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

Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Corsi e stage specialistici nucleari in Italia

G. Forasassi, R. Lofrano, G. Buceti

Report RdS/2010/263

CORSI E STAGE SPECIALISTICI NUCLEARI IN ITALIA

G. Forasassi, R. Lofrano CIRTEN, G. Buceti 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: S. Monti, ENEA

ENEA Ricerca Sistema Elettrico	Sigla di identificazione	Distrib.	Pag.	di
	XCIRTEN – LP6 – 005	L	1	35

Titolo

Formazione universitaria in ingegneria nucleare in Italia

Ente emittente CIRTEN

PAGINA DI GUARDIA

Descrittori

Tipologia del documento: Rapporto Tecnico

Collocazione contrattuale: Accordo di programma ENEA-MSE: tema di ricerca "Nuovo nucleare da fissione"

Argomenti trattati: Ingegneria nucleare
Formazione e comunicazione

Sommario

Il rapporto illustra l'articolazione della offerta formativa in Italia in ingegneria nucleare sia universitari (laurea di I e II livello) che post universitaria (PhD e masters). Traccia la evoluzione temporale delle immatricolazioni e individua alcuni nodi critici, come la salvaguardia di un numero minimo di docenti, per affrontare in maniera adeguata lo sviluppo del programma nucleare italiano.

Note

REPORT LP6.D – PAR 2007

Autori: G. Forasassi (*), R. Lo Frano (*), G. Buceti (**)

(*) CIRTEN

(**) ENEA

Copia n. **In carico a:**

REV.	DESCRIZIONE	DATA		CONVALIDA	VISTO	APPROVAZIONE
2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	28.3.2010	NOME	NA	S. Monti	NA
			FIRMA			

CIRTEN

CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO

PER LA RICERCA TECNOLOGICA NUCLEARE

UNIVERSITA' DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA NUCLEARE E DELLA PRODUZIONE

FORMAZIONE UNIVERSITARIA IN INGEGNERIA NUCLEARE IN ITALIA

AUTORI

G. FORASASSI

R. LO FRANO

G. BUCETI

CIRTEN-UNIPI RL 1066/2010

PISA, Settembre 2010

Lavoro svolto in esecuzione della linea progettuale LP6 punto B - AdP ENEA MSE del 21/06/07
Tema 5.2.5.8 – "Nuovo Nucleare da Fissione".

INDICE

1. **PREMESSA** …… 2
2. **CORSI DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE IN ITALIA** 5
3. **DATI STATISTICI SUI CORSI DI LAUREA ITALIANI IN INGEGNERIA NUCLEARE** 8
4. **CORSI DI DOTTORATO E MASTER IN INGEGNERIA NUCLEARE IN ITALIA** .14

   4.1 Corsi di Dottorato di ricerca …….....14

   4.2 Master di II livello in Ingegneria Nucleare 15

5. **RICERCA SCIENTIFICA UNIVERSITARIA IN INGEGNERIA NUCLEARE IN ITALIA** 17
6. **CONCLUSIONI** 21

   ALLEGATO N. 1 22

   ALLEGATO N. 2 28

   ALLEGATO N. 3 32

1. PREMESSA

Attualmente per le applicazioni energetiche il nucleare da fissione costituisce da tempo una tecnologia ormai pienamente matura, con più di 50 anni di applicazioni industriali in tutto il mondo che hanno consentito di accumulare oltre 10,000 anni x reattore di esperienza operativa.
Questa tecnologia è comunque soggetta ad una evoluzione tecnica e scientifica permanente (come tutte le tecnologie avanzate e sofisticate che sono naturalmente oggetto di uno sviluppo continuo) essenzialmente con lo scopo di ottimizzarne l'impiego in termini di efficienza, sostenibilità, riduzione dei costi, miglioramento dell'accettabilità da parte di un pubblico sempre più vasto e sensibilizzato ai problemi della sicurezza e dell'ambiente, aspetti questi particolarmente rilevanti nel settore nucleare. Il conseguimento di tali obiettivi comporta un notevole impegno tecnologico che richiede investimenti nella ricerca e formazione di adeguate figure professionali.
Ormai da oltre 20-30 anni questa evoluzione è essenzialmente di tipo applicativo ed ingegneristico, aspetti per i quali gli ingegneri nucleari rivestono, oggi ed in prospettiva, un ruolo molto importante che investe tutte le fasi del processo produttivo. D'altra parte lo stesso Fermi dopo la criticità della Pila CP-1 affermò che il processo poteva essere ormai affidato proprio agli Ingegneri...
In Italia il mantenimento ed aggiornamento della formazione superiore nel settore nucleare, per gli aspetti di base ed applicativi dell'Ingegneria (e della Fisica), sono istituzionalmente affidati alle Università italiane, pur con importanti integrazioni ed apporti, soprattutto per alcuni aspetti specialistici "post lauream", degli Enti di Ricerca e dell'Industria.
La formazione universitaria in Ingegneria Nucleare in Italia è, in sintesi, messa a disposizione e fornita al Paese, in ordine di importanza, nella forma seguente:

1) Corsi di Laurea specifici (Lauree triennali e/o specialistiche-magistrali) offerti attualmente in cinque Università che partecipano dal 1994 al Consorzio interuniversitario CIRTEN (i Politecnici di Milano, Torino e le Università di Palermo, Pisa e Roma 1), anche se altre Sedi sembrano attualmente interessate a integrare i loro ordinamenti didattici in tale direzione,

2) Corsi di Dottorato in Ingegneria Nucleare o materie affini offerti in linea di principio nelle stesse Università che offrono i Corsi di Laurea, con l'apporto economico/culturale anche di Enti di Ricerca ed Industria,

3) Corsi di Master, di solito di II livello, offerti in sedi Universitarie come, da qualche anno, Bologna, Genova, Pisa, e più recentemente in fase di attivazione anche a Milano ed in qualche altra Sede,

4) Corsi di Master di II livello con formazione affine, o comunque comprendente tematiche afferenti a quella nucleare (in genere di tipo energetico) in quattro Sedi universitarie (Politecnico di Torino, Università di Palermo, Pisa Roma 1).

5) Iniziative internazionali che comprendono corsi di vario genere e/o riconoscimento a livello internazionale di Corsi di Laurea e di specializzazione nonché il conferimento di premi e riconoscimento su concorso internazionale periodico per giovani Ricercatori o Studenti di PhD e Master, di cui è promotore e/o partecipa il suddetto Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare CIRTEN.

A oltre vent'anni dal referendum che ha segnato l'abbandono del nucleare da parte dell'Italia, l'energia nucleare è tornata al centro del dibattito politico e scientifico.
In tale contesto e per sostenere il rilancio dell'energia nucleare per la produzione di energia elettrica assume particolare importanza il ruolo della formazione universitaria, istituzionalmente delegata a formare figure professionali, in particolare nel settore dell'ingegneria (ma non solo), con competenze tecniche nel campo della tecnologia e della progettazione degli impianti nucleari. Occorre inoltre considerare che il rilancio del mercato energetico da fonte nucleare Italiano si dovrà inevitabilmente confrontare con le richieste sempre crescenti del mercato internazionale, che mira a reclutare personale competente specifico (ingegneri nucleari o ingegneri di altra specializzazione formati al nucleare) per la realizzazione di nuovi impianti nucleari o semplicemente la gestione di quelli attualmente in esercizio anche all'estero, in modo da mantenere/preservare il livello di conoscenza e competenze esistenti, e/o sviluppare nuove capacità e competenze nei settori della disattivazione degli impianti e laboratori esistenti e la gestione dei rifiuti radioattivi.
Da quanto evidenziato, emerge che una adeguata educazione e formazione tecnologica di laureati di alto livello è la sola in grado di offrire una risposta alla crescente domanda di professionalità nelle discipline nucleari.

