Manager ambientale per la gestione del *decommissioning* e dei rifiuti radioattivi in ambito sanitario, industriale e di ricerca

MASTER DI I LIVELLO

NOVARA

SETTEMBRE 2015
LUGLIO 2016

RADWASTE MANAGEMENT SCHOOL
SOGIN GROUP

UPO
UNIVERSITÀ DEL PIEMONTE ORIENTALE

Pagina web del Master

Manager ambientale per la gestione del *decommissioning* e dei rifiuti radioattivi in ambito sanitario, industriale e di ricerca

Un percorso di alta formazione che integra l'attività didattica a esercitazioni operative negli impianti nucleari in fase di smantellamento, un'attività di cui è responsabile la società pubblica Sogin.

16 weekend non consecutivi con sessioni in *streaming* diretto e differito

Novara, settembre 2015 – luglio 2016
Master universitario di I livello (60 CFU)

Università del Piemonte Orientale
Dipartimento di Scienze della Salute

Direttore del Master
Michele Arneodo, Docente di Fisica presso la Scuola di Medicina dell'Università del Piemonte Orientale

Vice Direttori del Master
Marco Brambilla, Dirigente Sanitario, Fisica Sanitaria, Azienda Ospedaliero-Universitaria "Maggiore della Carità" di Novara
Carlo Vicini, Responsabile Unità Tecnico Scientifica Radwaste Management School

Responsabile Alta Formazione UPO
Mara Zilio

RADWASTE MANAGEMENT SCHOOL
SOGIN GROUP

UPO
UNIVERSITÀ DEL PIEMONTE ORIENTALE

Indice

7. Presentazione del Master
13. Le esercitazioni operative presso le sedi Sogin
22. Il programma didattico
31. Opportunità formative e professionali legate al Master
32. Informazioni

Cesare Emanuel
Rettore dell'Università del Piemonte Orientale
Professore di Geografia economico-politica
Dipartimento di Studi per l'Economia e l'impresa

La ricerca in campo sanitario svolta nei Dipartimenti dell'Università del Piemonte Orientale è al vertice per standard qualitativi nel panorama universitario nazionale. Questo dato – scaturito dalle elaborazioni dell'ANVUR e del CENSIS – ci ripaga dei molti sforzi compiuti dalla nostra istituzione a partire dal 1998. Esso ci investe di una grande responsabilità, legata alle alte aspettative di chi si rivolge a noi per incrementare e qualificare la propria formazione accademica e professionale.

La collaborazione con Sogin rende il Master in *Manager ambientale per la gestione del decommissioning e dei rifiuti radioattivi in ambito sanitario, industriale e di ricerca* un vero e proprio fiore all'occhiello nel ventaglio di proposte di alta formazione dell'Università del Piemonte Orientale. L'*expertise* messa in campo da Sogin e la competenza dei nostri docenti e ricercatori garantiscono un programma qualitativamente unico sia dal punta di vista teorico sia da quello pratico.

Lo stesso Master si propone come un prodotto innovativo nella misura in cui l'Italia persegue il processo di smantellamento delle centrali nucleari. Quello che offriamo a tecnici e a operatori di svariati ambiti professionali è un percorso di studi che garantisce l'opportunità di approfondire tematiche esclusive, oltre a un percorso formativo-operativo di settanta ore che si svolgerà direttamente negli otto siti Sogin.

L'opportunità di fruire delle lezioni sia in modalità di didattica frontale sia in *e-learning* ci consente di abbattere ogni barriera geografica, puntando a quell'universalità del sapere a cui ogni ateneo dovrebbe tendere in maniera decisa.

Giuseppe Zollino
Presidente di SOGIN
Professore di Tecnica ed Economia dell'energia e Impianti nucleari a fissione e fusione
Dipartimento di Ingegneria industriale dell'Università degli Studi di Padova

Dal 20 settembre 2013 sono Presidente di Sogin, la Società pubblica responsabile dello smantellamento degli impianti nucleari italiani e della gestione dei rifiuti radioattivi. Dal 2001 sono Professore presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Padova, dove attualmente sono titolare delle cattedre di Tecnica ed Economia dell'energia e Impianti nucleari a fissione e fusione. Dal 2007 al 2013 sono stato delegato nazionale italiano nel Comitato di Programma Cooperazione-Energia del 7° Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico dell'Unione Europea. Precedentemente, dal 2001 al 2006, sono stato membro del segretariato della Commissione Parlamentare Industria Ricerca ed Energia del Parlamento Europeo, responsabile per le iniziative legislative in ambito Euratom e per quelle nel settore della ricerca e sviluppo di tecnologie energetiche. Sono nato in provincia di Lecce, mi sono laureato in Ingegneria Elettrotecnica all'Università degli Studi di Padova, dove ho anche conseguito il diploma del Corso di Perfezionamento in "Ingegneria del Plasma e della Fusione Termonucleare Controllata". Nella mia carriera scientifica ho maturato significative esperienze in attività di ricerca in Giappone e Stati Uniti. Sono autore o co-autore di numerosi articoli e pubblicazioni scientifiche, di cui oltre 70 su riviste internazionali.

Cosa significa lavorare nel *decommissioning* nucleare?

Significa lavorare in un settore ad alta tecnologia, complesso e sfidante. Complesso perché richiede la messa in campo di diverse competenze disciplinari, sia tecniche sia gestionali, in un contesto operativo fortemente influenzato dalle giuste esigenze di radioprotezione, degli stessi lavoratori e della popolazione e dell'ambiente circostante, dalle quali discendono procedure autorizzative piuttosto complesse. Il successo delle attività di decommissioning dipende strettamente dalla capacità di amalgamare le competenze necessarie, i processi autorizzativi e la pianificazione di numerose attività, che spesso interagiscono tra loro. Per questo occorrono professionalità e dedizione, qualità che non mancano in Sogin. Sfidante perché procedere "a regola d'arte" nel *decommissioning* dei nostri impianti è una grossa opportunità di crescita per gli operatori Italiani, che potranno poi cimentarsi nel mercato internazionale del decommissioning degli impianti nucleari giunti a fine vita.

Quale ruolo può giocare l'Italia in questo settore?

Fra i primi Paesi a uscire dal nucleare, con un parco centrali di quattro unità, tutte di diversa tipologia, e quattro impianti sul ciclo del combustibile, anch'essi diversi fra loro per le attività che vi si svolgevano, l'Italia ha già in parte sviluppato e potrà ancor di più sviluppare nei prossimi anni un prezioso *know-how* specialistico sia nel *decommissioning* sia nella gestione dei rifiuti radioattivi. Il ruolo di Sogin, quale pianificatore, gestore e in parte esecutore diretto delle attività, è fondamentale. Sentiamo la responsabilità di dover fornire un contributo importante, in Italia, allo sviluppo di un settore industriale ad alta tecnologia, con importanti prospettive di crescita e lavoro. Un motivo in più per realizzare il Deposito Nazionale dei rifiuti radioattivi, necessario affinché Sogin possa terminare lo smantellamento dei nostri ex impianti nucleari ed esser pronta, con altre aziende italiane, al ruolo di player internazionale di rilievo del settore.

Michele Arneodo
Direttore del Master
Professore di Fisica applicata
Università del Piemonte Orientale, Dipartimento di Scienze della Salute

Insegno Fisica alla Scuola di Medicina dell'Università del Piemonte Orientale, a Novara, dal 1994. Il mio lavoro di ricerca, da circa 10 anni, è basato al CERN, il laboratorio europeo di fisica delle particelle situato poco fuori Ginevra, dove partecipo al progetto CMS, uno dei due esperimenti che hanno portato alla scoperta del Bosone di Higgs.

