composta da parte analogica e ADC)

Un PC in condivisione fra le tre catene strumentali sarà dotato dei software specifici utili all'elaborazione dei dati ottenuti nel corso delle analisi.

Inoltre:

- 1 contatore a scintillazione liquida (a due fotomoltiplicatori) e relativa elettronica di gestione (alimentatore, amplificatore e ADC) con cella di misura integrata e schermata dedicato alla rivelazione, nel range di energie comprese fra 0 e 2000 keV, di emissioni da parte di radionuclidi beta emettitori. A completamento del sistema, un singolo PC dedicato alla gestione del contatore e all'elaborazione digitale dei segnali e dei dati di analisi
- 1 sistema per analisi quantitative di alfa e beta emettitori (misure di gross α e β) con rivelatori dedicati, relativi pozzetti di misura, slitte porta-campioni, elettronica di controllo (alimentazione, preamplificatore, amplificatore e ADC) e PC dedicato condiviso con software di acquisizione ed elaborazione dati.

Nel locale si prevede, infine, l'ingresso e il passaggio della “linea” dedicata al trasporto dell'azoto liquido e relative diramazioni convergenti ai criostati presenti nel locale. Il sistema, la cui funzione è quella di automatizzare completamente il riempimento, con azoto liquido dei criostati accoppiati ai rivelatori al Ge per spettrometria γ (che, per poter funzionare correttamente, necessitano di essere mantenuti ad una temperatura pari a -196°C), è costituito essenzialmente da tubazioni in acciaio inox superisolate sottovuoto, corredate di tutte le elettrovalvole e le valvole di sicurezza necessarie al corretto funzionamento del sistema. Ogni criostato, inoltre, è monitorato elettronicamente (mediante cavi criogenici, sensori e centralina di gestione dotata di allarmi visivi e sonori), affinché la procedura di riempimento sia avviata al momento opportuno e si concluda nei tempi e secondo le modalità predefinite, il tutto escludendo completamente l'intervento umano.

4. CRITERI GENERALI DI PROGETTO

4.1. GENERALITÀ

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	11 41

I criteri generali di progetto e la normativa adottati per la progettazione e realizzazione del Laboratorio saranno ulteriormente elaborati dal progettista incaricato sulla base delle indicazioni della legislazione vigente, della Guida Tecnica n. 12 e delle esigenze degli utenti del laboratorio come nel presente documento sommariamente descritti.

In particolare vanno definiti i criteri generali che dovranno essere adottati allo scopo di assicurare la protezione radiologica degli addetti alle operazioni e della popolazione durante tutte le fasi di vita dell'installazione, in condizioni di normale funzionamento, nel corso delle manutenzioni ordinarie e straordinarie, e in seguito agli incidenti ipotizzabili.

4.2. OBIETTIVI DI SICUREZZA

4.2.1. Limiti di Dose

Gli obiettivi di progetto in materia di sicurezza radiologica saranno espressi in termini di limiti di dose per gli operatori e l'ambiente.

I sistemi di confinamento del materiale radioattivo, di controllo della contaminazione, di gestione degli effluenti, le schermature ecc., saranno progettati in maniera da consentire il rispetto dei limiti di dose assegnati in sede di progetto.

I limiti di dose in condizioni di normale funzionamento sono stabiliti sulla base dell'esperienza operativa di laboratori simili e da un'analisi costi benefici. Essi devono essere conformi alle disposizioni di cui al DLgs 230/95 e s.m.i.. Dovrà essere comunque fatto ogni ragionevole sforzo per assicurare che i rischi creati dalla presenza di materiale radioattivo siano per quanto possibile ridotti, secondo il principio ALARA.

Saranno inoltre stabiliti i limiti di dose in condizioni incidentali che, pur nel rispetto dei limiti di legge, saranno commisurati alla gravità e alla frequenza stimata dell'incidente.

Sulla base della gravità e della frequenza stimata degli incidenti ipotizzabili è prassi definire tre categorie di eventi:

Eventi di Categoria I Condizioni di normale funzionamento, incluse le manutenzioni programmate. Il Laboratorio si considera in condizioni normali anche in caso di brevi mancanze d'energia elettrica e fenomeni atmosferici che possono verificarsi con frequenza, quali temporali e fulmini.

Eventi di Categoria II Condizioni incidentali lievi, quali:

- Guasti di componenti attivi (pompe, ventilatori, servomeccanismi di valvole, ecc. e di componenti del sistema di strumentazione e di controllo/comando);
- Malfunzionamenti dei sistemi di contenimento, incluse perdite di tenuta di SaG, penetrazioni, ecc.;
- Malfunzionamenti dei sistemi di controllo della pressione all'interno delle aree confinate;
- Riduzione dell'efficienza di funzionamento dei filtri degli impianti di ventilazione;
- Perdite di liquidi di piccola entità da componenti, tubazioni, serbatoi ecc.;
- Fermata dell'Impianto di Ventilazione;

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	12 41

- Mancanza prolungata d'energia elettrica;
- Malfunzionamenti dei sistemi ausiliari di servizio.

Eventi di Categoria III

Incidenti rilevanti, quali:

- Eventi esterni di origine naturale:
 - sisma di progetto;
 - tornado;
 - inondazione;
 - missili generati da eventi naturali.
- Eventi esterni di origine umana:
 - missili generati da attività umana;
- Eventi di origine interna:
 - rotture di tubazioni, serbatoi, o componenti di processo;
 - rotture di filtri;
 - allagamento di origine interna;
 - incendio ed esplosione.

Per ciascuna delle tre categorie d'evento precedentemente definite, saranno definiti gli incidenti credibili e stabiliti i limiti di dose che dovranno essere presi a riferimento per la progettazione.

4.2.2. Analisi di Sicurezza

La verifica del mantenimento degli obiettivi di progetto in condizioni incidentali sarà effettuata per mezzo di un'analisi di sicurezza dell'Impianto (vedi Cap. 9).

4.2.3. Funzioni di Sicurezza

Sistemi, strutture e componenti dedicati al conseguimento degli obiettivi di sicurezza precedentemente citati svolgono "Funzione di sicurezza". E' evidente che in un laboratorio la funzione di sicurezza di riferimento è il Contenimento della Radioattività, pertanto svolgono funzione di sicurezza tutti i sistemi che garantiscono tale contenimento.

L'assegnazione della funzione di sicurezza sarà effettuata sulla base dell'analisi di sicurezza dell'installazione, atta ad identificare i possibili guasti e valutarne le conseguenze in termini di esposizione radiologica e quindi di conseguimento degli obiettivi di sicurezza.

Le apparecchiature ed i componenti che svolgono funzione di sicurezza sono classificati in classi di sicurezza allo scopo di essere progettati, fabbricati, messi in opera e provati secondo standard di qualità commisurati alla funzione di sicurezza che essi dovranno assolvere.

4.2.4. Criteri generali d'affidabilità

I requisiti di affidabilità sono stabiliti in conformità alle funzioni di sicurezza assegnate.

Se necessario sulla base dell'analisi di sicurezza, i seguenti principi dovranno essere applicati, anche in combinazione, al fine di ottenere i requisiti d'affidabilità richiesti:

Ridondanza: Impiego di più componenti per lo svolgimento della stessa funzione, in modo da ottenere una maggiore affidabilità di funzionamento.

Diversità: Impiego di soluzioni diverse per espletare la stessa funzione di sicurezza.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	13 41

Indipendenza/ Separazione: Impiego di componenti che non hanno cause comuni di guasto o il cui guasto non compromette il funzionamento di un altro componente che svolge la stessa funzione.

“Fail-safe”: Il componente si pone automaticamente in una configurazione sicura in caso di guasto.

4.2.5. Livelli di qualità

Per sistemi, strutture e componenti che svolgono funzione di sicurezza saranno definiti i criteri di progetto, fabbricazione e collaudo che dovranno trovare riscontro in un “Piano d’Assicurazione della Qualità” .

Il piano della qualità definirà le procedure da impiegare e le norme da seguire nel corso del progetto di dettaglio e della fabbricazione di strutture e componenti atti ad assicurare il mantenimento degli obiettivi di sicurezza per il progetto.

L’assegnazione di un livello di qualità a sistemi, componenti e strutture dell’installazione implica la sua progettazione e fabbricazione secondo procedure e normative tali da garantirne l’affidabilità richiesta di funzionamento.

4.2.6. Classificazione sismica

Sistemi, strutture e componenti, se rilevanti ai fini della sicurezza, dovranno mantenere le loro funzioni in presenza del sisma di progetto. I requisiti di resistenza al sisma di progetto saranno definiti mediante l’assegnazione di una classe sismica.

4.3. CRITERI GENERALI DI PROTEZIONE RADIOLOGICA

Dovranno essere adottate scelte tecniche di sicurezza al fine di assicurare che l’esposizione alle radiazioni del *personale e della popolazione* sia mantenuta al livello più basso ragionevolmente ottenibile. In sintesi:

Il contenimento del materiale radioattivo: strutture e componenti devono essere in numero e caratteristiche (resistenza, tenuta, ecc.) tali da garantire, in condizioni normali di funzionamento, come nel corso degli incidenti ipotizzabili (che verranno individuati dall’analisi di sicurezza) e degli eventi esterni di progetto, che gli eventuali rilasci, al loro esterno, di materiale radioattivo siano entro i limiti definiti dagli obiettivi di progetto.

La riduzione nei luoghi di lavoro dell’intensità di dose da irraggiamento diretto (schermaggio dalle radiazioni): il progetto delle schermature deve determinare il minimo spessore di schermatura tra le apparecchiature contenenti le sorgenti e le aree operative e d’intervento, e tra aree operative e l’esterno. Il progetto prenderà in conto il lay-out delle sorgenti, il tipo, l’intensità ed energia della radiazione e la limitazione dell’intensità di dose di esposizione in ogni area.