In quanto segue verranno esaminate in maggiore dettaglio le principali caratteristiche delle iniziative didattiche suddette, in modo da presentare un quadro organico di quello che si sta facendo (e quindi potrebbe essere fatto ancora) nel Paese per sostenere adeguatamente la così detta “rinascita del nucleare”.

2. CORSI DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE IN ITALIA
(Piani di studi attuali e del recente passato)

La "rinascita" del nucleare in Italia porta necessariamente ad interrogarsi sulla tipologia e "numero" di competenze necessarie a rispondere alle esigenze di un programma nucleare oltre che a fornire la risposta alla citata crescente domanda di professionalità nelle discipline nucleari a livello internazionale. Le competenze nella formazione accademica e ricerca sono da ricercare nel mondo Universitario e della Ricerca avanzata, che, grazie alla disponibilità di competenze ed esperienza qualificata (know-how delle risorse umane), può garantire la formazione necessaria.
I Corsi di Laurea (CdL) in Ingegneria Nucleare (I.N.) in Italia sono stati istituiti nel periodo compreso fra il 1960 ed il 1966 in sei Atenei (i Politecnici di Milano e Torino e le Università di Bologna, Palermo, Pisa e Roma), come sviluppo di Corsi di Specializzazione specifici o Corsi di Indirizzo in altri Corsi di Laurea preesistenti.
In altri Atenei vengono tuttora insegnate materie del settore nucleare come parte di Indirizzi fisico-energetici di altri Corsi di Laurea in Ingegneria, senza l'attivazione di un Corso di Laurea specifico.
Il Piano di studi attuale (dall'A.A. 2000 – 2001) si articola su due Corsi di Laurea successivi, di 3 e 2 anni rispettivamente, per complessivi 26 corsi di profitto annuali, equivalenti da 10 a 12 Crediti cadauno (1 Credito = circa 25 h di impegno didattico), per un totale di 300 Crediti e precisamente:

1) Corso di Laurea (180 Crediti, con tirocinio finale);
2) Corso di Laurea Specialistica o Magistrale (120 Crediti compresa la Tesi di Laurea).

Il contenuto globale degli attuali Corsi di Laurea in Ingegneria Nucleare (I.N.) è sostanzialmente quello di cui al precedente DPR '89 (che con circa 30 corsi prevedeva 9 corsi annuali di Matematica e Fisica di base, 6 comuni all'Ingegneria Industriale e circa 13-15 specifici dell'I. N.), anche se necessariamente più concentrato sui concetti fondamentali con riduzione, come già detto, del carico didattico a circa 26 annualità ed ottimizzazione dello stesso allo scopo, dichiarato anche a livello ministeriale, di ridurre la durata effettiva dei Corsi di Laurea quinquennali (come quello in I.N.) ad un valore più prossimo ai 5 anni nominali, a fronte della durata precedente effettiva che superava in media in molte Sedi gli 8 anni (compresa la Tesi di Laurea).

Per la situazione nazionale, che si è venuta configurando dopo il referendum relativo al nucleare del 1987, alcuni Corsi di Laurea in I. N. sono stati riorganizzati accentuando, nel titolo e/o nei programmi, contenuti inerenti per lo più l'Ingegneria Energetica e/o la Sicurezza Industriale, pur conservando la precedente base culturale nucleare (cfr Tab. 1 seg.) in almeno un indirizzo della Laurea Specialistica/Magistrale.

Si deve quindi tenere presente che la formazione di un Ingegnere Nucleare richiede attualmente 5 anni di preparazione di cui ai due livelli di Laurea citati, meglio se seguiti e completati da un Dottorato di ricerca per ulteriori 3 anni di studio, Dottorato che può essere considerato necessario in particolare per coloro che saranno poi impiegati nella R & S sia negli Enti che nella stessa Industria.

Tab. 1 - DENOMINAZIONI ATTUALI DEI CORSI DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE IN ITALIA (T = Laurea Triennale; M = Laurea Magistrale)

-POLITECNICO DI MILANO:

- Ingegneria Energetica (T),
- Ingegneria Nucleare (M)

-POLITECNICO DI TORINO:

- Ingegneria Energetica (T);
- Ingegneria Energetica e Nucleare (M).

-UNIVERSITÀ DI BOLOGNA:

- Ingegneria Energetica (T, M)

-UNIVERSITÀ DI PALERMO:

- Ingegneria Energetica (T, M);
- Ingegneria della Sicurezza e delle Tecnologie Nucleari (M);
- Ingegneria Energetica e Nucleare (M).

-UNIVERSITÀ DI PISA:

- Ingegneria Nucleare e della Sicurezza e Protezione (T);
- Ingegneria Energetica (T, M);
- Ingegneria Nucleare e della Sicurezza (M).

-UNIVERSITÀ DI ROMA 1:

- Ingegneria Energetica (T, M);
- Ingegnera Energetica e delle Tecnologie Nucleari (M).

3. DATI STATISTICI SUI CORSI DI LAUREA ITALIANI IN INGEGNERIA NUCLEARE

Il numero degli Studenti e dei Laureati in I. N. nelle varie Sedi è stabilmente aumentato dalla loro istituzione (1960-66) fino a metà degli anni 80, per poi diminuire fino al 2006-07

L'andamento del numero dei Laureati/anno sembra aver risentito quindi, come era peraltro logico attendersi, delle vicende nazionali del settore (mancato avvio del previsto programma energetico nazionale, effetti delle scelte politiche successive all'incidente di Chernobyl e della interpretazione distorta dei risultati del Referendum sul nucleare del 1987, etc.).

A titolo di esempio nelle Figg. 1 e 2 sono riportati gli andamenti degli Iscritti e Laureati in Ingegneria Nucleare rispettivamente nell'Università di Pisa e nel Politecnico di Torino negli anni fino al 2001. Negli altri Atenei italiani si è avuto un andamento temporale analogo delle due classi di studenti suddette.

Occorre inoltre osservare in proposito che fino all'Anno Accademico 2000-2001 esisteva, nelle cinque Sedi Universitarie che lo avevano istituito, il Corso di Laurea quinquennale in Ingegneria Nucleare mentre successivamente, a seguito dell'applicazione degli Accordi Europei così detti di Bologna, sono stati istituiti i citati Corsi di Laurea Triennale e di Laurea Specialistica (ora Magistrale) biennale, con la modifica già ricordata di denominazione nella maggior parte delle Sedi citate.