Mi sono laureato all'Università di Torino e ho un dottorato dell'Università di Princeton. Prima di venire a Novara ho fatto parte dello *staff* dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Torino e ho insegnato all'Università della Calabria. In passato ho svolto ricerche anche presso il Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY) di Amburgo, in Germania.

Che cosa ci ha portato a creare questo master?

I termini "nucleare", "radiazione", "radioattività" vengono spesso percepiti con sospetto e disagio, particolarmente in Italia. Vorremmo creare una nuova figura di manager ambientale che coniughi competenze fisiche, tecniche, mediche, ambientali e di comunicazione nell'ambito della gestione dei rifiuti radioattivi.

Si tratta di una persona con *background* fisico/chimico/ingegneristico o medico/sanitario:

- che conosce le proprietà e il comportamento della radiazione ionizzante e i suoi effetti sulla salute, dal livello cellulare a quello della popolazione;
- che padroneggia le norme e le procedure legate alla radioprotezione in condizioni normali e di emergenza;
- che comprende l'origine e le procedure di gestione dei rifiuti radioattivi, di provenienza industriale, di ricerca e ospedaliera;
- che ha piena familiarità con gli aspetti ambientali, economici e sociali della gestione dei rifiuti radioattivi;
- che è in grado di comunicare con efficacia, anche con i non addetti ai lavori.

SOGIN è il partner ideale in un corso di questo tipo: è la Società di Stato responsabile dello smantellamento degli impianti nucleari italiani e della gestione dei rifiuti radioattivi in Italia; raccoglie le migliori competenze in ambito di radioprotezione e gestione dei rifiuti radioattivi.

Oltre a contribuire alle lezioni teoriche del master con i suoi esperti (80 ore su 244 ore totali), SOGIN propone ai partecipanti al master un ciclo di circa 70 ore di esercitazioni pratiche presso i suoi siti (Caorso, Trino Vercellese, Latina, Garigliano, Bosco Marengo, Saluggia, Casaccia e Trisaia) – vero fiore all'occhiello di questo corso e *unicum* nel panorama dei master di questo tipo.

[...] «Abbiamo partecipato anche noi al Nobel. Quando penso a quel giorno mi emoziono ancora».
La passione fa incrinare la voce di Michele Arneodo, 54 anni, docente di Fisica alla Scuola di Medicina. È ricercatore al CERN di Ginevra in uno dei progetti che lavorano con l'acceleratore di particelle lungo 27 chilometri. Non è il solo "novarese": una nutrita delegazione dell'Università del Piemonte Orientale partecipa agli esperimenti che hanno portato a «vedere» il bosone di Higgs.

LA STAMPA, 7 giugno 2014

Presentazione del Master

Il master nasce dalla collaborazione tra l'Università del Piemonte Orientale e Sogin, società di Stato responsabile dello smantellamento (*decommissioning*) degli impianti nucleari italiani e della gestione dei rifiuti radioattivi compresi quelli prodotti dalle applicazioni in campo medicale, industriale e della ricerca. Sogin ha il compito di localizzare, progettare e gestire il Deposito Nazionale e il Parco Tecnologico.

Il *decommissioning* di un impianto nucleare è l'ultima fase del suo ciclo di vita. Questa attività comprende le operazioni di mantenimento in sicurezza degli impianti, allontanamento del combustibile nucleare esaurito, decontaminazione e smantellamento delle installazioni nucleari e gestione e messa in sicurezza dei rifiuti radioattivi, in attesa del loro trasferimento al Deposito Nazionale.

L'insieme di queste attività ha l'obiettivo di riportare i siti a "prato verde" (*green field*), cioè a una condizione priva di vincoli radiologici, rendendoli disponibili per il loro riutilizzo.

Il Deposito Nazionale sarà un'infrastruttura ambientale di superficie dove trasferire in totale sicurezza tutti i rifiuti radioattivi. Verrà realizzato insieme a un Parco Tecnologico, un centro di ricerca nel campo del *decommissioning* e della gestione dei rifiuti radioattivi.

Sogin ha un ruolo strategico per il Paese ed è impegnata nel realizzare una "società sostenibile" e garantire la sicurezza dei lavoratori e dei cittadini, la salvaguardia dell'ambiente e la tutela delle generazioni future.

Lo smantellamento degli impianti nucleari è un'attività ad alto valore sociale e ambientale, che si svolge con l'impiego di tecnologie avanzate e con *know how* altamente specializzato, nel rispetto dei più elevati standard nazionali e internazionali.

Di non minore importanza sono la produzione e la gestione dei rifiuti radioattivi di origine ospedaliera, come pure il *decommissioning* delle apparecchiature usate in medicina nucleare e in radioterapia. Questi argomenti trovano ampio spazio nel master grazie alla collaborazione con la Scuola di Medicina.

Prima di arrivare al *decommissioning* e al trattamento dei rifiuti, il master affronta in dettaglio le basi fisiche dell'interazione tra radiazione e la materia, e gli effetti della radiazione ionizzante sulla salute. Vengono anche discussi gli aspetti legislativi e operativi della radioprotezione, strumento fondamentale per operare in sicurezza in presenza di radiazione ionizzante.

La gestione del combustibile esaurito

L'attività propedeutica alle operazioni più complesse di decommissioning è la rimozione dall'impianto del combustibile nucleare esaurito per procedere al suo riprocessamento.

Il riprocessamento del combustibile permette di separare le materie riutilizzabili dai rifiuti finali e di condizionare questi ultimi in una forma che ne riduce considerevolmente il volume e ne garantisce la conservazione in sicurezza nel lungo periodo durante il loro decadimento radioattivo.

Tale processo permette di ridurre il volume dei rifiuti a più elevata radioattività al 5% del volume originario del combustibile.

Il 98% del combustibile esaurito prodotto durante l'esercizio delle centrali nucleari italiane è stato inviato all'estero per il suo riprocessamento.

La gestione dei rifiuti radioattivi

Sogin gestisce in totale sicurezza i rifiuti radioattivi prodotti dal pregresso esercizio degli impianti nucleari e dalle attività legate al loro smantellamento. In ogni impianto, i rifiuti sono trattati, condizionati e stoccati in idonei depositi temporanei, e saranno pronti per essere trasferiti, al termine del *decommissioning*, al Deposito Nazionale (raggiungimento della fase chiamata *brown field*). Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati, i depositi temporanei verranno smantellati e il sito potrà essere riportato allo stato di *green field*, ovvero a una condizione priva di vincoli radiologici, che consentirà il suo riutilizzo.