La riduzione nei luoghi di lavoro dell’intensità di dose da inalazione od ingestione (controllo della contaminazione): Le operazioni condotte nel laboratorio devono essere progettate in modo da limitare le dispersioni di materiale radioattivo. Nei locali ove esiste un rischio di contaminazione, le apparecchiature, le pareti, i pavimenti devono essere progettati in modo che non esista possibilità di accumulo di contaminazione e la decontaminazione possa essere effettuata facilmente. Le Scatole a Guanti saranno

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	14 41

interamente in acciaio inox ed equipaggiate con un sistema di raccolta dei liquidi che drenereà tali liquidi ad un apposito sistema di stoccaggio. Nelle altre aree del laboratorio tutte le superfici saranno protette con vernici decontaminabili. La contaminazione eventualmente presente nell'aria sarà rimossa per diluizione mediante adeguati ricambi d'aria. I rischi di contaminazione di ambienti saranno valutati in condizioni normali di esercizio ed in condizioni accidentali, come conseguenza di operazioni eseguite in ciascuna area. Lo scopo di questa quantificazione sarà quello di stabilire i requisiti specifici per il sistema di ventilazione e di verificare che il progetto della ventilazione sia in accordo con i criteri di limitare la contaminazione.

La riduzione nei luoghi di lavoro dei tempi di esposizione tramite sistemi di intervento remotizzato (remote handling): Le operazioni che comportano alti rischi di irraggiamento, verranno eseguite mediante l'impiego di manipolatori (es. SaG schermata).

La minimizzazione delle emissioni ambientali (gestione degli effluenti): devono essere previsti adeguati sistemi atti a ridurre in quantità ed in concentrazione la radioattività dispersa nell'ambiente insieme agli effluenti liquidi ed aeriformi, in modo da rispettare i limiti di progetto ed in conformità degli obiettivi ALARA. Gli effluenti gassosi devono essere sottoposti ad un trattamento di filtrazione attraverso filtri HEPA. L'aria espulsa dal sistema di Ventilazione deve essere monitorata prima del rilascio all'atmosfera in condizioni controllate. Gli effluenti liquidi devono essere rilasciati nell'ambiente attraverso un sistema di smaltimento attrezzato per il controllo e il monitoraggio dei rilasci.

Il monitoraggio del rischio radiologico: Il progetto deve includere un adeguato sistema di monitoraggio radiologico con lo scopo di:

- mantenere sotto controllo le dosi occupazionali;
- prevenire esposizioni accidentali;
- mantenere sotto controllo i rilasci nell'ambiente.

Il programma di monitoraggio deve essere basato su:

- controlli radiometrici dell'esposizione del personale;
- monitoraggio dei livelli di radiazione nelle aree operative d'impianto;
- monitoraggio dei rilasci ambientali di materiale radioattivo.

Il controllo degli accessi alle aree a rischio radiologico (suddivisione delle aree e controllo degli accessi): Le aree operative devono essere suddivise sulla base dell'entità del rischio radiologico presente. Ai fini della classificazione delle aree di lavoro si adotteranno i criteri stabiliti nell'allegato III al D.Lgs n. 230/95 e s.m.i., riferiti alle dosi derivanti per i lavoratori in esse operanti, dalla normale attività lavorativa, nonché dal contributo delle esposizioni potenziali conseguenti ad eventi anomali suscettibili di aumentare le dosi dei singoli, derivanti da detta attività lavorativa programmata.

5. CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DETENUTO E/O MANIPOLATO

Nelle **Tabelle 1/A, 1/B e 1/C** che seguono, sono elencati i radionuclidi che si intende detenere e/o manipolare nel Laboratorio, suddivisi in sorgenti sigillate e non sigillate con l'indicazione dell'attività massima che si intende detenere per ogni radionuclide (suddiviso anche in più sorgenti).

Tale attività viene messa a confronto con i valori riportati nella Tabella IX-1 nell'Allegato IX al D.Lgs 230/95 e s.m.i., al fine di stabilire la classificazione del Laboratorio. Tale confronto, effettuato con le modalità riportate nel citato allegato, mette in evidenza che il

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	15 41

Laboratorio di cui si chiede il nullaosta viene classificato in Categoria A, essenzialmente per la detenzione del materiale necessario per l'attività sperimentale.

5.1. MATERIALE IN FORMA SIGILLATA

Le sorgenti radioattive in forma sigillata sono essenzialmente finalizzate alla verifica della efficienza e della calibrazione della strumentazione analitica del laboratorio.

Nello specifico, la **Tabella 1/C** riporta la lista dei radioisotopi che il laboratorio intende detenere a tale scopo.

Per ciascun radioisotopo, le caratteristiche riportate sono:

- la natura chimico/fisica della sorgente;
- la modalità di incapsulamento/fissaggio del materiale attivo nella sorgente;
- l'attività specifica del radioisotopo contenuto nella sorgente;
- l'attività massima delle singole sorgenti;
- il tipo di emissione particellare della sorgente;
- l'indicazione di massima delle dimensioni della sorgente (dischetto, ampolla, placchetta);
- il rateo specifico (per MBq) di esposizione a 1 metro dalla sorgente;
- il rateo di esposizione a 1 metro dalla sorgente.

Tra le sorgenti in forma sigillata si prevede di utilizzare anche una sorgente neutronica del tipo $^{241}\text{Am/Be}$, sigillata in capsula di materiale plastico, avente attività fino a 111 GBq ed emissione neutronica fino a $6,6 \cdot 10^6$ neutroni/secondo.

5.2. MATERIALE IN FORMA NON SIGILLATA

La lista dei radionuclidi che si intende detenere in forma non sigillata è riportata nelle **Tabelle 1/A e 1/B**.

Sostanzialmente una è relativa agli standard per la calibrazione della strumentazione, l'altra è relativa alla disponibilità di quantità macroscopiche di radionuclidi per la esecuzione di fasi sperimentali di processi chimico-fisici.

Nelle tabelle sono evidenziate le principali caratteristiche di ciascun radionuclide che sarà impiegato nel Laboratorio:

- la quantità massima, espressa in unità di massa, detenuta nel corso di un anno solare;
- la forma chimico/fisica del materiale che lo contiene;
- l'attività specifica;
- l'attività massima;

Nelle manipolazioni ai fini analitici le quantità di ciascun radioisotopo sono dell'ordine delle centinaia di Becquerel; in quelle aventi finalità sperimentali le quantità possono raggiungere i 100 mg.

Tabella 1 – Elenco delle Sorgenti da Detenere

TABELLA 1/A - SORGENTI RADIOCHIMICHE NON SIGILLATE PER CALIBRAZIONE STRUMENTI							
N°	Isotopo Radioattivo	Dati fisici iniziali			D.Lgs. 230/95 e s.m.i. Tabella IX - 1	Attività limite	Att. totale / Att. limite
		Stato fisico/chimico	Attività spec.	Attività totale			
			Bq/g	Bq	Bq	Bq	N° indice
1	Ag 108m	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,93E+11	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
2	Ag 110m	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,759E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
3	Am 241	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,268E+11	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
4	Am 242m	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,876E+11	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
5	Ba 133	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	9,460E+12	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
6	C 14	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,649E+11	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06
7	Ca 41	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,136E+09	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
8	Ca 45	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	6,593E+14	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06
9	Cd 109	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	9,561E+13	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
10	Ce 139	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,527E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
11	Ce 141	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,055E+15	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06
12	Ce 144	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,178E+14	12.000.000	1,000E+05	1,000E+11	1,200E-04
13	Cf 252	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,984E+13	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
14	Cl 36	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,218E+09	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
15	Cm 242	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,225E+14	12.000.000	1,000E+05	1,000E+11	1,200E-04
16	Cm 244	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,994E+12	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
17	Co 57	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,127E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
18	Co 58	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,178E+15	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
19	Co 60	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	4,190E+13	12.000.000	1,000E+05	1,000E+11	1,200E-04
20	Cr 51	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,423E+15	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06
21	Cs 134	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	4,791E+13	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03



22	Cs 137	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,221E+12	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
23	Eu 152	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	6,536E+12	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
24	Eu 154	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	9,993E+12	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
25	Eu 155	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,723E+13	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06
26	Fe 55	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	8,917E+13	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
27	H 3	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,557E+14	12.000.000	1,000E+09	1,000E+15	1,200E-08
28	Hg 203	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	5,109E+14	12.000.000	1,000E+05	1,000E+11	1,200E-04
29	Ho 166m	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	6,643E+10	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
30	J 129	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	6,743E+06	12.000.000	1,000E+05	1,000E+11	1,200E-04
31	Mn 54	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,866E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
32	Mo 93	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	4,068E+10	12.000.000	1,000E+08	1,000E+14	1,200E-07
33	Na 22	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,310E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
34	Nb 93m	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	8,687E+12	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06
35	Nb 94	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	6,939E+09	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
36	Ni 59	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,995E+09	12.000.000	1,000E+08	1,000E+14	1,200E-07
37	Ni 63	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,101E+12	12.000.000	1,000E+08	1,000E+14	1,200E-07
38	Np 237	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,608E+07	12.000.000	1,000E+03	1,000E+09	1,200E-02
39	P 32	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,060E+16	12.000.000	1,000E+05	1,000E+11	1,200E-04
40	Pb 210	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,825E+12	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
41	Pm 147	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,433E+13	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06
42	Pu 238	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	6,336E+11	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
43	Pu 239	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,295E+09	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
44	Pu 240	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	8,396E+09	12.000.000	1,000E+03	1,000E+09	1,200E-02
45	Pu 241	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,811E+12	12.000.000	1,000E+05	1,000E+11	1,200E-04
46	Ru 103	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,193E+15	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
47	Ru 106	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,239E+14	12.000.000	1,000E+05	1,000E+11	1,200E-04
48	S 35	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,579E+15	12.000.000	1,000E+08	1,000E+14	1,200E-07
49	Sb 124	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	6,477E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
50	Sb 125	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,882E+13	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
51	Sm 151	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	9,878E+11	12.000.000	1,000E+08	1,000E+14	1,200E-07
52	Sn 113	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,718E+14	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06