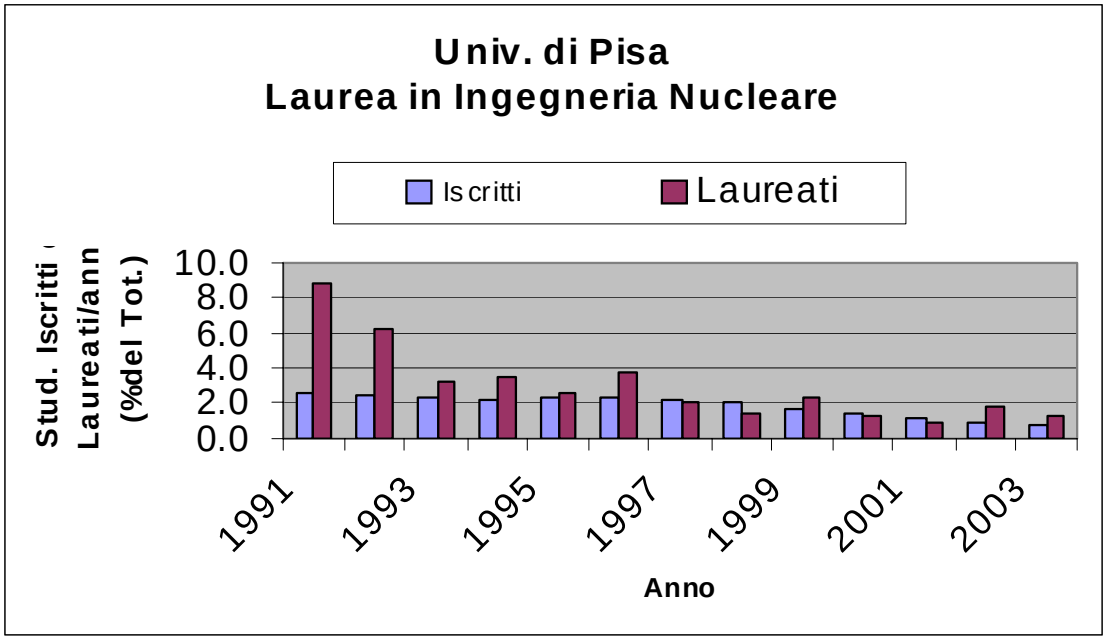

Fig. 1 - Numero degli studenti iscritti e laureati in I. N. all'Università di Pisa

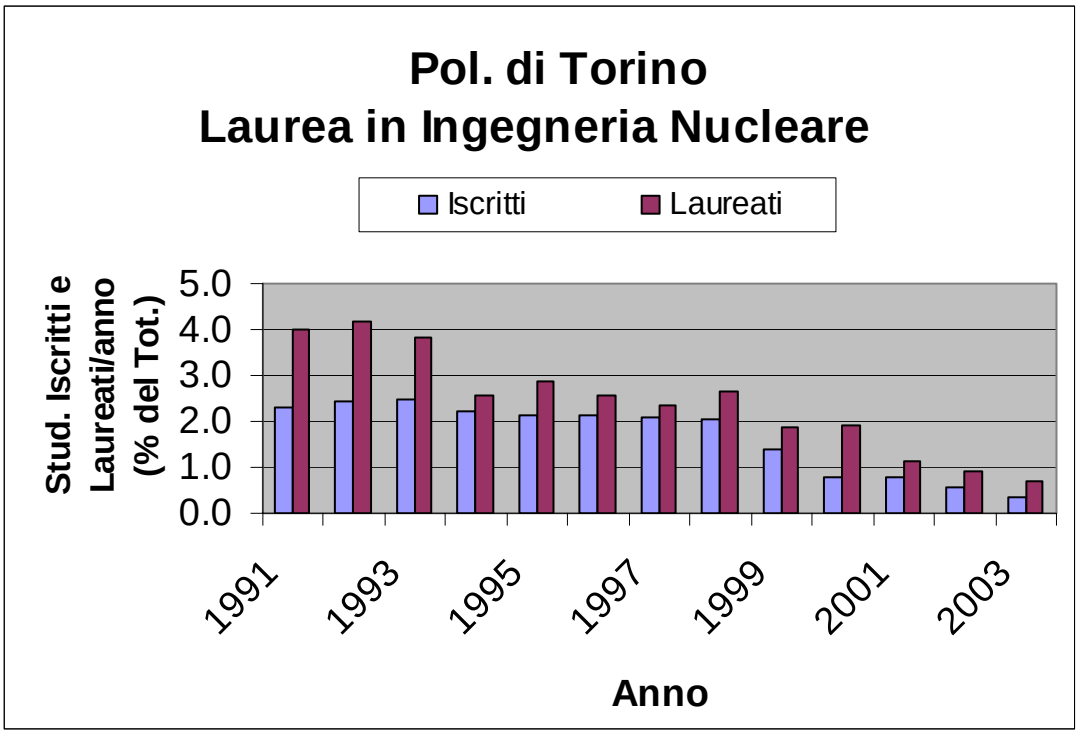

Fig. 2- Numero degli studenti iscritti e laureati in I. N. al Politecnico di Torino

Per quanto attiene al numero dei Laureati in Ingegneria Nucleare, quest'ultimo parametro mostra un andamento rapidamente crescente nel periodo successivo alla prima crisi petrolifera (1974/75) fino a valori dell'ordine di circa 300 Unità/anno all'inizio degli anni'80. Successivamente tale numero decresce sensibilmente fino ai valori attuali di circa 80-100 Laureati/anno.

Ovviamente anche l'andamento del numero dei Laureati/anno ha risentito delle già citate vicende negative per il settore specifico e per l'economia nazionale. Nella Fig. 3 seguente è riportato in forma grafica l'andamento suddetto.

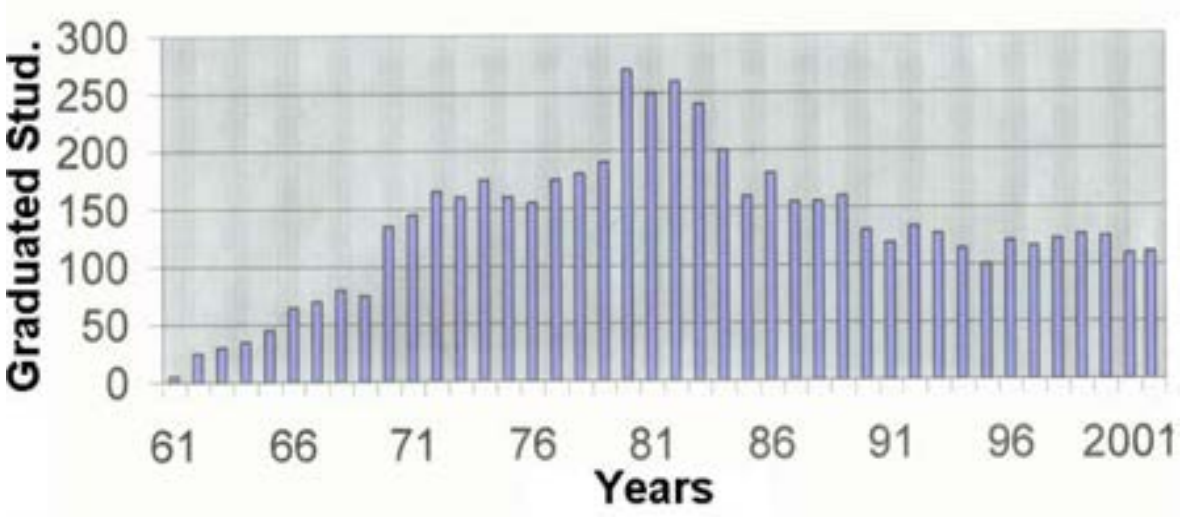

Fig. 3- Numero dei laureati in Ing. Nucleare negli Atenei Italiani fino al 2002

Sembra significativo osservare in proposito che:

1) Il numero dei Laureati/anno che hanno accompagnato il momento del massimo sviluppo dell'impiego e produzione dell'energia nucleare in Italia (quattro rettori di potenza in funzione e due in costruzione) era di circa 300 Unità.