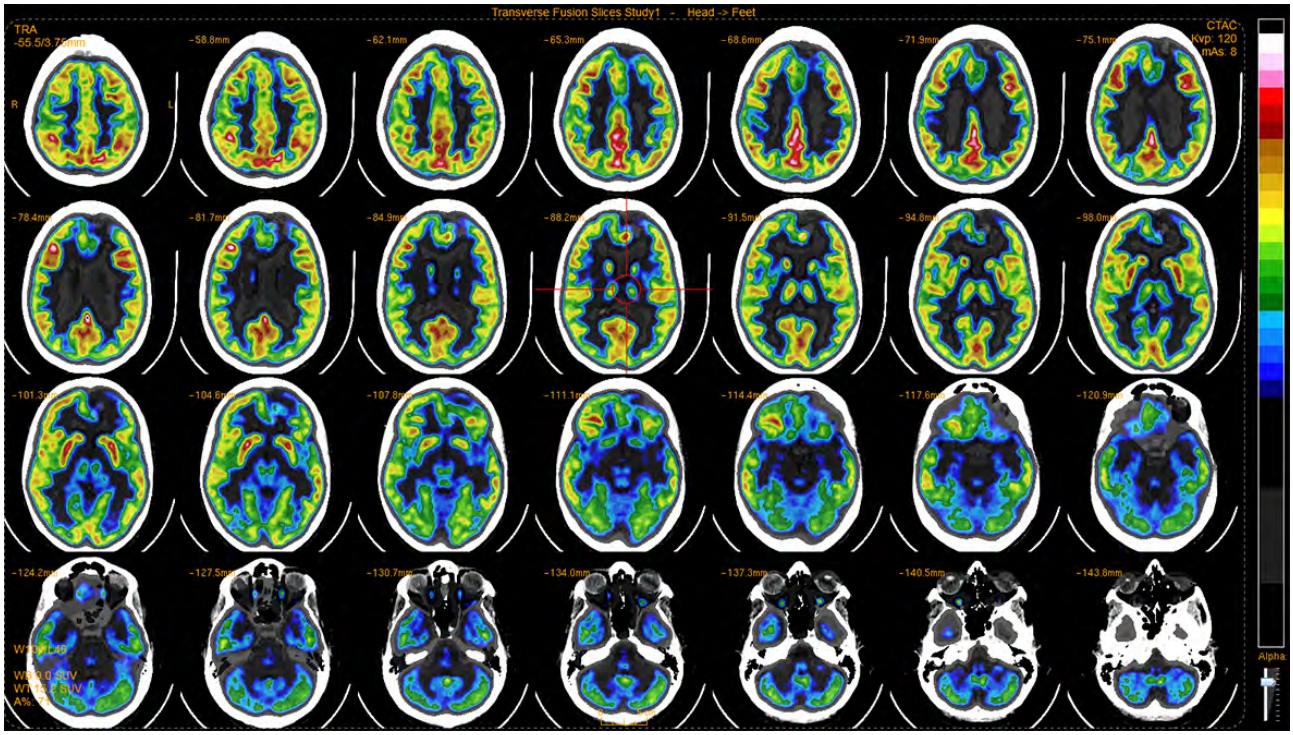
La gestione dei rifiuti radioattivi ospedalieri

Le vie principali di produzione di rifiuti radioattivi ospedalieri sono due. La prima è legata alla presenza nell'ospedale di un reparto di Medicina Nucleare, dove le tecniche di *imaging* diagnostico funzionale e alcuni trattamenti terapeutici comportano la detenzione, la manipolazione e la somministrazione ai pazienti di sostanze radioattive in forma non sigillata attraverso l'iniezione di radiofarmaci o la loro somministrazione sotto forma di capsule. Questo implica una produzione di rifiuti di bassa attività e brevi tempi di dimezzamento (il tempo in cui l'attività inizialmente presente si dimezza) – di pochi minuti, come nel caso del Fluoro 18 usato nella tomografia a emissione di positroni, di poche ore come nel caso del tecnezio 99 metastabile (usato nella gran parte delle indagini diagnostiche di medicina nucleare) o di pochi giorni come nel caso dello Iodio 131 (utilizzato per la terapia degli ipertiroidismi o del cancro tiroideo).

I rifiuti solidi sono costituiti da materiale contaminato a seguito della manipolazione e della somministrazione (carta, cotone, siringhe utilizzate per l'iniezione, contenitori di residui di soluzione, materiale proveniente dalle stanze di degenza nel caso di trattamenti terapeutici effettuati in regime di ricovero). I rifiuti liquidi sono costituiti pressoché esclusivamente dagli escreti dei pazienti (urine e feci).

Per quanto riguarda i rifiuti radioattivi in forma liquida, è prevista obbligatoriamente nei Servizi di Medicina Nucleare la presenza di vasche di raccolta almeno della prima minzione dei pazienti sottoposti a esame scintigrafico o a trattamento terapeutico. La presenza di tali dispositivi consente di abbattere in maniera rilevante la quantità di sostanze radioattive immesse nel sistema fognario.

Anche se di bassa attività, la produzione di rifiuti solidi ospedalieri può raggiungere volumi notevoli. Si stima che i rifiuti radioattivi abbiano un ritmo di produzione di circa 500 metri cubi/anno. A titolo di esempio una Medicina nucleare



con una Degenza protetta con impiego di Iodio 131 in regime di ricovero può produrre ogni anno fino a 700-800 contenitori da 60 litri di rifiuti solidi.

La gestione in sicurezza dei rifiuti radioattivi ospedalieri è presidiata nelle realtà ospedaliere da Servizi di Fisica Sanitaria che controllano tutto il ciclo di produzione fino allo smaltimento in ambiente, nel rispetto dei criteri di non rilevanza radiologica, o al conferimento a operatori del servizio integrato di gestione dei rifiuti radioattivi.

La seconda via di produzione è legata a componenti metalliche attivate in seguito all'esercizio di acceleratori lineari ad alta energia (>10 MeV) utilizzati nei reparti di Radioterapia. Quando, dopo molti anni di esercizio, tali apparecchiature devono essere smantellate, alcune componenti metalliche (magnete di curvatura, sistema di collimazione, etc.) possono contenere isotopi a lunga emivita, sia pure in bassa concentrazione, derivanti da processi di attivazione. In tal caso la gestione dei rifiuti comporta la necessità di rivolgersi a uno degli operatori del servizio integrato.

Il percorso formativo

Master

Il corso si rivolge sia a giovani laureati desiderosi di specializzarsi nelle tematiche del *decommissioning* e della sicurezza nelle attività di gestione dei materiali radioattivi, sia a imprese, istituzioni e professionisti, provenienti da ambiti diversi, interessati ad approfondire una o più di tali tematiche. Tra questi, i professionisti dell'ambito sociale e istituzionale (decisori e amministratori pubblici, giornalisti, etc.) e gli operatori (medici e manager) della sanità pubblica e privata (ASL, ospedali, cliniche, centri diagnostici, etc.) coinvolti nella protezione del pubblico dall'esposizione a sorgenti di radiazioni (es. rifiuti radioattivi ospedalieri, sorgenti orfane, etc.).

Possono presentare domanda di ammissione al corso coloro che abbiano conseguito una laurea almeno triennale in: Ingegneria; Fisica; Medicina e Chirurgia; Chimica; Scienze e Tecnologie Farmaceutiche; Tecniche di Radiologia Medica per Immagini e Radioterapia, Tecniche della Prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro, Biotecnologie. La Commissione selezionatrice si riserva di valutare candidati anche in possesso di titoli diversi da quelli indicati.

La fruizione dei singoli moduli non richiede il possesso del requisito indicato.

Singoli moduli

Coloro che fossero interessati solo a specifici argomenti possono iscriversi, in qualità di uditori, ai singoli moduli.

Durata e organizzazione

La frequenza dello studente è obbligatoria e verificata.

La frequenza di almeno il 75% delle ore dedicate alle attività formative è necessaria per il conseguimento del titolo.

Analoga frequenza è necessaria per l'ottenimento delle attestazioni relative ai moduli fruiti singolarmente.

Il Master prevede 31 giornate formative (venerdì e sabato). Le lezioni avranno inizio nel mese di settembre 2015 e si concluderanno nel giugno 2016.

Le lezioni si svolgeranno in modalità didattica frontale e *streaming on demand*.

Docenti

I docenti saranno professori dell'Università del Piemonte Orientale, professionisti Sogin e professionisti esterni all'Ateneo affermati nelle tematiche oggetto del Master.

Metodologia didattica

La metodologia didattica è sviluppata in funzione delle esigenze dei discenti. Le esercitazioni sui siti Sogin costituiscono un elemento di forte caratterizzazione delle attività.