53	Sr 85	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	8,775E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
54	Sr 89	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,076E+15	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
55	Sr 90	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	5,052E+12	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
56	Tc 99	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	6,283E+08	12.000.000	1,000E+07	1,000E+13	1,200E-06
57	Th 232	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	4,057E+03	12.000.000	1,000E+03	1,000E+09	1,200E-02
58	Tl 204	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,717E+13	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
59	U 233	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,564E+08	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
60	U 234	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,300E+08	12.000.000	1,000E+03	1,000E+09	1,200E-02
61	U 235	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	7,996E+04	12.000.000	1,000E+03	1,000E+09	1,200E-02
62	U 236	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,393E+06	12.000.000	1,000E+03	1,000E+09	1,200E-02
63	U 238	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	1,244E+04	12.000.000	1,000E+03	1,000E+09	1,200E-02
64	Y 88	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	5,156E+14	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
65	Y 90	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	2,015E+16	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
66	Y 91	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	9,083E+14	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
67	Zn 65	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	3,046E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
68	Zr 93	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	9,312E+07	12.000.000	1,000E+04	1,000E+10	1,200E-03
69	Zr 95	Soluzione acquosa acida (nitrica o cloridrica)	7,956E+14	12.000.000	1,000E+06	1,000E+12	1,200E-05
	TOTALI			828.000.000			0,10801

TABELLA 1/B - ISOTOPI RADIOATTIVI NON SIGILLATI PER ATTIVITA' SPERIMENTALE

N°	Isotopo Radioattivo	Quantità prevista g	Dati fisici iniziali		Attività totale Bq	Rateo spec. esposizione a 1 metro $\mu\text{Sv}/\text{MBq}\cdot\text{h}$	Rateo exp. a 1 metro dalla sorgente $\mu\text{Sv}/\text{h}$	D.Lgs. 230/95 e s.m.i. Tabella IX - 1 Bq	Attività limite Bq	Att. totale / Att. limite N° indice
			Stato fisico/chimico	Attività spec. Bq/g						
1	Am 241	2,00	Forma salina, ossido o metallo	1,268E+11	2,536E+11	4,044E-03	1,026E+03	1,000E+04	1,000E+10	2,54E+01
2	Am 242m	0,10	Forma salina, ossido o metallo	3,876E+11	3,876E+10	2,581E-02	1,000E+03	1,000E+04	1,000E+10	3,88E+00
3	Cf 252	2,00	Forma salina, ossido o metallo	1,984E+13	3,968E+13	4,920E-03	1,952E+05	1,000E+04	1,000E+10	3,97E+03
4	Cm 242	2,00	Forma salina, ossido o metallo	1,225E+14	2,450E+14	4,735E-06	1,160E+03	1,000E+05	1,000E+11	2,45E+03
5	Cm 244	2,00	Forma salina, ossido o metallo	2,994E+12	5,989E+12	3,624E-06	2,170E+01	1,000E+04	1,000E+10	5,99E+02
6	Np 237	2,00	Forma salina, ossido o metallo	2,608E+07	5,215E+07	6,077E-03	3,169E-01	1,000E+03	1,000E+09	5,22E-02
7	Pb 210	2,00	Forma salina, ossido o metallo	2,825E+12	5,650E+12	4,934E-04	2,787E+03	1,000E+04	1,000E+10	5,65E+02
8	Pu 238	2,00	Forma salina, ossido o metallo	6,336E+11	1,267E+12	5,825E-06	7,381E+00	1,000E+04	1,000E+10	1,27E+02
9	Pu 239	50,00	Forma salina, ossido o metallo	2,295E+09	1,147E+11	1,091E-05	1,252E+00	1,000E+04	1,000E+10	1,15E+01
10	Pu 240	30,00	Forma salina, ossido o metallo	8,396E+09	2,519E+11	6,070E-06	1,529E+00	1,000E+03	1,000E+09	2,52E+02
11	Pu 241	2,00	Forma salina, ossido o metallo	3,811E+12	7,621E+12	1,761E-07	1,342E+00	1,000E+05	1,000E+11	7,62E+01
12	U 233	0,50	Forma salina, ossido o metallo	3,564E+08	1,782E+08	3,742E-05	6,669E-03	1,000E+04	1,000E+10	1,78E-02
13	U 234	0,50	Forma salina, ossido o metallo	2,300E+08	1,150E+08	1,789E-05	2,058E-03	1,000E+03	1,000E+09	1,15E-01
14	U 235	30,00	Forma salina, ossido o metallo	7,996E+04	2,399E+06	2,114E-02	5,072E-02	1,000E+03	1,000E+09	2,40E-03
15	U 236	0,50	Forma salina, ossido o metallo	2,393E+06	1,197E+06	1,037E-05	1,241E-05	1,000E+03	1,000E+09	1,20E-03
16	U 238	100,00	Forma salina, ossido o metallo	1,244E+04	1,244E+06	1,028E-05	1,278E-05	1,000E+03	1,000E+09	1,24E-03
17	Th 232	100,00	Forma salina, ossido o metallo	4,057E+03	4,057E+05	2,203E-05	8,938E-06	1,000E+03	1,000E+09	4,06E-04
	TOTALI				3,058E+14		201.205			8.077

TABELLA 1/C - SORGENTI RADIOCHIMICHE SIGILLATE PER CALIBRAZIONE STRUMENTI

N°	Isotopo Radioattivo	Dati fisici iniziali		Attività totale	Rateo spec. esposizione a 1 metro	Rateo exp. a 1 metro dalla sorgente	D.Lgs. 230/95 e s.m.i. Tabella IX - 1	Attività limite	Att. totale / Att. limite
		Stato fisico/chimico	Attività spec.						
			Bq/g	Bq	μSv/MBq*h	μSv/h	Bq	Bq	N° indice
1	Am 241	Deposito non asportabile su dischetto in acciaio inox	1,268E+11	2.000	4,044E-03	8,087E-06	1,000E+04	1,000E+13	2,000E-10
2	Cm 244	Deposito non asportabile su dischetto in acciaio inox	2,994E+12	2.000	3,624E-06	7,249E-09	1,000E+04	1,000E+13	2,000E-10
3	Np 237	Deposito non asportabile su dischetto in acciaio inox	2,608E+07	2.000	6,077E-03	1,215E-05	1,000E+03	1,000E+12	2,000E-09
4	Pu 238	Deposito non asportabile su dischetto in acciaio inox	6,336E+11	2.000	5,825E-06	1,165E-08	1,000E+04	1,000E+13	2,000E-10
5	Pu 239	Deposito non asportabile su dischetto in acciaio inox	2,295E+09	2.000	1,091E-05	2,182E-08	1,000E+04	1,000E+13	2,000E-10
6	C 14	Deposito non asportabile su placchetta di alluminio	1,649E+11	1.000			1,000E+07	1,000E+16	1,000E-13
7	C 14	Soluzione acquosa sigillata in ampolla di vetro	1,649E+11	1.000			1,000E+07	1,000E+16	1,000E-13
8	H 3	Deposito non asportabile su placchetta di alluminio	3,557E+14	1.000			1,000E+09	1,000E+18	1,000E-15
9	H 3	Soluzione acquosa sigillata in ampolla di vetro	3,557E+14	1.000			1,000E+09	1,000E+18	1,000E-15
10	Sr 90	Deposito non asportabile su placchetta di alluminio	5,052E+12	1.000			1,000E+04	1,000E+13	1,000E-10
11	Fe 55	Sferetta di resina montata in una placchetta di plastica	8,917E+13	2.000.000			1,000E+06	1,000E+15	2,000E-09
	TOTALI			2.015.000					4,900E-09

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	21 41

6. DESCRIZIONE DI IMPIANTI E SISTEMI RILEVANTI

In questo capitolo si descrivono sommariamente le attrezzature e i sistemi principali previsti nel laboratorio ai fini della sicurezza e della protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione. Sulla base delle indicazioni qui contenute, in fase di progettazione si svilupperanno gli argomenti con un grado di approfondimento e di dettaglio commisurato, nel caso specifico, alla pertinenza ed alla rilevanza di essi ai fini della sicurezza nucleare e della protezione sanitaria del personale e della popolazione.

6.1. SISTEMA DI RIVELAZIONE ED ESTINZIONE INCENDI

Malgrado l'uso di criteri costruttivi e materiali non infiammabili, il rischio d'incendio in un laboratorio radiochimico non può essere completamente escluso. Appositi rivelatori di fumo e sensori di temperatura devono essere posizionati in punti sensibili dove più alto è il rischio d'incendio. La rilevazione provocherà, secondo una logica da definire, l'emissione di segnali acustici ed ottici. Come agenti estinguenti verranno preferiti quelli funzionanti per azione chimica, da individuare nel rispetto della vigente legislazione. Ovviamente l'impianto antincendio sarà collegato alla rete di alimentazione elettrica di emergenza, quindi sempre in grado di funzionare. Le SaG saranno dotate di estintori manuali, con immissione ad ago, in grado di forare il guanto e dirigere la scarica all'interno.

6.2. SISTEMA DI CONTENIMENTO STATICO

In considerazione del fatto che si opera su un edificio già esistente, particolare cura va riposta nell'isolamento dei locali adibiti al costituendo laboratorio radiochimico al fine di assicurare il contenimento statico secondario, assodato che il contenimento statico primario è operato dalla SaG o dal contenitore della sorgente, quando la sorgente non è nella SaG.

Le Scatole a Guanti sono realizzate in acciaio inossidabile, satinato o rivestito, a secondo del tipo di strumentazione che verrà ospitata. Alcune postazioni prevedono la remotizzazione di tecniche di analisi estremamente sofisticate quali ICP Massa o Ottico, GC Massa e altre. Una SaG sarà schermata con opportuni spessori (da definire sulla base delle sorgenti da manipolare) per esperienze con attività beta-gamma superiori a quelle consentite nelle normali SaG.