2) Il numero dei Laureati e degli Studenti del CdL in I. N. è sceso attualmente a circa l'1% del totale di tutti i CdL in Ingegneria (in media 10-30 Unità per Sede nel 2007)

3) Il numero complessivo di Laureati in Ingegneria Nucleare in Italia ha superato le 5000 Unità, per la maggior parte ancora in servizio all'inizio degli anni '80 (anche se non tutti nel settore e non tutti in Italia).

Per quanto attiene, invece, alle statistiche relative agli anni successivi si può osservare che:

a) I dati aggregati per la valutazione del numero degli Iscritti in Ingegneria Nucleare dal 2002 al 2005 non sono molto significativi in quanto risentono delle incertezze di interpretazione legate alla introduzione delle Lauree e Lauree Specialistiche/Magistrali con denominazioni diverse per le varie Sedi,

b) Tale numero ha peraltro iniziato a mostrare un sostanziale aumento (in termini relativi dal 30 al 80 %) in tutti gli Atenei interessati,

c) Si può ritenere che il numero dei Laureati in I. N. sia rimasto complessivamente abbastanza stabile sul valore minimo nelle Sedi Universitarie citate, mentre ora sembra avere assunto nuovamente un andamento positivo.

Negli **Allegati n. 1 e n. 2** sono riportati rispettivamente i dati disaggregati disponibili per i Corsi di Laurea e per i Laureati, nelle varie tipologie di Corsi di Laurea afferenti in qualche misura all'Ingegneria Nucleare, negli anni dal 2005 a al 2010, osservando ancora che per confrontarli in modo significativo con i dati e Tabelle precedentemente riportati, occorre sempre tenere presente il citato sopravvenuto aggiornamento radicale dell'Ordinamento degli studi in Ingegneria.
Trattando del numero di Studenti e Laureati in Ingegneria Nucleare in Italia e delle possibili necessità legate alla prevista ripresa delle attività di costruzione di impianti e della produzione di energia da fonte nucleare nel Paese, occorre ricordare anche la situazione della Docenza universitaria nel settore.
Attualmente il numero di Docenti e Ricercatori Universitari del settore dell'Ingegneria nucleare è circa di 100 Unità complessive (di cui 28 PO, 17 PA e circa 50 Ricercatori); tale numero

corrisponde quindi a circa da 10 a 20 Unità, complessivamente per tutte le professionalità in tot., per ognuna delle Sedi universitarie. Occorre poi ricordare che spesso tali Docenti e Ricercatori sono normalmente impegnati anche in attività didattiche afferenti ad altri Settori Scientifico Disciplinari di altri Corsi di Laurea.

Il numero suddetto è attualmente inferiore (anche se non di molto) a quello del periodo di massima espansione, anche se a causa dell'età media dei Docenti si deve necessariamente considerare a breve termine (2 - 4 anni) la necessità di prevedere un ricambio generazionale urgente.

Quanto sopra detto conferma che è indispensabile ed ancora possibile, con ridotte risorse aggiuntive nel prossimo "turn-over", riportare il numero dei Docenti/Ricercatori al livello necessario per garantire la corretta formazione di Laureati/anno in qualità e quantità adeguate alle esigenze attuali del settore nucleare (superiore ai livelli degli anni '80).

Vale la pena di osservare anche che i Corsi di Laurea in Ingegneria Nucleare sono, da tempo ed ora in particolare, impegnati in un attivo sforzo di internazionalizzazione mediante il citato Consorzio CIRTEN (Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare, ved. Tab. 2), per cui sarebbe effettivamente illogico e non razionale vanificare anche questo sforzo per mancanza di idonee (comunque relativamente contenute) risorse di personale docente/ricercatore.

Tab. 2 – CIRTEN (Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare)

UNIVERSITÀ PARTECIPANTI CIRTEN:
1. POLITECNICO DI MILANO
2. POLITECNICO DI TORINO
3. UNIVERSITÀ DI PADOVA
4. UNIVERSITÀ DI PALERMO
5. UNIVERSITÀ DI PISA
6. UNIVERSITÀ DI ROMA1

Questo sforzo attualmente e nel recente passato si è sviluppato, con il positivo apporto del CIRTEN in cui sono confluite le citate Università con Corsi di Laurea in Ingegneria Nucleare, in due direzioni principali:

- aggiornamento ed internazionalizzazione della didattica con adeguamento di questa ultima ad uno standard che si sta delineando a livello europeo (o addirittura intercontinentale);
- internazionalizzazione dell'attività di ricerca mediante la promozione della partecipazione attiva ai progetti di ricerca nel settore nucleare in corso di organizzazione in Europa e più in generale a livello internazionale.

Per quanto attiene all'aggiornamento ed alla internazionalizzazione della didattica un contributo significativo è stato fornito dalla promozione e partecipazione del CIRTEN (e quindi delle Università interessate) a tutte le principali iniziative e programmi internazionali ed europei relativi alla didattica nel settore nucleare come:

1) Progetto ENEN del 5° EC FWP (completato nel 2003) con i risultati principali seguenti:
   1.1) Definizione delle caratteristiche di un Master Europeo in I. N. (EMSNE)
   1.2) Organizzazione di Corsi Pilota nel settore
   1.3) Creazione di una Rete europea (ENEN) per l'accreditamento dei curricula per il Master suddetto.
2) Progetto NEPTUNO del 6° EC FWP (Nuclear European Platform of Training and University Organizations), completato nel 2005 con i seguenti risultati:
   2.1) Contatti e interazioni fra Mondo accademico ed Industria per l'insegnamento dell'I. N.
   2.2) Implementazione del previsto Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE) del quale hanno fatto parte 2 gruppi di 4 Corsi specifici da svolgere anche in due delle Sedi Italiane (Torino e Pisa in prima istanza).
3) Progetto ENEN II del 7° EC FWP come prosecuzione, concretizzazione operativa e sviluppo dei progetti citati ai precedenti punti 1 e 2).
4) WORLD NUCLEAR UNIVERSITY (WNU)
   La WNU è stata fondata a Londra nel Settembre 2003 da 33 Organizzazioni Partners internazionali (fra cui CIRTEN ed ENEN) con il supporto e sotto gli auspici di Organizzazioni come IAEA, NEA, OECD, WANO, WNA, etc., con lo scopo di costituire una rete internazionale/intercontinentale di Istituzioni ed Organizzazioni che sviluppino la cooperazione per l'applicazione sicura di tutti gli aspetti delle tecnologie nucleari al fine di promuovere uno sviluppo sostenibile

Vale la pena di notare che l'attività di internazionalizzazione suddetta ha consentito fra l'altro alle Università Italiane del settore nucleare di orientare adeguatamente i loro "curricula studiorum" e, quindi, vedere riconosciuta ufficialmente a livello europeo in sede ENEN la loro Laurea Magistrale, con riconoscimento ENEN ai neo laureati in I.N. italiani (in possesso di determinati requisiti) che ne facciano specifica richiesta.