Modalità di selezione dei partecipanti

Gli aspiranti studenti saranno selezionati sulla base del *curriculum vitae* (attinenza del diploma di laurea alla specificità del corso, voto di laurea, esperienza professionale, titoli ulteriori rispetto a quello necessario per l'accesso al corso, etc.) e di un colloquio avente per oggetto le tematiche del corso.

E-learning

Le lezioni teoriche saranno svolte sia in modalità didattica frontale sia in *streaming* diretto e differito, attraverso la quale gli studenti non presenti in aula potranno seguire *on line* le lezioni. Per le attività pratiche è richiesta la presenza fisica degli studenti.

Titolo e attestati rilasciati

Allo studente che abbia rispettato l'obbligo di frequenza, superato le verifiche intermedie del profitto, oltreché la prova finale, verrà rilasciato il titolo di Master Universitario di I livello "Manager ambientale per la gestione del *decommissioning* e dei rifiuti radioattivi in ambito sanitario, industriale e di ricerca".

All'iscritto a singoli moduli che ne abbia frequentato le attività, sarà fornita apposita attestazione.

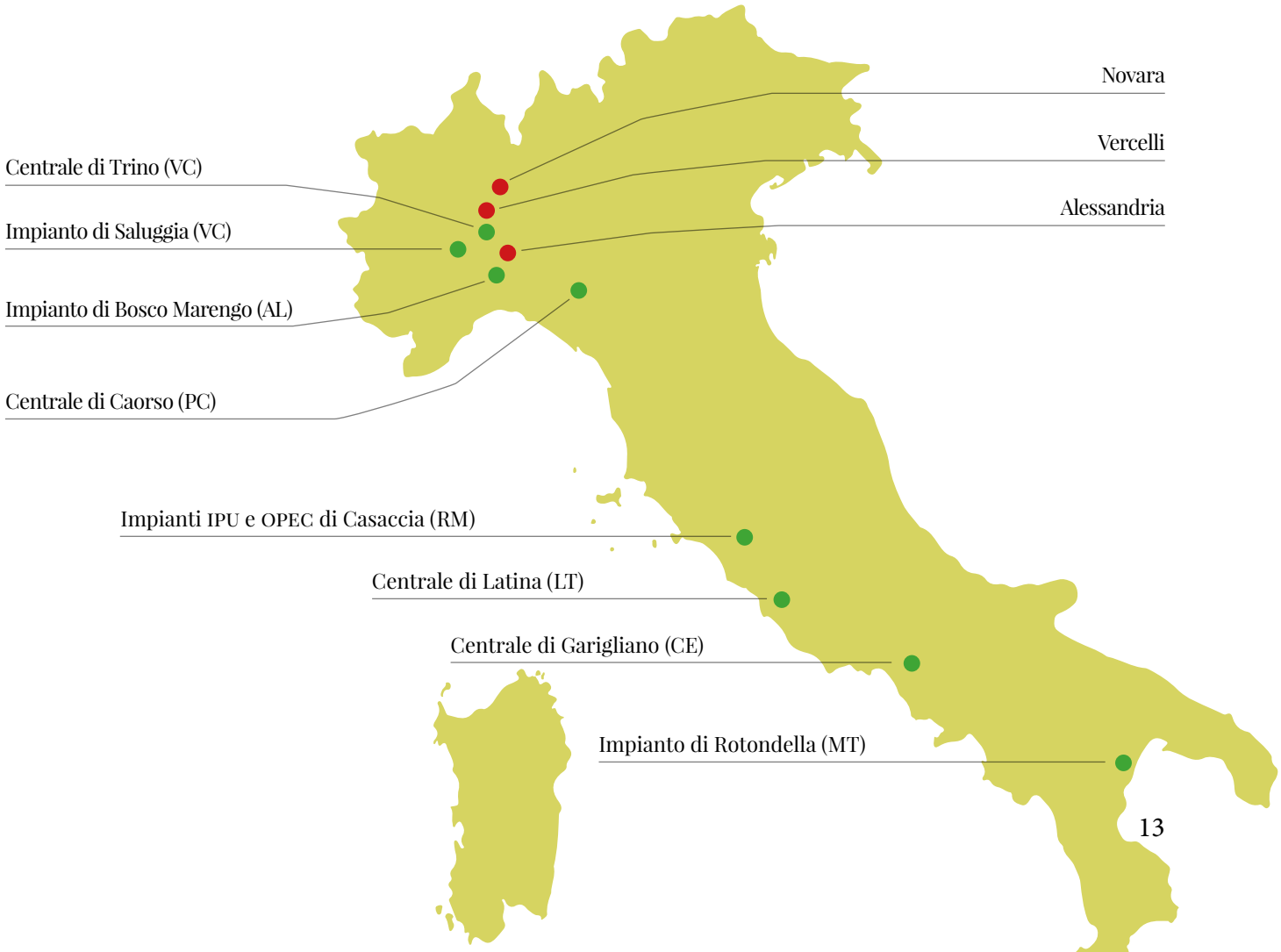
Le esercitazioni operative presso le sedi SOGIN

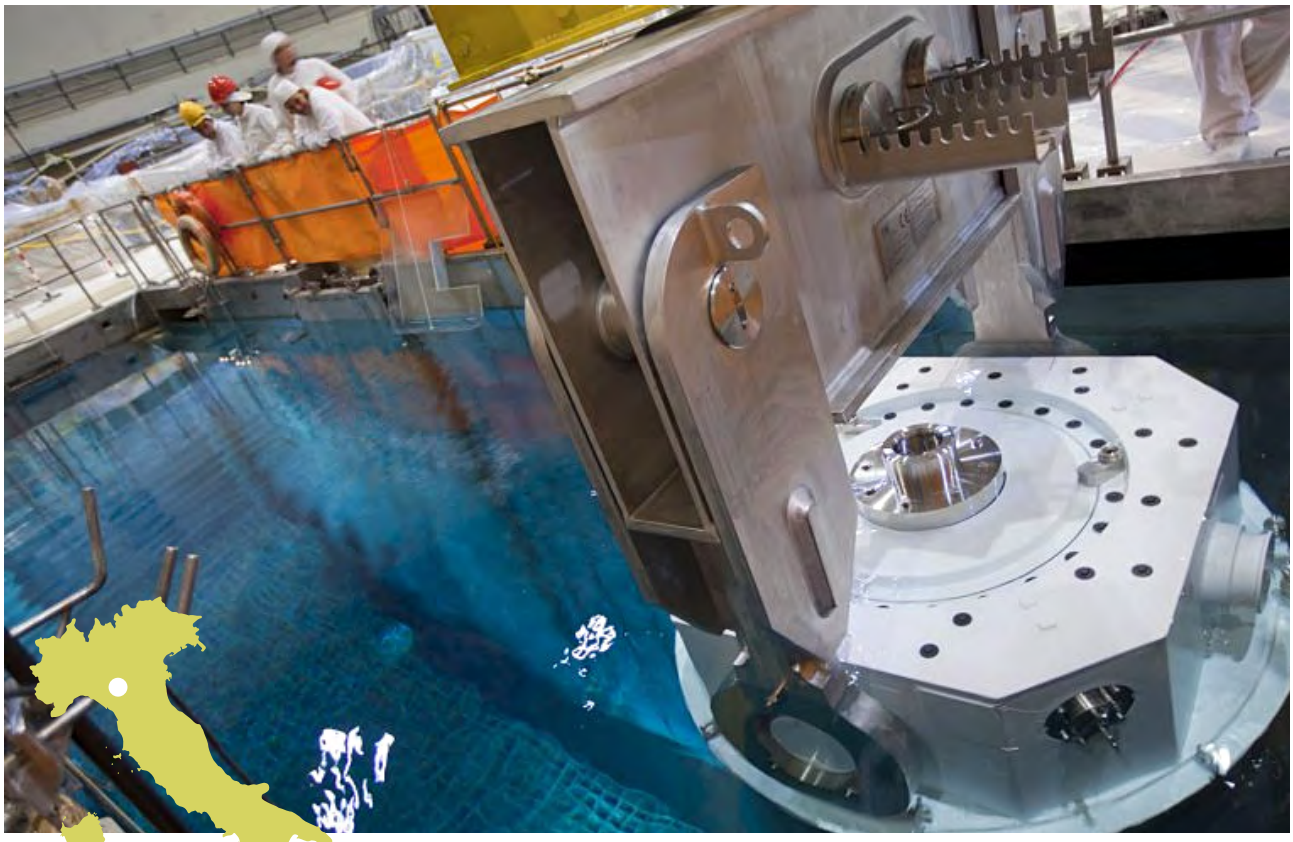
Le attività didattiche, oltre a lezioni teoriche, comprendono testimonianze di professionisti operanti nel settore e visite/esercitazioni presso siti d'interesse, quali, per esempio, le centrali nucleari in smantellamento di Caorso (PC) e Trino (VC), Latina e Garigliano (CE), gli impianti FN di Bosco Marengo (AL), IPU e OPEC di Casaccia (RM), Itrec di Rotondella (MT), nonché l'ex-impianto EUREX di Saluggia (VC).