6.3. SISTEMA DI CONTENIMENTO DINAMICO: VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO

I principali requisiti funzionali del sistema di ventilazione e di condizionamento dei locali del laboratorio sono:

- Mantenere all'interno delle aree di lavoro condizioni termoigrometriche di benessere per il personale, per mezzo di un conveniente numero di ricambi della atmosfera e l'immissione di aria a temperatura ed umidità controllata.
- Limitare l'esposizione del personale nei confronti di eventuali aerosol di materiali radioattivi sviluppati nel corso delle lavorazioni, realizzando flussi di aria dalle zone a minor rischio verso quelle a maggior rischio di contaminazione.
- Garantire il contenimento dinamico della atmosfera delle aree di operazione, potenzialmente contaminate, mantenendole in depressione rispetto all'esterno, in modo da impedire fuoriuscite incontrollate di contaminazione nell'ambiente.

- Garantire il contenimento dinamico delle Scatole a Guanti, a maggior rischio di contaminazione, mantenendole in depressione rispetto ai locali operativi, in modo da impedire fuoriuscite incontrollate di contaminazione nell'ambiente operativo.
- Limitare i rilasci ambientali di materiale radioattivo a mezzo di un opportuno trattamento di filtrazione dell'aria in uscita dall'edificio.
- Disperdere nell'ambiente, in condizioni controllate, l'aria effluente dall'edificio.
- Raccogliere, filtrare e convogliare al camino gli sfiati provenienti dalle apparecchiature di processo e di servizio e dai sistemi di contenimento (SaG, Cappe, ecc.).
- Garantire un funzionamento continuo ed automatico, provvedendo alla segnalazione di eventuali anomalie.

La ventilazione delle aree operative deve essere realizzata totalmente con aria esterna, evitando ricircoli che, in caso di malfunzionamenti, possono provocare il rischio di immissioni di aerosol o polveri radioattive nelle aree di operazione.

Al fine di assicurare una più accurata distribuzione dei flussi di aria di ventilazione nei locali deve essere evitato l'impiego di "fan coils" o termoconvettori; tutto il carico termico necessario per il condizionamento dei locali deve essere sostenuto dall'aria di ventilazione.

Le canalizzazioni del sistema devono essere realizzate in acciaio inox saldato e finire in una camera di calma (plenum) dove sarà mantenuta una depressione prefissata tramite valvole di controllo pneumatiche. In caso di mancanza di corrente di rete, deve essere previsto un allacciamento alla rete di emergenza che garantisca l'immediata ripresa dei ventilatori di mandata e di aspirazione.

6.4. SISTEMA ELETTRICO E STRUMENTALE

Il sistema deve essere configurato in modo da svolgere i seguenti compiti:

- L'alimentazione elettrica dei sistemi di processo, dei sistemi di sicurezza e dei sistemi ausiliari del laboratorio;
- L'illuminazione artificiale dei locali;
- L'azionamento delle apparecchiature elettriche.

Il sistema deve essere realizzato nel rispetto della legislazione vigente e di norme e standard commisurate ai requisiti richiesti.

Il sistema di alimentazione di emergenza deve entrare in funzione entro 5-10 secondi dalla caduta di alimentazione principale. Verranno garantite nell'ordine le seguenti priorità:

- impianto di ventilazione
- sistemi di monitoraggio radiazioni
- sistemi di rilevazione incendio
- illuminazione di emergenza dell'ambiente.

Una serie di luci di emergenza, munite di batteria, devono essere predisposte sulle vie di fuga interessate dai percorsi di evacuazione del personale presente nel laboratorio.

Una rete di alimentazione stabilizzata di emergenza (INVERTER) deve essere garantita per tutti quei sistemi (apparecchiatore e/o accessori) che devono essere alimentati in modo continuo.

6.5. SISTEMA DI MONITORAGGIO RADIOMETRICO

Sistema di monitoraggio gamma

La funzione del sistema di monitoraggio gamma è quella di misurare e registrare l'intensità di esposizione nelle aree operative e di intervento del laboratorio, e di dare un allarme se l'esposizione supera un predeterminato livello.

I rivelatori sono normalmente delle camere di ionizzazione sospese a due metri sopra il pavimento dell'area di lavoro. Ogni rilevatore è munito di indicatore e allarme (ottico ed acustico) posto vicino al rilevatore. Gli allarmi devono essere duplicati all'ingresso del Laboratorio e nel locale della RPO; devono essere previsti regolari check funzionali e calibrazioni secondarie.

Ogni sensore è costituito da un'unità autonoma in grado di svolgere le routines richieste per questo tipo di misura (taratura, ecc.). A tale scopo devono essere previste a bordo di ogni sensore le segnalazioni e i comandi necessari per visualizzare i valori misurati e per la gestione della misura.

Tutti i sensori devono essere connessi ad un'unità di supervisione installata nel locale RPO. Detta unità di supervisione deve consentire:

- La gestione remota dei sensori (visualizzazione delle misure e gestione del sensore).
- L'interfacciamento con altri sistemi di monitoraggio (eventualmente anche esterni all'installazione).
- L'acquisizione dei dati di monitoraggio.
- L'interfacciamento con il sistema di controllo.
- L'invio di segnali a postazioni continuamente presidiate.
- La costruzione di un archivio dati hardware.
- La resa dei dati in un formato adatto per l'elaborazione fuori linea su altri mezzi informatici.

Sistema di monitoraggio dell'aria

Nelle aree operative a rischio di contaminazione deve essere previsto un sistema discontinuo di monitoraggio costituito da un circuito che aspira l'aria. L'aria aspirata è quindi filtrata, ed il filtro è giornalmente sostituito e successivamente analizzato, nei tempi tecnici necessari, per la radioattività eventualmente presente (dopo circa 8 giorni per il decadimento della radioattività naturale).

In aggiunta a questi sistemi posizionati all'interno del fabbricato si deve prevedere un sistema di campionamento al camino realizzato in condizioni di isocinetismo, in cui il campione sia analizzato in tempo reale per rilevare eventuali rilasci all'atmosfera e sia raccolto su filtri, da sostituire con periodicità da definire, per i successivi esami di laboratorio.

Il sistema di monitoraggio in continuo al camino deve essere interfacciato con il sistema di supervisione installato nel locale RPO per tutto ciò che concerne misure e sistemi di autodiagnosi.

Sistema di monitoraggio del personale

Si deve prevedere un sistema di monitoraggio del personale costituito da una serie di dosimetri da assegnare al personale operante in zona controllata e da un monitore manipiedi da installare nello spogliatoio caldo.

6.6. SISTEMA DI CONTROLLO DEGLI ACCESSI

Al fine di identificare chi accede alla zona controllata si deve prevedere un sistema di controllo degli accessi, che nelle sue linee essenziali è costituito da una serie di una o più

unità autonome dotate dei mezzi necessari per il riconoscimento di chi accede alle aree e/o per impedirne l'accesso in caso di mancato riconoscimento o di abilitazione.

Le porte di accesso al Laboratorio, bussola costruita tra lo spogliatoio caldo e il laboratorio, sono allarmate per un accesso intelligente, tale da non compromettere il livello di depressione all'interno dei locali di lavoro. Resta la possibilità di disattivazione dell'allarme in caso d'emergenza.

Altrettanto allarmate saranno le porte di emergenza che dai locali SaG e Sala Conteggi permettono una rapida evacuazione del personale verso il corridoio, in caso di emergenza.

6.7. SISTEMA DI CONTROLLO E/O ALLARME

Nel laboratorio deve essere previsto un sistema di controllo e/o allarme alimentato in corrente continua, fornita da batteria, tale da potere sempre funzionare anche in caso di mancanza di tensione. Tutti gli allarmi sono del tipo luminoso-acustico e saranno dislocati in un quadro generale nel locale RPO e riportati nello spogliatoio caldo, riuniti in gruppo.

Sono previsti:

- sirena per allarmi nucleari
- campanello per allarme incendio
- cicalina per allarme radiazioni
- allarme per malfunzionamenti alle SaG
- allarme di livello dei serbatoi degli scarichi acquosi sospetti

Allarmi per rischi nucleari

Questo tipo di allarme (pre-allarme ed allarme) sarà di tipo manuale ed automatico; il suo azionamento, nella versione manuale, sarà affidato ad una persona responsabile del Laboratorio e comporterà sia l'evacuazione del personale dai locali, sia la dichiarazione di Emergenza di Centro, nel caso i rischi siano estesi al di fuori del laboratorio stesso. L'allarme sarà del tipo a sirena a suoni intermittenti o continui.

Allarme presenze radiazioni

In particolare l'allarme presenza radiazioni deriva dal monitoraggio gamma dei locali (per i prodotti di fissione) e degli effluenti al camino (per il particolato).

Altri allarmi saranno previsti localmente sulle Scatole a Guanti, oltre a quelli previsti dalle particolari strumentazioni in esse contenute, del tipo a pedale, azionabile in caso di incidente, al di fuori di quelli segnalati automaticamente, direttamente dall'operatore alla SaG.

6.8. ALTRI SISTEMI

In sede di progettazione verranno descritti con adeguato grado di dettaglio:

- Il sistema di comunicazione telefono, interfono, rete informatica locale (LAN) con adeguato numero di punti di connessione;
- distribuzione del vuoto (da pompa rotativa);
- distribuzione dell'acqua di tipo potabile a pressione di distribuzione stabilizzata (5 Bar +/- 10%), filtrata attraverso filtro primario a campana con materiale filtrante vetro o plastica e filtro secondario allo stacco di alimentazione puntuale in materiale sinterizzato (75 μ m), misuratore di portata con regolazione e indicazione della stessa come alimento per i sistemi di produzione di acqua deionizzata e/o distillata,

per il funzionamento della macchina lavavetreria, dei sistemi di raffreddamento primari richiesti dalla strumentazione “speciale”, ecc.;

- distribuzione dei fluidi (aria compressa, argon, argon-metano, azoto liquido, ecc.), comprensivo di valvole di sicurezza, filtri, indicatori, riduttori, regolatori di pressione, manometri di precisione con appropriato campo di misura, ecc.;
- raccolta e gestione dell’acqua reflua (scarichi dubbi);
- rete di alimentazione elettrica trifase e monofase;
- alimentazione elettrica di emergenza e sotto inverter.