4. CORSI DI DOTTORATO E MASTER IN INGEGNERIA NUCLEARE IN ITALIA

La Legge 3 luglio 1998, n. 210, stabilisce che "*... i corsi per il conseguimento del dottorato di ricerca forniscono le competenze necessarie per esercitare, presso università, enti pubblici o soggetti privati, attività di ricerca di alta qualificazione...*" (Art. 4, Comma 1) e sancisce che il conseguimento del dottorato di ricerca, che rappresenta il terzo livello della formazione superiore, non è funzionale soltanto alle esigenze dell'Università, ma riveste un ruolo strategico per il conseguimento dello sviluppo tecnologico.
Inoltre "*... i titoli rilasciati a livello di dottorato devono essere pienamente in linea con il Quadro dei Titoli dello Spazio Europeo dell'Istruzione Superiore...*" (cfr. Conferenza di Bergen "Lo Spazio Europeo dell'Istruzione Superiore - Raggiungere gli obiettivi", 19-20 Maggio 2005).

4.1 - Corsi di Dottorato di ricerca

Nelle Sedi Universitarie ricordate in precedenza (Milano, Torino, Palermo, Pisa, Roma 1, nonché compresa anche Bologna) sono attivi Corsi triennali di Dottorato in Ingegneria Nucleare o in Ingegneria Energetica con temi/tesi di indirizzo nucleare.
Questi Corsi sono rivolti ad Ingegneri di altre specializzazioni e laureati in discipline scientifiche (in genere Fisica e Chimica, oltre che in qualche sede anche in Matematica) nonché ad Ingegneri nucleari; nei due casi la formazione offerta è diversa, ancorché orientata essenzialmente alla preparazione di un Dottore di Ricerca in grado di sviluppare ricerche ad alto livello scientifico e culturale nel settore dell'Ingegneria Nucleare.
Nel caso che il frequentatore non sia in possesso di una Laurea in Ingegneria Nucleare gli viene offerta la possibilità (con obbligatorietà del superamento dei relativi esami) di acquisire da 45 a 60 crediti (CFU) didattici frequentando, durante il corso di Dottorato, dei Corsi specifici in tale settore dell'Ingegneria, scelti tenendo conto del tipo di preparazione di base che già possiede.
Nel caso dei detentori di Laurea in Ingegneria Nucleare i corsi aggiuntivi che il frequentatori devono seguire vengono scelti di solito nei settori della Matematica, Fisica, Chimica, Sicurezza, etc..
Ovviamente tutti i frequentatori dei Dottorati in Ingegneria Nucleare devono sviluppare una attività di ricerca originale il cui tema viene preventivamente scelto e svolto sia presso le Università che hanno scelto per il PhD o altre Università anche estere, sia concordato e svolto almeno parzialmente presso Enti di ricerca nazionali (spesso ad es. l'ENEA) ed internazionali sia presso Industrie italiane e estere.

Durante il Dottorato i frequentatori di solito devono anche pubblicare un numero minimo di lavori scientifici su riviste internazionali

4.2 – Master di II livello in Ingegneria Nucleare

Nell'ambito della formazione scientifica applicata, l'istituzione di Master di II livello in Ingegneria Nucleare ha come obiettivo quello di formare figure professionali qualificate con competenze tecniche nel campo nucleare, con particolare riguardo alla tecnologie impiantistiche, alla protezione dalle radiazioni ionizzanti, alle misure e strumentazione nucleare, alla sicurezza e alla non proliferazione nucleare ed alla dismissione degli impianti nucleari, destinate ad operare nel settore dell'ingegneria dei sistemi nucleari per la produzione di energia.
Il profilo professionale in uscita dal Master è quello di un tecnico con conoscenze e competenze, di tipo applicativo, utili per la progettazione e la ricerca nel settore dell'Ingegneria Nucleare.
In quattro Sedi Universitarie sono attualmente in corso dall'anno accademico 2008/2009 dei corsi di Master di II livello indirizzati all'Ingegneria Nucleare, ed in particolare;

1. **Master dell'Università di Bologna in "Progettazione e Gestione di Sistemi Nucleari Avanzati",** con sostegno dell' ENEA con un contributo alla didattica attraverso corsi tenuti dai propri esperti sia con contributi finanziari attraverso i fondi dell'Accordo di Programma col MSE, nonché il supporto di varie Industrie Nazionali.

2. **Master dell'Università di Genova in "Scienze e Tecnologie degli Impianti Nucleari"**, con contributo finanziario consistente della Regione Liguria e contributo sostanziale alla didattica specialistica da parte del CIRTEN ed anche dell' ANSALDO Nucleare, con l'ipotesi di creazione di nuovi corsi universitari per i quali l'Università di Genova sta attendendo le specifiche autorizzazioni da parte del MIUR.

3. **Master dell'Università di Pisa in "Tecnologia degli Impianti nucleari",** con sostegno del CISAM (Min. Difesa) e contributo sostanziale alla didattica da parte del CIRTEN, oltre che dell'Industria nazionale (ANSALDO nucleare, Sogin, etc.).

4. **Executive Master in "Nuclear Plant Construction and Management"** con contributo sostanziale alla didattica specialistica da parte del Politecnico di Milano, ANIMP, Federprogetti ed Energy Lab (in fase di sviluppo per la prima annualità).

Nel campo delle altre iniziative nazionali per la formazione nel settore nucleare si ricordano anche:

a) Quella della **ANIMP** (Associazione Nazionale di Impiantistica Industriale) che ha costituito una sua **commissione esplorativa "Formazione Nucleare"** che si propone di avviare due differenti percorsi formativi, complementari alla tradizionale formazione universitaria sulla ingegneria nucleare,

   - un percorso per neolaureati (principalmente per ingegneri non-nucleari): necessario per incrementare il numero degli addetti al settore nel medio termine, preparando adeguatamente le nuove leve alle specificità del nucleare;
   - percorso per *professionals* (principalmente per dipendenti/quadri aziendali di estrazione *ingegneristica* ma *non-nucleare*, individuati direttamente dalle Aziende): necessario per rendere le imprese italiane operative nel settore nel breve termine.

b) Quelle dell'**ENEL** di training di neoassunti inviati in impianti francesi (60 nel 2009).

c) Quella ancora di **ENEL** relativa all'organizzazione, insieme con il CIRTEN, di un Master interuniversitario, con la partecipazione di tutte le cinque Università del CIRTEN stesso e di noti Docenti esperti Stranieri.

d) Quella dell'Università di Pisa promossa dalla IAEA per un Master in "**Safety and Security of Nuclear Plant"** che è in fase di organizzazione con la collaborazione del CIRTEN, del SCK-CEN e di Altre Università in particolare del Belgio.

Queste iniziative, a cui seguiranno certamente altre a breve termine, sono orientate per lo più a fornire una preparazione in Ingegneria Nucleare a Laureati (essenzialmente Ingegneri di altre specializzazioni) che potranno essere impiegati soprattutto nel nuovo programma nucleare italiano.
In **Allegato n. 3** è riportata una lista sintetica di Istituti internazionali per la formazione che sono accessibili anche dal ns. Paese.