In particolare, presso i siti indicati, i partecipanti avranno la possibilità di confrontarsi direttamente con attività legate a *decommissioning* e gestione dei rifiuti radioattivi.

RADWASTE MANAGEMENT SCHOOL
SOGIN GROUP

UPO
UNIVERSITÀ DEL PIEMONTE ORIENTALE





Centrale di **Caorso** (PC)

Centrale elettronucleare di potenza da 860 MWe appartenente alla filiera ad acqua bollente di seconda generazione, modello BWR4. L'esercizio è avvenuto tra dicembre 1981 e ottobre 1986. Nell'ambito del *decommissioning*, è stata completata la decontaminazione del circuito primario, lo smantellamento e la rimozione delle turbine e del turboalternatore all'interno dell'edificio turbina, demolite le torri di raffreddamento ausiliarie, sono stati rimossi i coibenti dall'edificio reattore, dall'edificio turbina e dall'edificio off-gas, quest'ultimo successivamente demolito con il camino. Inoltre è in funzione una delle più grandi stazioni di gestione dei materiali al mondo per le operazioni di smontaggio, taglio e decontaminazione delle apparecchiature metalliche; tali attività consentono di riciclare la maggior parte del metallo derivante dallo smantellamento. Nel febbraio 2014 il Ministero dello Sviluppo Economico ha emesso il decreto per la disattivazione della centrale nucleare di Caorso, che consente di terminare le attività di *decommissioning* dell'impianto. Le attività di *decommissioning* termineranno fra il 2028 e il 2032 e i rifiuti radioattivi, già condizionati e stoccati nei depositi temporanei del sito, saranno pronti per essere trasferiti al Deposito Nazionale (raggiungimento del *brown field*). Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati e il sito potrà essere riportato allo stato di *green field*.

Centrale di **Trino** (VC)

Centrale elettronucleare di potenza da 260 MWe, appartenente alla filiera ad acqua pressurizzata (PWR) che ha operato tra ottobre 1964 e il 1987. Nell'ambito delle operazioni di *decommissioning*, sono stati smantellati i trasformatori che collegavano la centrale alla rete elettrica, demolite le torri di raffreddamento ausiliarie, decontaminati i generatori di vapore, demoliti gli edifici che ospitavano i generatori diesel d'emergenza e gli spogliatoi del personale, rimossa la traversa sul fiume Po, smontati i componenti dell'edificio turbina e rimossi i componenti e i sistemi ausiliari non contaminati della zona controllata. Il 2 agosto 2012 è stato ottenuto il decreto di disattivazione per la centrale. Recentemente è stata effettuata la rimozione dei componenti debolmente contaminati dai locali del RadWaste e adeguati il sistema di ventilazione dell'edificio reattore e dell'impianto elettrico dell'edificio turbina, in vista delle prossime attività di *decommissioning*. Le attività di *decommissioning* termineranno fra il 2026 e il 2030 e i rifiuti radioattivi, già condizionati e stoccati nei depositi temporanei del sito, saranno pronti per essere trasferiti al Deposito Nazionale (raggiungimento del *brown field*). Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati e il sito potrà essere riportato allo stato di *green field*.

Centrale di **Latina** (LT)

La centrale nucleare di Latina da 210 MWe è un impianto realizzato con tecnologia inglese a gas grafite, GCRMagnox. È stata in esercizio tra maggio 1963 e il 1987. Nell'ambito del *decommissioning*, sono state smantellate e rimosse le condotte inferiori e superiori dell'edificio reattore, demolite le strutture interne degli edifici turbine, diesel e sala soffianti est, demolito il pontile della centrale e, nel 2012, è stato demolito l'edificio turbina della centrale. Recentemente sono stati assegnati i lavori per la rimozione degli involucri delle soffianti dei boilers ed è in corso la progettazione esecutiva. É stata ultimata la piattaforma in cemento armato nell'area nella quale si trovava l'edificio turbine e sono terminati i lavori di adeguamento della sala decontaminazione. La prima fase del *decommissioning* si concluderà fra il 2023 e il 2027. Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati e il sito potrà quindi essere riportato allo stato di *green field*.

Centrale di **Garigliano** (CE)

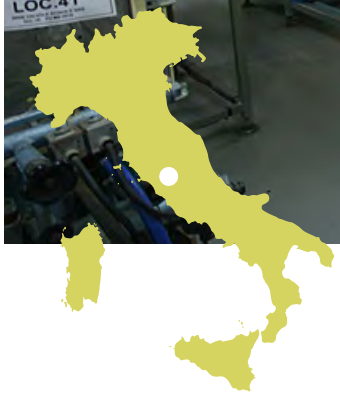
La centrale nucleare “Garigliano” di Sessa Aurunca (CE) da 160 MWe ha prodotto energia elettrica tra il 1964 e il 1978. La centrale, di modello BWR (“*Boiling Water Reactor*”), appartiene alla prima generazione di impianti nucleari. Nell’ambito delle attività di ***decommissioning***, è stato rimosso l’amianto dall’edificio turbina, realizzati i laboratori chimici “freddo” e “caldo” e sono stati emessi i bandi per lo smantellamento dei sistemi interni degli edifici reattore e turbina (compresi quelli per il ripristino dei sistemi ausiliari dell’edificio reattore necessari alle operazioni di smantellamento, la fornitura delle apparecchiature per il trattamento dei materiali smantellati e l’alienazione di quelli rilasciabili). Al termine di questi lavori, l’interno dell’edificio turbina sarà adeguato per diventare deposito temporaneo dei rifiuti radioattivi che saranno prodotti dalle prossime attività di *decommissioning*. Le attività di *decommissioning* termineranno fra il 2024 e il 2028 e i rifiuti radioattivi, già condizionati e stoccati nei depositi temporanei del sito, saranno pronti per essere trasferiti al Deposito Nazionale (raggiungimento del brown field). Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati e il sito potrà essere riportato allo stato di *green field*.