7. GESTIONE, RACCOLTA, DEPOSITO E/O TRATTAMENTO, ALLONTANAMENTO DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

La gestione dei rifiuti radioattivi prodotti dall’impianto sarà operata in funzione:

- delle loro caratteristiche (periodo di decadimento dei radionuclidi presenti, attività totale e specifica, radiotossicità e irraggiamento);
- delle loro caratteristiche fisiche (stato fisico, volume, peso);
- delle loro caratteristiche chimiche (volatilità, chemitossicità);
- delle modalità e del luogo di produzione e/o provenienza (decontaminazione di vetreria, operazioni di varia natura);
- delle modalità previste per la raccolta (continua o discontinua), per il trattamento e/o deposito (riduzione di volume o di condizionamento);
- delle modalità previste per l’allontanamento dei rifiuti dall’impianto (trasmissione ad altro soggetto, immissione nell’ambiente esterno).

La modalità di raccolta ed allontanamento dei rifiuti, per un laboratorio come quello in esame, non può che essere discontinua.

Saranno istituiti degli appositi registri nei quali saranno annotati, con un’appropriata procedura di identificazione univoca, i rifiuti liquidi, solidi e gassosi prodotti, le loro movimentazioni, i risultati delle loro analisi (se necessarie) e l’attività ad essi associata.

I rifiuti radioattivi solidi e liquidi, comunque prodotti, devono essere “classificati “ cioè suddivisi in gruppi, tipi e classi (stato fisico, caratteristiche chimiche e fisiche, radiotossicità, tipo A, tipo B, ecc...); inoltre essi hanno anche le caratteristiche tipiche dei rifiuti “speciali” e/o “tossici nocivi”, essi devono essere classificati anche con riferimento a quanto previsto dalla vigente legislazione, relativa a tali rifiuti.

7.1. MODALITÀ DI RACCOLTA ED ALLONTANAMENTO DEI RIFIUTI LIQUIDI

Scarichi dubbi

Il laboratorio deve essere dotato di un sistema di scarico contenuto per l’evacuazione di liquidi acquosi potenzialmente contaminati (lavandini, doccia di decontaminazione, drenaggi, ecc.). Il sistema deve essere formato da una rete di tubi in acciaio inox, situati sotto il piano del pavimento, per convogliare i liquidi in due serbatoi in acciaio inox da 10 m³ cadauno, interrati, accessibili per le ispezioni e collegati in modo da permettere il funzionamento in alternativa e il travaso di uno nell’altro.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	26 41

I serbatoi devono essere a loro volta contenuti in vasconi di calcestruzzo dotati di liner di acciaio inox, di volume pari a quello dei serbatoi e con pozzetti di raccolta muniti di sonda di livello per la detezione di eventuali perdite.

I serbatoi devono essere dotati di allarme di alto livello e di altissimo livello, di sistema omogeneizzazione, di sistema di campionamento e ne deve essere possibile lo svuotamento tramite pompa, sia in autocisterna che nella rete degli scarichi, a seconda del risultato delle analisi dei liquidi in essi contenuti. Nel laboratorio si prevede una produzione di tali liquidi sospetti non superiore a 100 l/giorno.

Rifiuti Liquidi

Si tratta soprattutto di rifiuti acquosi, per lo più soluzioni nitriche, provenienti da lavaggio e decontaminazione, dalle prove di estrazione con solventi, dalla dissociazione di prodotti di fissione, dalla decontaminazione di apparecchiature, ecc.. La produzione di questi rifiuti può essere stimata in circa 400/500 L/anno.

Si produrranno anche rifiuti liquidi organici da raccogliere separatamente: soluzioni di estraenti in idrocarburi provenienti da esperienze di estrazioni con solventi.

Per la raccolta di tali rifiuti si utilizzeranno contenitori di vario tipo a seconda della natura e radioattività del rifiuto:

- bottiglie di plastica da 2 litri con doppio sacco saldato;
- bottiglie in acciaio inox da 2 litri con doppio sacco saldato;
- bottiglioni di plastica da 25 litri con doppio sacco saldato;
- bottiglioni di plastica da 50 litri.

In caso di dose elevata le bottiglie possono essere introdotte in idonei contenitori schermati.

Sul doppio sacco saldato e/o sul contenitore esterno deve essere posto il codice di classificazione che specifica lo stato fisico e le caratteristiche chimico-fisiche, il gruppo di radiotossicità, il contenuto di radioattività, il tipo di radiazione emessa, il tempo di dimezzamento della radioattività, il tipo, il processo, la classe e la data.

I rifiuti liquidi prodotti saranno evacuati periodicamente, dopo analisi per la valutazione della radioattività ad essi associata e la compilazione del modulo di autorizzazione allo scarico, in apposita area di deposito, in attesa di essere smaltiti da un operatore autorizzato.

Sull'apposito registro sarà riportato il bilancio contabile univoco dei quantitativi generati, smaltiti, le date di produzione, i risultati analitici, la "classificazione" generale, il "tipo" e gli estremi delle ditte che gestiscono il loro smaltimento.

7.2. MODALITÀ DI RACCOLTA ED ALLONTANAMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI

Per i rifiuti solidi radioattivi o dubbi si hanno essenzialmente rifiuti solidi combustibili (filtri, guanti, materiale plastico, ovatta per pulizia e decontaminazione), la cui quantità annua stimata può essere di circa 8-10 m³/anno, e non combustibili (piattelli metallici per campionatura, vetreria, parti metalliche varie), la cui quantità annua stimata può essere di circa 5-6 m³/anno.

Per questi rifiuti vengono utilizzati dei contenitori di varia volumetria, tra i quali:

(A) - Contenitori plastici di 15/20 litri con apertura a pedale per la raccolta di vetri.

(B) - Contenitori plastici di 10/15 litri per la raccolta di rifiuti solidi comuni, potenzialmente contaminati, perché prodotti in zona controllata.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	27 41

(C) - Contenitori di latta con tappo a pressione da h cm. 40 Ø cm. 22 e sacco interno saldato.

Di questi ultimi contenitori di latta bisognerà fornire le informazioni concernenti:

- le caratteristiche costruttive dei contenitori;
- la loro dislocazione nel laboratorio;
- comportamento del materiale costituente i bidoni, nelle condizioni d'impiego;
- modalità di apertura e di chiusura, modalità di immissione dei rifiuti.

Inoltre vanno specificate:

- l'attività massima per ogni contenitore per ogni radionuclide;
- il potere schermante dei contenitori ed eventuali schermi adatti al fabbisogno;
- intensità di esposizione a contatto e ad 1 metro di distanza dal bidone in condizione di massimo utilizzo;
- procedure per il loro trasporto all'interno del laboratorio e loro conferimento al gestore finale.

7.3. MODALITÀ DI SCARICO DEGLI EFFLUENTI GASSOSI

Per i rifiuti aeriformi saranno dettagliatamente descritti i sistemi di controllo e di trattamento, prima della loro emissione nell'ambiente circostante. Le cappe radiochimiche e le SAG saranno munite di filtri assoluti HEPA. In particolare vanno calcolate le attività massime per ogni radionuclide previste dalla formula di scarico, le caratteristiche fisiche dei punti di immissione dei rifiuti nell'ambiente esterno (altezza dei punti di immissione, distanza dagli edifici circostanti, condizioni atmosferiche ambientali prevalenti, modelli di diffusione atmosferica utilizzati e relativo raggio di ricaduta del particolato).

8. DESCRIZIONE DELLE MANIPOLAZIONI CHE SI PREVEDE DI COMPIERE SUL MATERIALE RADIOATTIVO

Nel proponendo laboratorio si avranno manipolazioni su standard radioattivi sia liquidi che solidi; verranno trattate soluzioni sia organiche, sia acquose, additivate con traccianti radioattivi e rifiuti provenienti da ritrattamento di combustibile nucleare esausto. Inoltre saranno trattati campioni radioattivi vari, provenienti dall'esterno nell'ambito delle attività legate alla lotta al traffico illecito, per la loro identificazione e caratterizzazione.

Tutti i campioni radioattivi saranno annotati in registri appositamente istituiti, con un'appropriata procedura di identificazione univoca, le loro movimentazioni, i risultati delle loro analisi, l'attività ad essi associata il tipo e la quantità di rifiuto prodotto.

Nelle cappe radiochimiche verranno effettuate operazioni nel rispetto dei livelli di riferimento operativi per le lavorazioni "sotto cappe radiochimiche" e prescrizioni di fisica sanitaria definite dall'Esperto Qualificato.

Sui banchi da lavoro sistemati nei locali interessati saranno effettuate operazioni chimico-analitiche che non coinvolgeranno campioni radioattivi.

8.1 CARATTERIZZAZIONE DI MATERIALI CONTENENTI RADIOISOTOPI

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	28 41

L'impiego principale del laboratorio che si vuole realizzare riguarda la caratterizzazione di materiali contenenti radioisotopi attraverso tecniche distruttive che implicano operazioni come:

- l'ottenimento del campione analitico per attingimento, sezionamento, macinazione, omogeneizzazione, dissoluzione di parti selezionate di un corpo che si vuole assoggettare ad analisi.
- trattamento chimico di separazione, estrazione, purificazione di frazioni prescelte del campione analitico; questo trattamento implica di norma, secondo il caso e la convenienza, l'uso di acidi forti o basi forti, di resine estrattici di ioni, di solventi organici, e di apparecchiature che realizzano in scala laboratorio le separazioni (estrattori centrifughi, distillatori, colonne cromatografiche, ...).
- preparazione di set di soluzioni standard di calibrazione per trattamento e/o diluizione di stock concentrati di soluzioni standard di riferimento.
- la calibrazione di strumentazione analitica (chimica o radiochimica).
- la effettuazione delle misurazioni sperimentali sulle aliquote preparate dei campioni analitici mediante tecniche analitiche strumentali convenzionali (spettrofotometriche, spettrometriche, cromatografiche, ecc.) e mediante tecniche spettrometriche basate sulle proprietà nucleari dei materiali analizzati (spettrometria gamma, spettrometria alfa, scintillazione liquida).
- la gestione dei rifiuti liquidi e solidi che traggono origine dalla attività analitica.