5. RICERCA SCIENTIFICA UNIVERSITARIA IN INGEGNERIA NUCLEARE IN ITALIA

L'attività di ricerca scientifica e tecnica, come per il passato e come avviene in ogni settore culturale universitario, ha sempre costituito una parte fondamentale della formazione universitaria dei Docenti e, quindi, direttamente o per via mediata, degli Studenti; in senso più lato la ricerca universitaria ha contribuito allo sviluppo ed all'aggiornamento delle conoscenze anche nel settore dell'Ingegneria Nucleare in Italia, essendo la ricerca una delle attività proprie e dei compiti dell'Università in tutti i Paesi sviluppati a far tempo dalla creazione delle Università stesse come Istituzione.

Le Università Italiane con il loro Consorzio CIRTEN (www.cirten.it) hanno promosso l'attività di ricerca ai fini suddetti curando, in particolare, la partecipazione alla ricerca in ambito internazionale sui grandi temi più aggiornati; questa scelta è stata di particolare importanza quando sono venute a mancare, o si sono ridotte moltissimo, le fonti nazionali di finanziamento a cominciare dalla 2ª metà degli anni '80 e '90, come già accennato in precedenza, a seguito degli indirizzi nazionali sfavorevoli allo sviluppo della tecnologia nucleare.

Il risultato è stato il conseguimento ed il mantenimento dell'odierno elevato livello delle conoscenze nel settore nucleare, livello riconosciuto anche in sede internazionale, come è dimostrato anche dalle stesse attive collaborazioni internazionali in essere.

Gli scopi principali del suddetto Consorzio CIRTEN sono:

1) Promozione della ricerca scientifica e tecnologica nelle università;
2) Coordinamento delle università per il mantenimento e l'aggiornamento di un adeguato livello di conoscenze nel settore nucleare nel paese;
3) Coordinamento della collaborazione e della partecipazione a programmi di ricerca, a livello internazionale e nazionale, delle Università con gli enti di ricerca, l'industria per le attività di R&D nel settore nucleare;
4) Favorire la formazione delle risorse umane nell'ingegneria nucleare in Italia;
5) Sviluppo dei principali temi di ricerca di specifico interesse ed in particolare;
   - Sistemi energetici e loro problemi di R&S;
   - Impianti energetici nucleari e del ciclo del combustibile;
   - Applicazioni industriali e sanitarie delle radiazioni nucleari;

- Problemi di progettazione, esercizio e sicurezza degli impianti;
- Problemi di impatto/protezione ambientale;
- Radioprotezione, schermatura ed interazione con la materia delle radiazioni ionizzanti.

Data l'importanza della ricerca scientifica in ambito Universitario per la didattica e l'insegnamento universitario, con rilevanti ricadute sulla preparazione dei Docenti, degli studenti dei PhD e Master, dei Laureandi e degli Studenti, che partecipano tutti più o meno alle attività di ricerca in ambito universitario si ricordano in quanto segue alcuni dei principali programmi di ricerca che hanno interessato/interessano tutte le sedi universitarie in cui sono attivi CdL in Ingegneria Nucleare (che fanno parte del Consorzio CIRTEN)
Negli ultimi anni il Consorzio suddetto ha partecipato e partecipa tuttora ad oltre 20 programmi di ricerca nazionali e soprattutto internazionali (per la maggior parte finanziati dalla Comunità Europea nell'ambito degli ultimi FWP) di cui si ricordano, a titolo di esempio, i principali (anche dal punto di vista economico) indicati nella Tab. 3 seguente.

Tab. 3 - ALCUNI PROGRAMMI DI RICERCA SVILUPPATI IN AMBITO CIRTEN DALLE UNIVERSITA' ITALIANE INTERESSATE AL SETTORE NUCLEARE

1) EC 4° FWP "ATHERMIP"
2) EC 4° FWP "INCOR"
3) EC 5° FWP "FIKI – 2000 HTNL HTGR Neutronics"
4) EC 5° FWP "FIKI – 2001 HTNL HTGR Neutronics"
5) EC 5° FWP "RMPS"
6) EC 6° FWP "GCFR" – 2006-08 Gen IV HTGR
7) EC 6° FWP "PUMA" – 2006-08 Gen IV HTGR
8) EC 6° e 7° FWP "ELSY" – 2006-09 Gen IV LCR
9) EC 7° WP "LEADER"2010- 2012 Gen IV LCR
10) Miur – Enea - INFN "Trasco - ADS 1°& 2°" per Test ed Analisi Numeriche su Componenti ed Elementi di Combustibile per Reattori Tipo ADS;

11) Partecipazione alle Attività del Consorzio Internazionale promosso da Westinghouse per lo sviluppo del Reattore Innovativo (Near Term Deployment) PWR IRIS

12) Sviluppo della Collaborazione con MSE ed Enea nell'ambito dello Specifico AdP stabilito fra gli Enti per Ricerche nel Settore Energetico Nucleare da Fissione.

13) Partecipazione ad altri Programmi Internazionali da parte delle singole Università.

14) Sviluppo da oltre 10 anni di un Programma di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) sul Nucleare da Fissione promosso e sostenuta dal MIUR.

Oltre alle attività suddette oggetto di sviluppo in collaborazione fra loro in ambito CIRTEN, le Università italiane stanno svolgendo ed hanno svolto anche numerose altre attività di ricerca sui filoni caratterizzanti le singole sedi universitarie.

Si deve osservare in proposito che tutte le suddette sedi universitarie interessate al settore nucleare, avendo fornito in generale fino ad oggi corsi completi in Ingegneria Nucleare, hanno Docenti e Ricercatori con competenze su tutte le principali tematiche che caratterizzano il settore nucleare stesso, pur essendo "specializzate" ciascuna su tematiche specifiche diverse, tutte strettamente afferenti al settore nucleare (in particolare la Termo fluidodinamica, la Neutronica, la Sicurezza, l'Ingegneria Strutturale, etc.).

Pertanto presso ognuna delle Sedi citate sono state e sono in essere attività di ricerca che riflettono la loro tradizione ed il loro particolare back-ground scientifico e culturale e che hanno ricadute anche in settori dell'Ingegneria diversi da quelli strettamente nucleari..

Gli altri principali temi di ricerca nel settore nucleare che sono stati e sono tuttora oggetto di studio, a livello più locale, presso le singole sedi universitarie possono essere riassunti come indicato nella Tab. 4 seguente (che comunque deve essere considerata essenzialmente indicativa e non esaustiva).

Tab. 4 - PRINCIPALI TIPOLOGIE DI ATTIVITÀ DI RICERCA UNIVERSITARIA NAZIONALE

1) <u>Analisi e Studi di Sistema</u>

- Sistemi nucleari attuali ed avanzati delle filiere più attuali (LWR, ADS, LMFR, HTGR, etc.)

- Analisi di rischio e valutazione di impatto ambientale;

- Studio di problemi di esercizio e sicurezza, analisi dell'evoluzione e delle conseguenze di transitori e sequenze incidentali anche di tipo severo;

- Contenimento e trattamento degli effluenti e rifiuti radioattivi;

- Sistemi di strumentazione per impiego delle radiazioni;

- Sistemi per trasporto e stoccaggio temporaneo e/o definitivo di materiali e rifiuti radioattivi.