Impianto FN di **Bosco Marengo** (AL)

L' impianto Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo, entrato in funzione nel 1973, ha prodotto gli elementi di combustibile per centrali nucleari in Italia e all'estero. Ha concluso la fase di esercizio nel 1987. L'impianto è in fase di *decommissioning* dal 2008 in seguito a uno specifico decreto emesso dal Ministero dello Sviluppo Economico; le operazioni hanno riguardato lo smantellamento e la decontaminazione a umido e meccanica delle apparecchiature per la produzione del combustibile nucleare. Recentemente si sono concluse le operazioni di smantellamento dell'impianto di ventilazione e dell'impianto di trattamento dei liquidi reflui. Le attività di *decommissioning* termineranno fra il 2016 e il 2017 e i rifiuti radioattivi, già condizionati e stoccati nei depositi temporanei del sito, saranno pronti per essere trasferiti al Deposito Nazionale (raggiungimento del *brown field*). Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati e il sito potrà essere riportato allo stato di *green field*.

Impianto EUREX di **Saluggia** (VC)

Nell'impianto EUREX, acronimo di Enriched URanium EXtraction, si svolgeva attività di ricerca sul riprocessamento del combustibile irraggiato (ciclo uranio-plutonio), un'operazione che permette, attraverso un adeguato trattamento, di separare e recuperare i materiali che possono essere riutilizzati. Le attività di esercizio dell'impianto si sono svolte tra il 1970 e il 1984. Nel 2003, Sogin ha assunto da ENEA la gestione dell'impianto con l'obiettivo di realizzare il *decommissioning*. Da allora, tutte le attività realizzate e in corso mirano al mantenimento in sicurezza e allo smantellamento dell'impianto. Le attività di *decommissioning* termineranno fra il 2028 e il 2032 e i rifiuti radioattivi, già condizionati e stoccati nei depositi temporanei del sito, saranno pronti per essere trasferiti al Deposito Nazionale (raggiungimento del *brown field*). Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati e il sito potrà essere riportato allo stato di *green field*.



Impianti IPU e OPEC del Centro ENEA di **Casaccia** (RM)

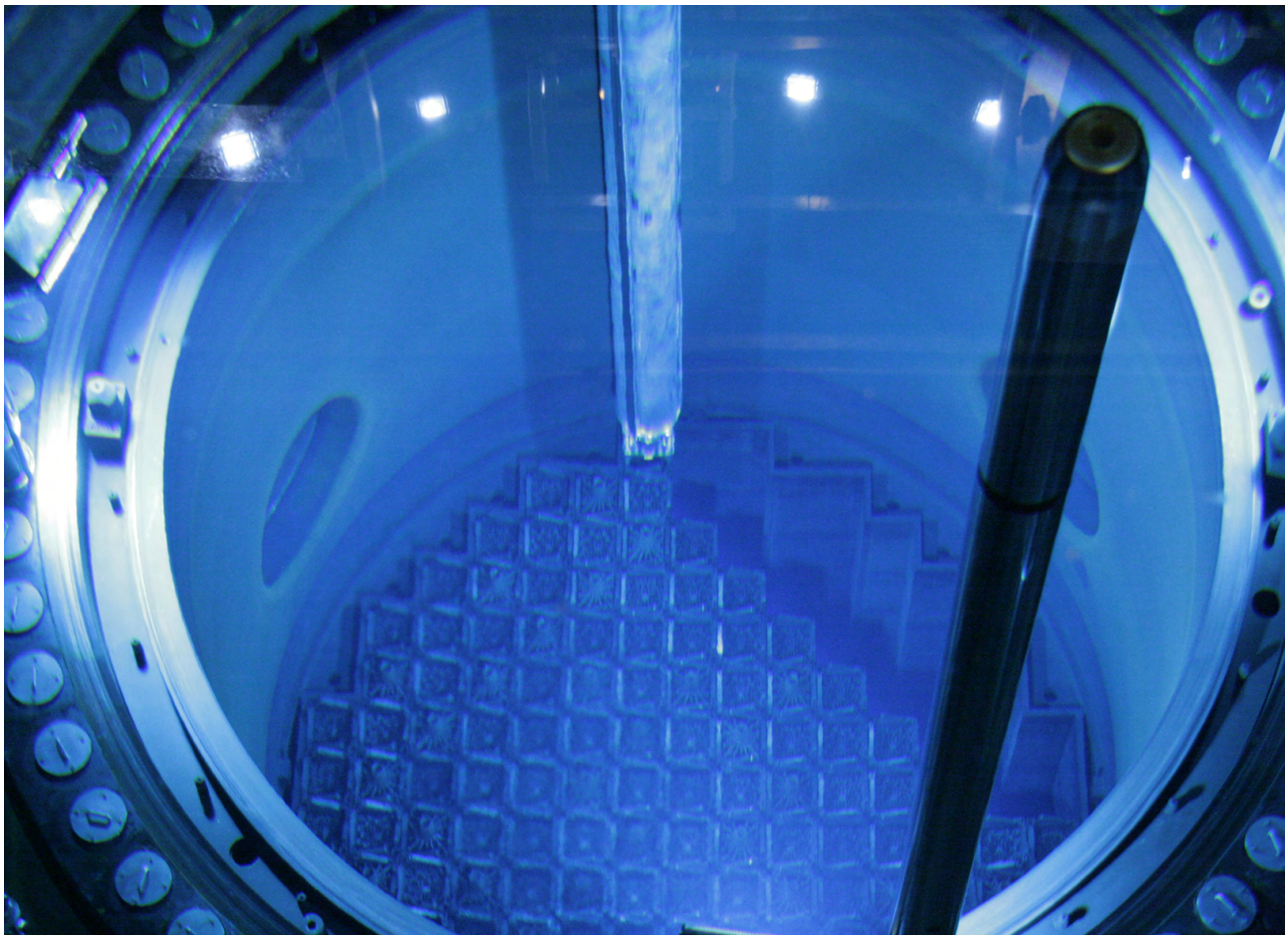
All'interno del centro di ricerca ENEA di Casaccia, Sogin gestisce, dal 2003, l'impianto OPEC, acronimo di Operazioni Celle Calde, e l'impianto IPU, acronimo di Impianto Plutonio. L'OPEC è costituito da due impianti, chiamati OPEC 1 e 2. L'OPEC 1 è entrato in esercizio nel 1962 ed è stato il primo impianto in Italia a eseguire attività di ricerca e analisi di post-irraggiamento sugli elementi di combustibile nucleare. L'OPEC 2 è stato costruito negli anni settanta con il compito di ampliare le attività nucleari di ricerca, controllo e analisi che venivano svolte nell'OPEC 1 e non è mai entrato in esercizio. Nell'Impianto IPU, entrato in esercizio nel 1968, si svolgevano attività di ricerca sulle tecnologie di produzione degli elementi di combustibile nucleare. Nell'OPEC 1 sono terminate le attività di decontaminazione e bonifica dei locali dell'impianto di drenaggio e raccolta dei rifiuti liquidi prodotti durante l'esercizio, sono state decontaminate tre celle calde ed è in corso lo smantellamento dei serbatoi interrati (*waste* A e B) per la raccolta dei liquidi radioattivi. È in corso la trasformazione dell'impianto OPEC 2 in deposito temporaneo per i rifiuti radioattivi. In IPU sono state già smantellate complessivamente dodici scatole a guanti di primo livello e due di secondo livello. Il programma di smantellamento delle cinquantacinque scatole a guanti e relative apparecchiature è l'intervento più significativo per portare a termine la bonifica dell'IPU. A Casaccia, le attività di *decommissioning* termineranno fra il 2023 e il 2027 e i rifiuti radioattivi, già condizionati e stoccati nei depositi temporanei del sito, saranno pronti per essere trasferiti al Deposito Nazionale (raggiungimento del *brown field*). Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati e il sito potrà essere riportato allo stato di *green field*.