8.2 ATTIVITÀ DI R & S IN CAMPO NUCLEARE

Attività collaterale alla precedente sarà la realizzazione di dispositivi sperimentali in scala laboratorio per la sperimentazione e lo studio di processi di separazione, purificazione e trattamento di materiali contenenti radioisotopi di interesse nucleare nel contesto delle ricerche finalizzate ai reattori della prossima generazione e dei bruciatori di radioisotopi a lunga vita media (soprattutto gli Attinidi cosiddetti minori). A tale scopo si prevede di realizzare specifiche fasi sperimentali come, ad es.:

- la separazione degli attinidi dai lantanidi e dagli altri prodotti di fissione mediante estrazione liquido/liquido tra liquidi poco miscibili in contattori centrifughi o mixer/settler.
- la separazione tra attinidi e la purificazione delle frazioni isolate mediante processi selettivi basati su solventi specifici, sulla pirometallurgia, sulla elettrodeposizione da miscele eutettiche di sali fusi;
- la realizzazione di piccoli campioni per esperimenti in reattori di prova ed in acceleratori di particelle.

9. ANALISI DI SICUREZZA

9.1. GENERALITÀ

La verifica del mantenimento degli obiettivi di progetto in condizioni normali e incidentali deve essere effettuata, a cura del progettista, per mezzo di un'analisi di sicurezza.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	29 41

Questa avrà lo scopo di verificare il mantenimento degli obiettivi di progetto in termini di congruenza fra le frequenze stimate dell'evento (categoria di evento) e gravità delle conseguenze (dosi al personale ed alla popolazione).

L'analisi di sicurezza è basata su di una "analisi delle risposte d'impianto" ovvero in una valutazione sistematica dei modi in cui strutture, sistemi e componenti possono guastarsi e delle conseguenze di tali guasti.

I malfunzionamenti analizzati dovranno comprendere l'intero spettro degli eventi e delle situazioni incidentali che abbiano una ragionevole probabilità di accadimento.

Tecniche di analisi tipo FMEA sono le più idonee per tale identificazione sistematica degli eventi iniziatori. La tecnica FMEA individua i possibili guasti per risalire alle cause, stabilirne le conseguenze ed individuare le misure di prevenzione o di protezione da adottare.

Per le situazioni di guasto saranno prese in esame:

- le modalità di guasto, in termini di perdita della funzione esaminata;
- le possibili cause;
- le conseguenze prevedibili;
- le misure di protezione, adottate in sede di progettazione e fabbricazione al fine di mitigare le conseguenze del guasto.

9.2. VALUTAZIONI DI DOSE AI LAVORATORI E ALLA POPOLAZIONE IN CONDIZIONI NORMALI

In sede di progettazione sarà effettuata una valutazione della dose ai lavoratori e alla popolazione in condizioni di funzionamento normale. Le dosi ammesse in condizioni di normale funzionamento sono stabilite sulla base dell'esperienza operativa di laboratori simili e da un'analisi costi benefici. Esse devono essere comunque conformi alle disposizioni di cui al D. Lgs 230/95 e s.m.i.. Dovrà essere inoltre fatto ogni ragionevole sforzo per assicurare che i rischi creati dalla presenza di materiale radioattivo siano per quanto possibile ridotti, secondo il principio ALARA.

9.3. ANALISI INCIDENTALE E VALUTAZIONI DI DOSE AI LAVORATORI E ALLA POPOLAZIONE IN CONDIZIONI INCIDENTALI

Con l'analisi incidentale sarà individuato l'incidente massimo credibile al quale sarà associato il massimo rilascio all'ambiente in condizioni incidentale. Sulla base di tale rilascio sarà effettuata la valutazione di dose ai lavoratori e alla popolazione per verificare il rispetto degli obiettivi di sicurezza che, pur nel rispetto dei limiti di legge, saranno commisurati alla gravità e alla frequenza stimata dell'incidente.

10. ORGANIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL PERSONALE

L'organizzazione del Laboratorio è naturalmente suggerita dalle principali finalità che con l'esercizio del Laboratorio si vuole raggiungere. Esse sono:

- la sperimentazione, in scala laboratorio, di processi di separazione di elementi radioattivi e la preparazione di piccoli campioni da sottoporre ad irraggiamento e/o trattamento nei reattori di prova materiali o mediante macchine acceleratrici di ioni.
- l'analisi qualitativa e quantitativa mediante tecniche analitiche convenzionali - come la Spettroscopia di emissione con torcia al plasma (ICP-AES), la Spettrometria di Massa con sorgente di ioni al plasma (ICP-MS), la Cromatografia ionica con rivelatori a conducibilità o a scintillazione e la Gas-Cromatografia - delle componenti radioattive e delle componenti non attive (inorganiche ed organiche) di materiali e/o rifiuti radioattivi.
- il dosaggio dei vari radioisotopi presenti nei più svariati materiali di interesse scientifico o nelle matrici che costituiscono i rifiuti radioattivi condizionati e non.

Per tale scopo il Laboratorio si dota di una struttura organizzativa finalizzata al più efficiente impiego delle professionalità disponibili, essenzialmente personale specializzato nella pianificazione e nella conduzione di attività di R&ST, in analisi radiochimiche distruttive e tecniche strumentali di vario tipo.

Nella sua essenzialità, lo schema organizzativo prevede:

- a) un Direttore del Laboratorio,
- b) due Responsabili di gestione del Laboratorio (uno per la parte radiochimica e uno per la parte analitica e la realizzazione della sperimentazione con materiali radioattivi),
- c) due gruppi di tecnici specialisti in singole tecniche analitiche (uno comprendente gli specialisti in tecniche radiochimiche e l'altro comprendente gli specialisti in analisi chimiche strumentali e nella manipolazione, preparazione e separazione di materiali radioattivi).

Di volta in volta, gruppi di attività "ad hoc" possono essere costituiti (sotto la guida di un responsabile di attività di R&ST), per periodi di tempo determinato, a secondo delle necessità programmatiche e delle esigenze evidenziate dal Laboratorio per lo svolgimento dei propri lavori di ricerca.

La sorveglianza fisica della radioprotezione sarà effettuata ai sensi dell'art. 75 del DLgs. 230/95 e s.m.i. e sarà affidata ad un Esperto Qualificato con le modalità indicate nei pertinenti articoli del Capo VIII dello stesso decreto. Il Laboratorio sarà dotato di un servizio di radioprotezione operativa con personale scelto d'intesa con l'esperto qualificato e che opererà secondo le direttive e sotto la responsabilità dell'esperto qualificato stesso (un responsabile con 2/3 operatori).

La sorveglianza medica della radioprotezione sarà effettuata ai sensi dell'art. 83 del DLgs. 230/95 e s.m.i. e sarà affidata ad un Medico Competente o Autorizzato con le modalità indicate nei pertinenti articoli del Capo VIII dello stesso decreto.

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	31 41

I criteri per classificazione del personale addetto al laboratorio, sia che si tratti di personale dipendente che di personale ospite, sono in accordo con quanto indicato nel paragrafo 3 dell'allegato III al D.L.gs. 230/95 e s.m.i..

Sono classificati di categoria A i lavoratori esposti suscettibili di una esposizione superiore, in un anno solare, ad uno dei seguenti valori:

- 6 mSv di dose efficace;
- 45 mSv di dose equivalente per il cristallino;
- 150 mSv di dose equivalente per la pelle;
- 150 mSv di dose equivalente per mani, avambracci, piedi e caviglie.

Sono classificati di categoria B i lavoratori esposti suscettibili di una esposizione, in un anno solare, compresa negli intervalli seguenti:

- 1÷6 mSv di dose efficace;
- 15 ÷ 45 mSv di dose equivalente per il cristallino;
- 50 ÷ 150 mSv di dose equivalente per la pelle;
- 50 ÷ 150 mSv di dose equivalente per mani, avambracci, piedi e caviglie.

Sono considerati lavoratori non esposti quelli soggetti ad una esposizione che non è suscettibile di superare, in un anno solare, i seguenti limiti:

- 1 mSv di dose efficace;
- 15 mSv di dose equivalente per il cristallino;
- 50 mSv di dose equivalente per la pelle;
- 50 mSv di dose equivalente per mani, avambracci, piedi e caviglie.

L'accertamento delle condizioni di esposizione è effettuato dall'Esperto Qualificato.

Il Datore di Lavoro deve comunicare per iscritto, all'Esperto Qualificato ed alle altre competenze/unità interessate, la data di inizio dell'attività e quella di termine, alla cessazione della stessa.

11. BUDGET NECESSARIO E TEMPISTICA PREVISTA

Nella fase attuale non è possibile definire con sufficiente accuratezza il budget e i tempi necessari per la realizzazione ex-novo di un laboratorio radiochimico, in quanto materia soggetta ad iter autorizzativo. Una valutazione di massima, tra opere civili, sistemi di sicurezza, sistemi ausiliari e dotazioni strumentali, prevede una spesa di circa 4.000.000 Euro ed una tempistica di 3 ÷ 4 anni, da verificare più puntualmente in fase progettuale.

12. ITER AUTORIZZATIVO

Allo stato della legislazione vigente, il Laboratorio descritto è soggetto a nulla osta preventivo, in ottemperanza all'articolo 28 del Decreto Legislativo 230/1995 modificato dal 187/2000 e dal 241/2000, da parte del Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con i Ministeri dell'Ambiente, dell'Interno, del Lavoro e della Previdenza Sociale, della Sanità

 Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag. di
	NNFISS-LP4-001	0	L	32 41

sentite l'ISPRA e le regioni territorialmente competenti, le quali formuleranno osservazioni, in vista dell'autorizzazione della esecuzione delle operazioni connesse, rilasciata dal sopracitato Ministero dello Sviluppo Economico. Tali osservazioni devono essere trasmesse all'ISPRA, entro 60 giorni dal ricevimento dell'istanza, nel quadro di un procedimento complesso in cui la P.A. locale interagisce in fase istruttoria con l'Autorità di Sicurezza Nucleare.

La domanda di nulla osta deve essere inoltrata al MSE, e in copia alle altre amministrazioni e organismi tecnici sopra indicati, corredata della documentazione tecnica descritta nell'Allegato IX del DLgs 230/1995 così come modificato dal 241/2000.