2) <u>Studi e Ricerche su Componenti Nucleari</u>

- Componenti attuali ed innovativi di centrali nucleari di tecnologia occidentale ed est europea, fra cui:

  a) Core e dispositivi di regolazione e controllo;

  b) Sistemi di refrigerazione e moderazione, G.V., RP Vessel, piping, valvole e sistema di contenimento in generale;

  c) Targets ed acceleratori per Reattori di tipo ADS;

  e) Divertore, blanket, vacuum vessel per reattori a fusione, etc.;

  f) Barre di controllo e sistemi di comando;

- Strumentazione, dispositivi per irraggiamento e monitoraggio di centrali e depositi di scorie nucleari;

- Analisi di funzionalità ed affidabilità dei componenti degli impianti nucleari;

- Garanzia della Qualità

3) <u>Studio di Fenomeni Fisici con Sviluppo di Metodi e Modelli di Calcolo innovativi</u>

- Metodi di calcolo per sistemi moltiplicanti critici e sottocritici, per vari tipi di configurazioni e tipi di combustibili;

- Analisi di sicurezza e simulazione di sistemi complessi;

- Applicazione di metodi Montecarlo e tecniche delle reti neurali a problemi di neutronica e sicurezza;

- Studi ed esperienze di trasmissione del calore e di termoidraulica mono e bifase, applicazioni di CFD;

- Sviluppo ed applicazione di metodi e modelli per l'analisi termo-strutturale, statica e dinamica, lineare e non lineare di sistemi e componenti nucleari in condizioni normali e di incidente;

- Sviluppo di metodi di campionamento ed analisi di dati ambientali;

- Sviluppo di banche di dati nucleari, termoidraulici e strutturali inerenti le tematiche di interesse;

-Analisi e valutazione delle incertezze nei calcoli termoidraulici inerenti sistemi nucleari.

6. CONCLUSIONI

Sulla base della breve analisi precedente si possono evidenziare come particolarmente importanti i punti seguenti, discussi anche in sede A.I.N. (Associazione Italiana Nucleare) che, con i suoi Comitati contribuisce attivamente alle seguenti riflessioni su:

1) La necessità di aumentare a breve il numero dei Laureati e, quindi, degli studenti in Ingegneria Nucleare per soddisfare le esigenze della rinascita dell'interesse per il nucleare nel Paese, anche con provvedimenti del tipo messo in atto dal Ministro Moratti per i settori della Matematica e della Fisica (ved. DM 5/08/2004, n. 262);

2) La necessità del mantenimento dell'attuale elevato livello di preparazione dei laureati (provato dalla facilità del loro inserimento lavorativo nelle industrie e nelle Organizzazioni di ricerca all'estero);

3) Una corretta considerazione dell'importanza del mantenimento dell'organico e della qualità dei Docenti necessari al settore nell'ottica suddetta anche mediante eventuali interventi "ad hoc" paralleli a quelli da effettuare in altri campi del settore nucleare;

4) L'osservazione di come una miope politica antinucleare perseguita pervicacemente, in particolare negli anni '90 e nei primi anni 2000, abbia prodotto una riduzione dell'Organico ed un blocco del turn-over della Docenza universitaria nel settore nucleare;

5) La necessità di mantenere indirizzi chiari che evidenzino la volontà di promuovere concretamente il settore nucleare e, quindi, presentino prospettive per il futuro alle nuove generazioni di Ingegneri Nucleari: questo sarebbe un contributo fondamentale all'attrazione che il settore nucleare ha sempre avuto;

6) L'incentivazione del mantenimento e l'ulteriore sviluppo della stretta cooperazione fra Università, Industria ed Enti di Ricerca nazionali;

7) L'opportunità di mantenere e, se possibile sviluppare ulteriormente, i rapporti internazionali in essere nei settori della didattica e della ricerca.

ALLEGATO N. 1

Dati relativi alle iscrizioni ai Corsi di Laurea Ingegneria Nucleare (ed Ingegneria Energetica) negli Anni Accademici dal 2005/2006 al 2009-2010), nelle Sedi Universitarie Italiane dove è (è stato) attivo un Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare.

Come è stato già accennato la lettura delle seguenti tabelle statistiche degli Iscritti deve tenere conto del fatto che nella maggioranza delle Sedi Universitarie il Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare ha cambiato denominazione all'inizio degli anni 2000 associando nel nome anche quello di indirizzi qualificanti delle singole Sedi del settore specifico.

Nella maggior parte dei casi si è voluto dare un maggior risalto all'indirizzo della Sicurezza o a quello dell'Energetica.

In quest'ultimo caso si è voluto riprendere la denominazione data, a livello ministeriale, all'intera Classe delle Lauree in Ingegneria (Ingegneria Energetica e Nucleare) di cui è entrata a far parte da quel tempo la precedente Laurea in Ingegneria Nucleare.

Si può peraltro osservare che i contenuti reali dei Corsi di indirizzo nucleare, in termini tecnici, scientifici e culturali sono sostanzialmente rimasti gli stessi di quelli che caratterizzavano i Corsi di Laurea di origine, ovviamente per quanto permesso dalla attuale organizzazione cosiddetta 3 + 2 (Laurea + Laurea Specialistica/Magistrale).

ISCRITTI	**Iscritti Totali**		**Iscritti Regolari (*)**		**Iscritti al 1° anno**		**di cui immatricolati al 1° anno per la 1° volta (*)**	
A.A. 2009/2010	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**154**	**28**	**0**	**0**	**52**	**10**	***	***
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**91**	**29**	**0**	**0**	**72**	**22**	***	***
PALERMO - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	***	***
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria**	**3**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	***	***

energetica e nucleare - PALERMO									
PISA - INGEGNERIA									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**31**	**10**	**0**	**0**	**7**	**3**	***	***	
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA -? **Ingegneria energetica?** - ROMA -	**53**	**13**	**0**	**0**	**0**	**0**	***	***	
TOTALE	**334**	**81**	**0**	**0**	**131**	**35**	**0**	**0**	

ISCRITTI	**Iscritti Totali**		**Iscritti Regolari (*)**		**Iscritti al 1° anno**		**di cui immatricolati al 1° anno per la 1° volta (*)**	
A.A. 2008/2009	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**118**	**23**	**0**	**0**	**52**	**11**	***	***
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**77**	**27**	**0**	**0**	**31**	**9**	***	***
PALERMO - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**4**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	***	***
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - PALERMO	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	***	***
PISA - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**31**	**6**	**0**	**0**	**8**	**1**	***	***
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA -	**77**	**15**	**0**	**0**	**0**	**0**	***	***
TOTALE	**308**	**56**	**0**	**0**	**92**	**21**	**0**	**0**

ISCRITTI A.A. 2007/2008	Iscritti Totali		Iscritti Regolari (*)		Iscritti al 1° anno		di cui immatricolati al 1° anno per la 1° volta (*)	
	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**73**	**17**	**0**	**0**	**25**	**4**	***	***
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**62**	**25**	**0**	**0**	**23**	**10**	***	***
PALERMO - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**3**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	***	***
PISA - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**21**	**2**	**0**	**0**	**6**	**0**	***	***
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA -	**83**	**17**	**0**	**0**	**39**	**7**	***	***
TOTALE	**242**	**61**	**0**	**0**	**94**	**21**	**0**	**0**