Impianto ITREC di **Rotondella** (MT)

Nell'impianto ITREC sono state condotte ricerche sui processi di trattamento e rifabbricazione del ciclo uranio-torio per verificare l'eventuale convenienza tecnico-economica rispetto al ciclo del combustibile uranio-plutonio normalmente impiegato. Il CNEN divenne proprietario degli ottantaquattro elementi di combustibile del reattore americano di Elk River, venti dei quali sono stati ritrattati prima della sospensione delle attività nel 1987, producendo, in particolare, circa 3,3 m^3 di soluzione uranio – torio, detta "prodotto finito". Fra le attività principali di *decommissioning* vi è la bonifica della fossa denominata 7.1, dove è presente un monolite in cemento armato contenente rifiuti radioattivi, realizzato nei primi anni settanta durante l'esercizio dell'impianto. Le attività di *decommissioning* termineranno fra il 2028 e il 2032 e i rifiuti radioattivi, già condizionati e stoccati nei depositi temporanei del sito, saranno pronti per essere trasferiti al Deposito Nazionale (raggiungimento del *brown field*). Con la disponibilità del Deposito Nazionale i rifiuti radioattivi saranno allontanati e il sito potrà essere riportato allo stato di *green field*.

I moduli (60 CFU)

1. Modulo propedeutico di fisica
2. Fisica atomica, fisica nucleare, interazioni radiazione-materia
3. Effetti della radiazione a livello cellulare e loro conseguenze a livello individuale e di popolazione; effetti deterministici e stocastici; aspetti diagnostici ed epidemiologici
4. Impiego di sorgenti radiogene in ambito sanitario
5. Concetti di base della radioprotezione e legislazione della radioprotezione
6. Aspetti operativi della radioprotezione: irraggiamento esterno; contaminazione interna, schermature, dispositivi di protezione individuale
7. Radioprotezione in condizioni di emergenza (incendio, allagamento, terremoto)
8. La produzione di rifiuti radioattivi
9. Gestione dei rifiuti radioattivi
10. Cultura della sicurezza
11. Aspetti ambientali
12. Aspetti economici e sociali del *decommissioning*



Modulo 1

Modulo propedeutico di fisica **(3 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Richiami di meccanica • Richiami di elettricità e magnetismo • Cenni di meccanica quantistica • Cenni di meccanica relativistica • Acceleratori di particelle: linac, ciclotrone, sincrotrone	3

Modulo 2

Fisica atomica, fisica nucleare, interazioni radiazione-materia **(8 CFU)**

Insegnamenti	CFU
Fisica atomica: • Il modello atomico di Bohr • Stati stazionari, transizioni radiative • Livelli energetici dell'idrogeno e degli atomi idrogenoidi • I numeri quantici degli elettroni: principale, orbitale, magnetico e di spin • Principio di esclusione di Pauli • Il sistema periodico degli elementi • Dipendenza dal numero atomico delle proprietà chimiche Fisica nucleare: • Scoperta della radioattività • Esperimento di Rutherford e scoperta del nucleo • Generalità sui decadimenti radioattivi • Sezioni d'urto • Dimensioni dei nuclei • Le masse e le energie di legame dei nuclei • Instabilità dei nuclei, decadimento beta • Decadimento alfa, fissione spontanea • Reazioni nucleari, spettroscopia nucleare • Energia dalla fissione nucleare • Energia dalla fusione nucleare	5

Interazioni radiazione-materia:

- Interazione di particelle cariche pesanti (protoni, nuclei) con la materia
- Potere frenante
- Formula di Bethe-Bloch
- Range
- Picco di Bragg
- Interazione di elettroni e positroni con la materia
- Radiazione di frenamento
- Lunghezza di radiazione
- Diffusione multipla
- Interazione di fotoni X e gamma con la materia: effetto fotoelettrico; effetto Compton; creazione di coppie; sciami elettromagnetici; interazione di neutroni con la materia

3

Modulo 3

Effetti della radiazione a livello cellulare e loro conseguenze a livello individuale e di popolazione; effetti deterministici e stocastici; aspetti diagnostici ed epidemiologici **(9 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Radicali liberi e meccanismi di danno ossidativo • Meccanismi di danno tessutale da RI • Effetti stocastici e non stocastici delle RI (mutagenicità e citotossicità) • Fattori biologici di radio-resistenza e radio-sensibilità • Effetti oncogeni delle RI	**3**
• Effetti delle radiazioni sugli organi emopoietici e linfoidi • Meccanismi patogenetici delle neoplasie ematologiche associate a radiazioni • Sorveglianza e clinica delle neoplasie ematologiche associate a radiazioni • I casi “storici” di neoplasie ematologiche associate a radiazioni: Hiroshima e Chernobyl	**1**
• Effetti deterministici: organizzazione strutturale dei tessuti • Effetti precoci e tardivi: descrizione e patogenesi • Irradiazione corporea totale • Effetti stocastici: fonti di esposizione • Mutazioni ed effetti genetici • Conseguenze dell’esposizione nella vita fetale e infantile • Oncogenesi da radiazioni	**1**
• Introduzione ai metodi di studio epidemiologico, con riferimento all’effetto delle radiazioni ionizzanti • Il rischio da esposizione a radiazioni ionizzati per le popolazioni umane in conseguenza dell’esposizione occupazionale e di quella determinata da incidenti o esposizione ambientale	**3**
• La valutazione individuale del rischio da radiazioni ionizzanti in conseguenza dell’esposizione medica	**1**

Modulo 4

Impiego di sorgenti radiogene in ambito sanitario **(3 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Apparecchiature e tecniche di radioterapia: • Generalità di radioterapia dei tumori • Radioterapia a fasci esterni • Brachiterapia • Radioterapia con sorgenti non sigillate • Apparecchiature e tecniche di radiodiagnostica/ medicina nucleare: • Radiologia diagnostica convenzionale, TC, fluoroscopia e angiografia • SPECT, PET • Ciclotroni per la produzione di radiofarmaci	**3**

Modulo 5

Concetti di base della radioprotezione e legislazione della radioprotezione **(5 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Grandezze radioprotezionistiche • Principi della radioprotezione • Normativa e legislazione internazionale e nazionale (direttive Euratom 89/618 – 90/641 – 92/3 96/29 e D.Lgs 230/95 e s.m.i) • I nuovi “Basic Safety Standard”: Direttiva 2013/59/Euratom	**5**

Modulo 6

Aspetti operativi della radioprotezione: irraggiamento esterno; contaminazione interna, schermature, dispositivi di protezione individuale **(7 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Irraggiamento esterno • Contaminazione esterna e interna • Schermature • Dispositivi di protezione individuale • Strumenti di sorveglianza dosimetrica individuale	**4**
• Principi di funzionamento della strumentazione per la rilevazione di radiazioni alfa, beta e gamma	**1**
• Strumentazione specifica per la radioprotezione	**1**
• Monitoraggio radiologico: obiettivi, organizzazione delle reti di monitoraggio	**1**

Modulo 7

Radioprotezione in condizioni di emergenza (incendio, allagamento, terremoto) **(4 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Rilasci in condizioni normali di esercizio • Emergenze radiologiche • Modelli di trasporto, calcolo delle concentrazioni nelle matrici e valutazioni dosimetriche	2
• Piani di emergenza: impianti nucleari, trasporti, attacchi terroristici • Primi soccorsi e dosimetria nei casi d'irraggiamento e contaminazione • Aspetti operativi sui lavoratori coinvolti in situazioni di emergenza • Esercitazione in condizioni di emergenza in strutture sanitarie • Case studies: risposta alle emergenze di Chernobyl e Fukushima	2