N.B.: Quanto sopra potrebbe non essere completamente applicabile nel caso in cui il laboratorio descritto venga realizzato come facente parte del "Parco Tecnologico" comprendente il deposito nazionale di stoccaggio definitivo dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività e stoccaggio temporaneo dei rifiuti ad alta attività, per il quale è prevista una "autorizzazione unica".

13. RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia, per gli utili suggerimenti e contributi, i colleghi della LP4 – Task B.

14. LEGENDA

ICP	Inductively Coupled Plasma
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy
GC-MS	Gas Chromatography-Mass Spectrometry
LSC	Liquid Scintillation Counting
SAS	Secure Access System
TI-MS	Thermal Ionization-Mass Spectrometry
HPIC	High-Performance Ion Chromatography
HPGe extended-range	Coaxial low background Germanium Detector with extended range
LEGe	Low Energy Germanium Detector
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

ENEA

Ricerca Sistema Elettrico

Progetto preliminare del Laboratorio di caratterizzazione radiologica mediante tecniche di analisi distruttive.

Sezione A - A

Scala 1:700

ing. Mario Ferrando
ing. Luca Silvi

Data: 18 gennaio 2010

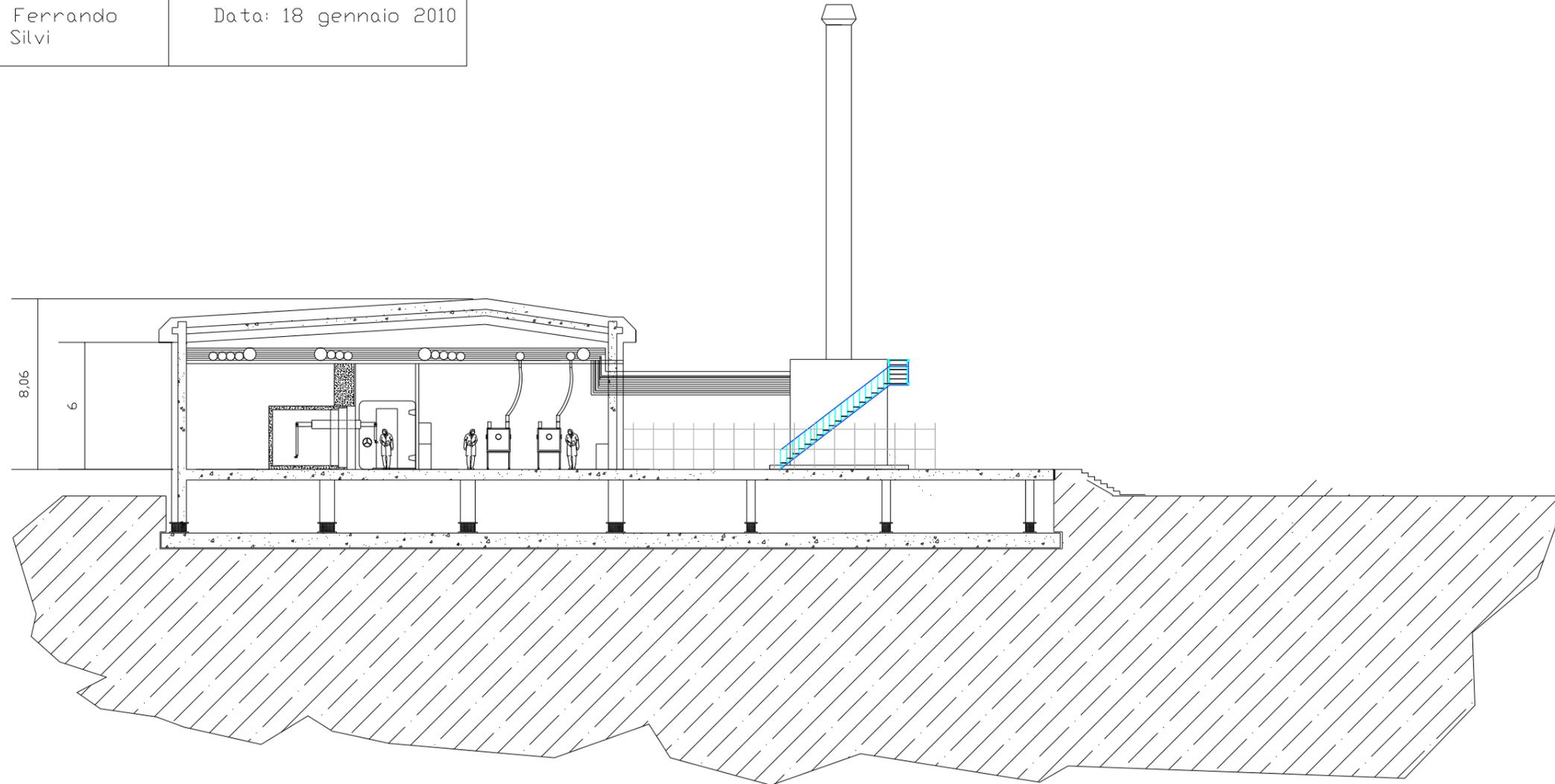


Fig.2 – Sezione A - A del Laboratorio

ENEA
Ricerca Sistema Elettrico

Progetto preliminare del Laboratorio di
caratterizzazione radiologica mediante
tecniche di analisi distruttive.

Prospetto B - B

Scala 1:700

ing. Mario Ferrando
ing. Luca Silvi

Data: 18 gennaio 2010

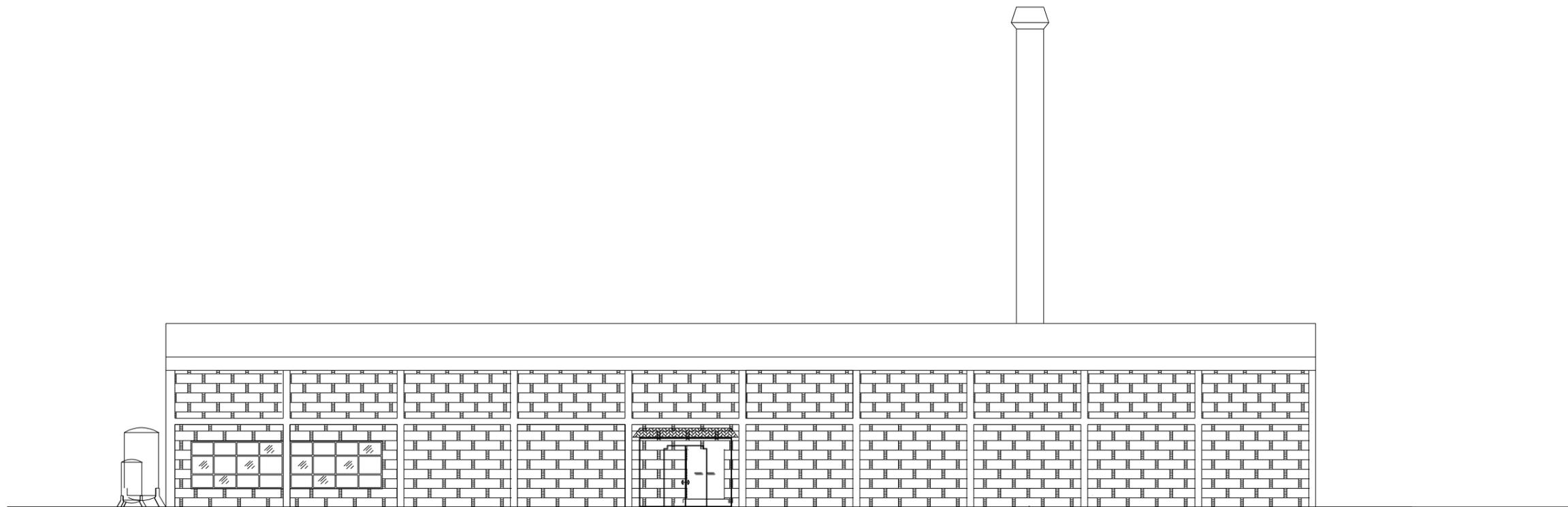


Fig.3 – Prospetto Vista B - B

ENEA

Ricerca Sistema Elettrico

Progetto preliminare del Laboratorio di
caratterizzazione radiologica mediante
tecniche di analisi distruttive.