ISCRITTI A.A. 2006/2007	Iscritti Totali		Iscritti Regolari (*)		Iscritti al 1° anno		di cui immatricolati al 1° anno per la 1° volta (*)	
	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**52**	**14**	**0**	**0**	**20**	**7**	***	***
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**63**	**24**	**0**	**0**	**24**	**9**	***	***
PALERMO - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della**	**5**	**0**	**0**	**0**	**3**	**0**	***	***

sicurezza e delle tecnologie nucleari - PALERMO -									
PISA - INGEGNERIA									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**21**	**6**	**0**	**0**	**5**	**0**	***	***	
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA -	**45**	**13**	**0**	**0**	**32**	**9**	***	***	
TOTALE	**186**	**58**	**0**	**0**	**84**	**25**	**0**	**0**	

ISCRITTI									
	Iscritti Totali		**Iscritti Regolari (*)**		**Iscritti al 1° anno**		**di cui immatricolati al 1° anno per la 1° volta (*)**		
A.A. 2005/2006	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**	
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**35**	**4**	**0**	**0**	**13**	**1**	***	***	
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**49**	**16**	**0**	**0**	**29**	**11**	***	***	
PALERMO - INGEGNERIA									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**4**	**1**	**0**	**0**	**3**	**0**	***	***	
PISA - INGEGNERIA									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**19**	**5**	**0**	**0**	**3**	**1**	***	***	
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA									
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA -	**19**	**5**	**0**	**0**	**9**	**4**	***	***	
TOTALE	**126**	**31**	**0**	**0**	**57**	**17**	**0**	**0**	

ISCRITTI A.A. 2004/2005	Iscritti Totali		di cui In corso		Iscritti al 1° anno		di cui immatricolati al 1° anno per la 1° volta (*)	
	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**29**	**3**	**29**	**3**	**16**	**2**	***	***
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA III								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**28**	**6**	**28**	**6**	**18**	**5**	***	***
PALERMO - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	***	***
PISA - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**16**	**4**	**14**	**4**	**4**	**0**	***	***
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA	**9**	**1**	**9**	**1**	**9**	**1**	***	***
TOTALE	**83**	**15**	**83**	**15**	**48**	**9**	**0**	**0**

ISCRITTI A.A. 2003/2004	Iscritti Totali		di cui In corso		Iscritti al 1° anno		di cui immatricolati al 1° anno per la 1° volta (*)	
	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne	Totale	di cui Donne
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**15**	**2**	**15**	**2**	**15**	**2**	***	***
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA III								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**9**	**0**	**9**	**0**	**9**	**0**	***	***

PALERMO - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	***	***
PISA - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**8**	**3**	**6**	**3**	**5**	**3**	***	***
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA								
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	***	***
TOTALE	**32**	**5**	**30**	**5**	29	**5**	***	***

ALLEGATO n. 2

Dati relativi ai laureati in Laurea Ingegneria Nucleare (ed Ingegneria Energetica) nelle Sedi Universitarie Italiane dove è (è stato) attivo un CdL in Ingegneria Nucleare.

LAUREATI Anno solare 2009	Totale Laureati/Diplomati	
	Totale	di cui Donne
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**31**	**9**
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**20**	**8**
PALERMO - INGEGNERIA		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**1**	**0**
PISA - INGEGNERIA		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**7**	**1**
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA -? **Ingegneria energetica?** - ROMA -	**18**	**4**
TOTALE	**77**	**22**

LAUREATI Anno solare 2008	Totale Laureati/Diplomati	
	Totale	di cui Donne
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**22**	**6**
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI		

LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**24**	**10**	
PALERMO - INGEGNERIA			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**2**	**0**	
PISA - INGEGNERIA			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - PISA	**12**	**4**	
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**1**	**0**	
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA -	**8**	**1**	
TOTALE	**69**	**21**	

LAUREATI	**Totale Laureati/Diplomati**	
Anno solare 2007	**Totale**	**di cui Donne**
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**14**	**0**
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**13**	**4**
PALERMO - INGEGNERIA		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**0**	**0**
PISA - INGEGNERIA		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**2**	**2**
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA		
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA -	**9**	**2**

TOTALE(esclusa roma)	**38**	**8**	

LAUREATI **Anno solare 2006**	**Totale Laureati/Diplomati**		
	Totale	**di cui Donne**	
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**13**	**2**	
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**12**	**1**	
PALERMO - INGEGNERIA			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**0**	**0**	
PISA - INGEGNERIA			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**3**	**2**	
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA	**0**	**0**	
TOTALE	**28**	**5**	

LAUREATI **Anno solare 2005**	**Totale Laureati/Diplomati**		
	Totale	**di cui Donne**	
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA I			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica e nucleare** - TORINO	**7**	**0**	
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA III			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**4**	**0**	
PALERMO - INGEGNERIA			

LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**0**	**0**	
PISA - INGEGNERIA			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**0**	**0**	
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA			
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA -	**0**	**0**	
TOTALE roma esclusa	**11**	**0**	

MANCANZA DI DATI PER L'ANNO SOLARE 2004.

LAUREATI **Anno solare 2003**	**Totale Laureati/Diplomati**		**di cui Fuori Corso**	
	Totale	**di cui Donne**	**Totale**	**di cui Donne**
TORINO - POLITECNICO - INGEGNERIA II - VERCELLI				
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - VERCELLI	**5**	**1**	**0**	**0**
MILANO - POLITECNICO - INGEGNERIA III				
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare** - MILANO	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**
PALERMO - INGEGNERIA				
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria della sicurezza e delle tecnologie nucleari** - PALERMO -	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**
PISA - INGEGNERIA				
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria nucleare e della sicurezza industriale** - PISA	**0**	**0**	**0**	**0**
ROMA - LA SAPIENZA - INGEGNERIA				
LS - Classe 33/S - GRUPPO INGEGNERIA - **Ingegneria energetica** - ROMA	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**
TOTALE	**5**	**1**	**0**	**0**

ALLEGATO N. 3

Indicazione di alcuni Istituti internazionali per la formazione

- **ENEN** (European Nuclear Education Network)**,** EU;
- **NRNU** (National Research Nuclear University), Russia;
- **UNENE** (University Network of Excellence in Nuclear Engineering), Canada. In questo caso si tratta di un consorzio di università che svolge un ruolo analogo a quello degli istituti nazionali responsabili della formazione;
- **NuTEC** (Nuclear Technology and Education Center), Japan;
- **CIRTEN** (Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare), Italia;
- **NTEC** (Nuclear Technology Education Consortium), UK;
- **JNEN** Japan Nuclear Education Network is a new trial in the educational field by cooperation between Kanazawa Univ., Tokyo Institute of Technology, Fukui Univ. and JAEA;
- **Rolls-Royce** has announced (May 2010) the opening of two new university centres dedicated to nuclear technology at Imperial College in London and the University of Manchester.
  The two University Technology Centres (UTCs) will serve as hubs for excellence in nuclear science and engineering, providing a focal point for collaboration between Rolls-Royce and academics on new research in nuclear projects.
  The centres will focus on material properties, modelling of nuclear plant processes and safety and reliability, with applications in both civil and naval nuclear power.