Modulo 8

La produzione di rifiuti radioattivi **(3 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Produzione di rifiuti in ambito sanitario e in particolare disattivazione di acceleratori di radioterapia/medicina nucleare	1
• Produzione di rifiuti nell'ambito della Ricerca Scientifica • Produzione di rifiuti nell'ambito di attività industriali, in particolare rifiuti provenienti dall'esercizio e dallo smantellamento delle centrali nucleari e degli impianti del ciclo del combustibile	2

Modulo 9

Gestione dei rifiuti radioattivi **(7 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Gestione delle sorgenti dismesse e/od orfane (D.Lgs. 52/2007) • Classificazione dei rifiuti radioattivi • Caratterizzazione radiologica dei materiali e dei rifiuti radioattivi • Processi di trattamento dei rifiuti radioattivi • Requisiti per il condizionamento dei rifiuti a bassa, media e alta attività • Cenni sui trasporti di rifiuti radioattivi • Smaltimento dei rifiuti a bassa/media attività e stoccaggio a lungo termine dei rifiuti ad alta attività e del combustibile irraggiato (Deposito Nazionale) • Condizioni di allontanamento dei materiali nell'ambiente e criteri di rilascio senza vincoli radiologici di installazioni nucleari (condizioni per il conseguimento del "*green field*")	**7**

Modulo 10

Cultura della Sicurezza **(4 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Elementi fondamentali della sicurezza e della Cultura della Sicurezza: definizioni, concetti di base, genesi ed evoluzione, metodi e obiettivi • Teoria delle organizzazioni e aspetti legati alla sicurezza • Fattori umani e organizzativi nella sicurezza degli impianti industriali (Interazioni tra Individuo, Tecnologia e Organizzazione) • Introduzione ai sistemi complessi e loro caratteristiche • Euristiche cognitive e influenze di gruppo • Percezione, identificazione e valutazione del rischio • Metodi e tecniche per la valutazione e il miglioramento della cultura della sicurezza • Casi-studio	**4**

Modulo 11

Aspetti ambientali **(1 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• La valutazione dell'impatto ambientale derivante da attività utilizzanti radionuclidi a scopo sanitario • La valutazione dell'impatto ambientale derivante da attività di decommissioning degli impianti nucleari • Il monitoraggio ambientale di contaminanti radioattivi	**1**

Modulo 12

Aspetti economici e sociali del decommissioning **(6 CFU)**

Insegnamenti	CFU
• Requisiti, politica e strategia nel processo di *decommissioning*: elementi influenzanti, vincoli, condizionamenti • L'importanza degli *stakeholder* • Decommissioning delle parti di impianto	**2**
• Aspetti sociali e territoriali: impatto sui sistemi territoriali, informazione e partecipazione degli attori locali	**2**
• Chiusura della pratica di decommissioning: rilascio del sito nucleare da vincoli radiologici • Analisi dei costi di *decommissioning* • Aspetti economici connessi alla chiusura del nucleare	**2**

Al percorso formativo, sono da aggiungersi:

- Esercitazioni presso i siti gestiti da SOGIN: 70 ore
- Prova finale (discussione tesi)

Opportunità formative e professionali legate al Master

Stage post-Master

Sogin offrirà ai **due studenti più meritevoli** del Master la possibilità di effettuare stage post conseguimento titolo della durata massima di 6 mesi.

European Master in Disaster Medicine (EMDM)

Nel mese di **maggio 2015**, chi è intenzionato a iscriversi al "Manager ambientale per la gestione del *decommissioning* e dei rifiuti radioattivi in ambito sanitario, industriale e di ricerca", avrà l'occasione di partecipare alla **simulazione di un caso di incidente con contaminazione** durante la XIII edizione del **Master europeo in medicina dei disastri** (EMDM) dell'Università del Piemonte Orientale (http://www.dismedmaster.com)

Gli interessati, oltre a partecipare a un peculiare evento formativo, potranno avere un primo e dinamico approccio a tematiche che, nel corso del Master, saranno più diffusamente trattate.

Informazioni

Quota di partecipazione al Master

La quota di partecipazione al Master è di 3.500,00 €, comprensiva del materiale didattico e delle sessioni a distanza. Il pagamento potrà essere effettuato in due rate la prima entro e non oltre il 21 settembre 2015 per un importo pari a 2.000,00 €, la seconda rata entro e non oltre il 27 novembre 2015 per un importo pari a 1.500,00 €. Le indicazioni per effettuare il pagamento sono disponibili all'indirizzo web:
http://studenti.rettorato.unipmn.it

Quota di partecipazione per l'iscrizione a singoli moduli

La quota di partecipazione a un singolo modulo è di seguito rappresentata sia per singoli moduli sia per raggruppamenti.

I (14h)	II (30h)	III (35h)	IV (10h)
€ 900		€ 900	
€ 500	€ 600	€ 600	€ 500

V (20h)	VI (30h)	VII (14h)
	€ 900	
€ 600	€ 600	€ 500

VIII (10h)	IX (30h)	X (16h)	XI (10h)	XII (25h)
€ 900		€ 900		
€ 500	€ 600	€ 500	€ 500	€ 600

Il pagamento per l'iscrizione ai singoli moduli deve avvenire entro 5 giorni dalla data di inizio del modulo.

Nel caso in cui i pagamenti (per la partecipazione al master o ai singoli moduli) siano effettuati da **Enti Pubblici Italiani**, si deve invece optare per un "girofondo" sul conto di tesoreria n. 158384, intestato all'Università degli Studi del Piemonte Orientale.

Il pagamento della quota di iscrizione per **soggetti privati** ai singoli moduli avviene tramite bonifico bancario alle seguenti coordinate:

Banca: Banca Popolare di Sondrio – Filiale di Vercelli
Conto intestato a: Università degli Studi del Piemonte Orientale
IBAN: IT91 Y 05696 10000 000010000X96
BIC/SWIFT: POSOIT22
Causale: AMMCE – Master Rifiuti Radioattivi, Modulo n° ..., Nome e Cognome della persona per la cui iscrizione il versamento viene effettuato.

Domanda di ammissione alla selezione

La domanda di ammissione alla selezione è disponibile sul sito web **www.uniupo.it** presso la sezione Alta Formazione » I Master » Modulistica e dovrà essere presentata **entro il 7 settembre 2015** all'Università degli Studi del Piemonte Orientale – Segreteria Studenti della Scuola di Medicina, Via Perrone 18, 28100 Novara (NO).

Alla domanda dovranno essere allegati i seguenti documenti:

- dichiarazione sostitutiva di certificazione, ai sensi dell'art. 46 punto m) del D.P.R. 28/12/2000, n. 445, attestante il conseguimento del diploma di laurea/accademico, con indicazione di data, luogo di conseguimento e votazione riportata;
- analoga dichiarazione in riferimento agli ulteriori titoli valutabili per l'ammissione al corso;
- curriculum vitae et studiorum;
- fotocopia di un documento d'identità in corso di validità.

I candidati in possesso di un titolo straniero, al fine di produrre la documentazione supplementare, sono invitati a consultare il sito web del MIUR, all'indirizzo: http://www.studiare-in-italia.it/studentistranieri.

Sede di svolgimento delle lezioni

Università del Piemonte Orientale
Dipartimento di Scienze della salute
Via Solaroli, 17 – Novara

Per informazioni rivolgersi a:

Settore Alta Formazione
Via Duomo, 6 13100 – Vercelli
Telefono 0161-261528
e-mail: **progetti.didattica@uniupo.it**

Pagina web del Master