Sezione B - B

Scala 1:700

ing. Mario Ferrando
ing. Luca Silvi

Data: 18 gennaio 2010

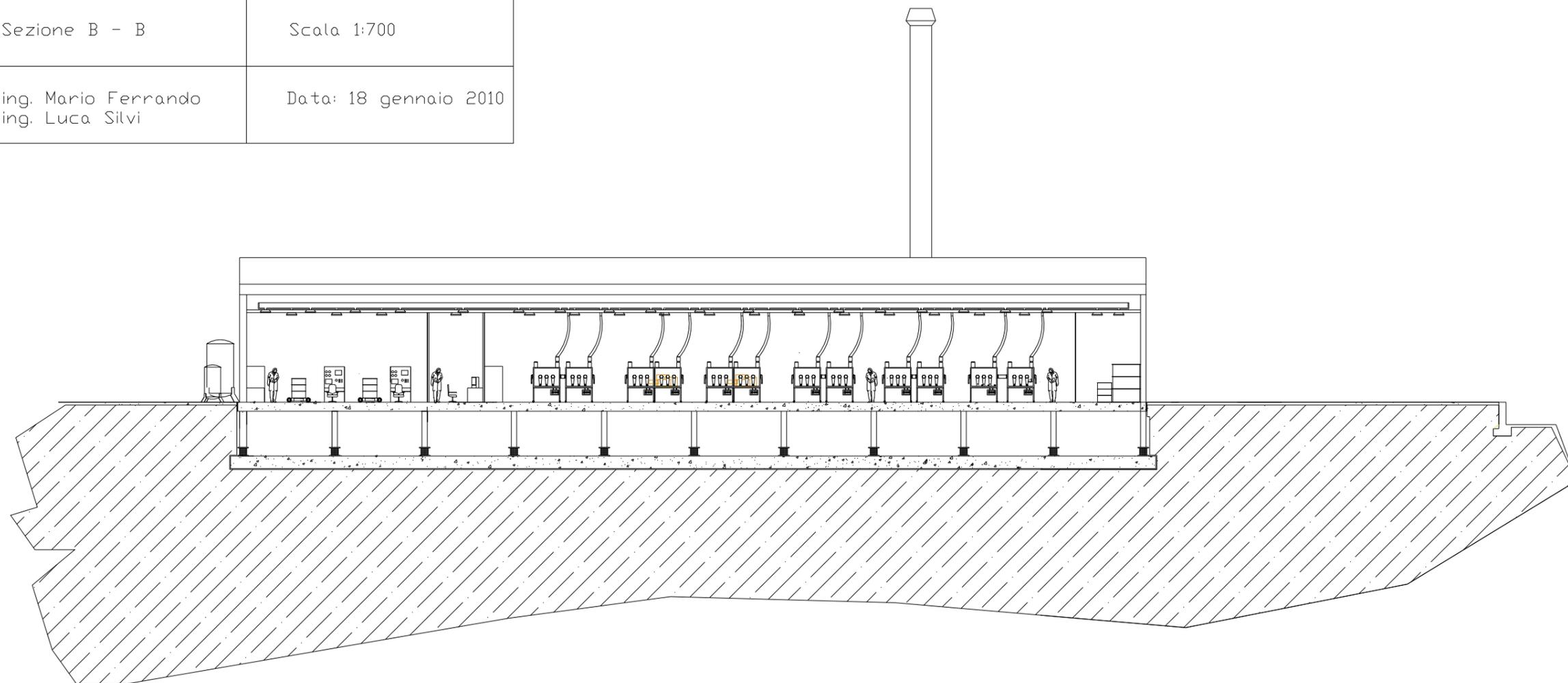


Fig.4 – Sezione B – B del Laboratorio

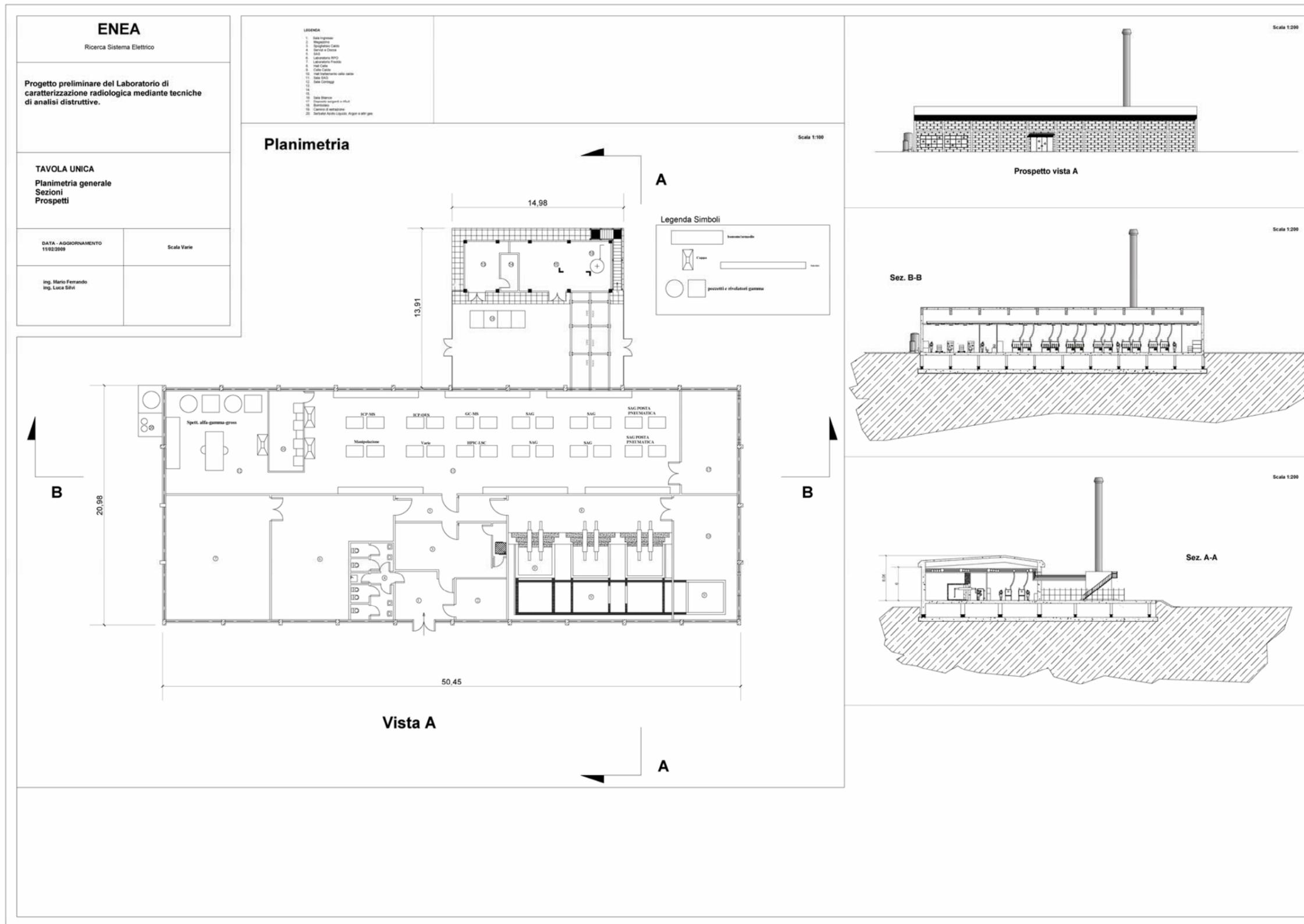


Fig.5 – Progetto preliminare del Laboratorio di caratterizzazione radiologica mediante tecniche distruttive – Vista d’insieme



Fig.6 – Scatola a Guanti con impianto di estrazione controcorrente di attinidi da lantanidi tramite “estrattori centrifughi”



Fig.7 – Scatola a Guanti dedicata al ICP Plasma

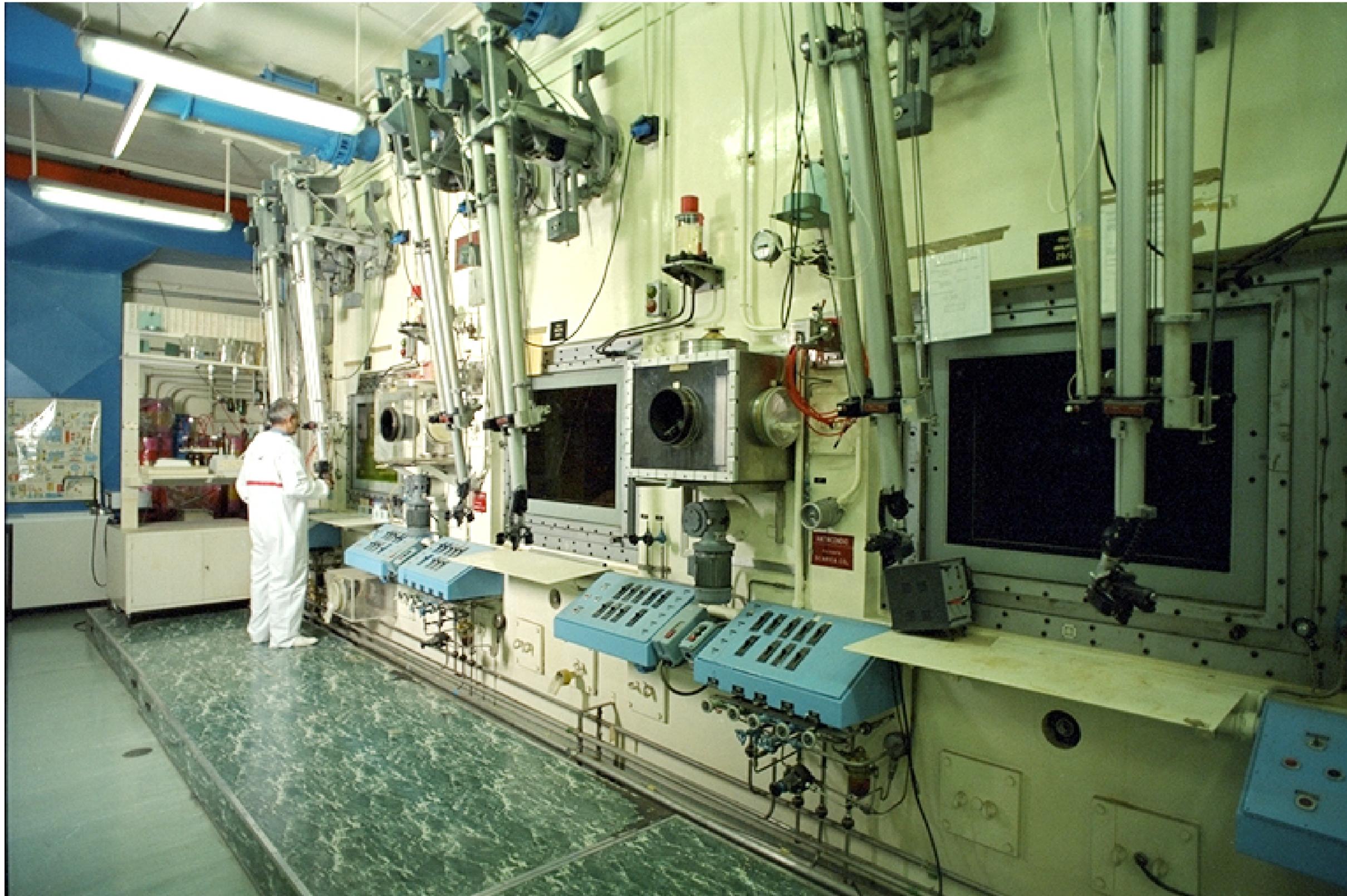


Fig.8 – Sala Hall Celle con telemanipolatori in evidenza



Fig.9 – Sala Conteggi con sullo sfondo catena di spettrometria gamma e pozzetti di conteggio