

XVI legislatura

Energia nucleare: ritorno al futuro?

luglio 2008
n. 30



servizio studi del Senato

ufficio ricerche sulle questioni
istituzionali sulla giustizia e sulla
cultura



Servizio Studi

Direttore Daniele Ravenna

Segreteria

tel. 6706_2451

Uffici ricerche e incarichi

Settori economico e finanziario

Capo ufficio: -----

M. Magrini _3789

Questioni del lavoro e della salute

Capo ufficio: M. Bracco _2104

Attività produttive e agricoltura

Capo ufficio: -----

Ambiente e territorio

Capo ufficio: R. Ravazzi _3476

Infrastrutture e trasporti

Capo ufficio: F. Colucci _2988

Questioni istituzionali, giustizia e cultura

Capo ufficio: -----

A. Sansò _3435

S. Biancolatte _3659

S. Marci _3788

Politica estera e di difesa

Capo ufficio: -----

A. Mattiello _2180

Questioni regionali e delle autonomie locali, incaricato dei rapporti con il CERDP

Capo ufficio: F. Marcelli _2114

Legislazione comparata

Capo ufficio: V. Strinati _3442

Documentazione

Documentazione economica

Emanuela Catalucci _2581

Silvia Ferrari _2103

Simone Bonanni _2932

Luciana Stendardi _2928

Michela Mercuri _3481

Domenico Argondizzo _2904

Documentazione giuridica

Vladimiro Satta _2057

Letizia Formosa _2135

Anna Henrici _3696

Gianluca Polverari _3567

Chiara Micelli _3521

Antonello Piscitelli _4942

I dossier del Servizio studi sono destinati alle esigenze di documentazione interna per l'attività degli organi parlamentari e dei parlamentari. Il Senato della Repubblica declina ogni responsabilità per la loro eventuale utilizzazione o riproduzione per fini non consentiti dalla legge. I contenuti originali possono essere riprodotti, nel rispetto della legge, a condizione che sia citata la fonte.

XVI legislatura

Energia nucleare: ritorno al futuro?

luglio 2008
n. 30

a cura di: A. Sansò
hanno collaborato: E. Catalucci, L. Formosa

Classificazione Teseo: Energia nucleare. Impianti nucleari.
Ricerca scientifica e tecnologica.

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	9
2. LA SITUAZIONE IN ITALIA	9
L'ENEA e i recenti sviluppi delle ricerche in materia di energia nucleare	10
3. ELENCO DELLA PRINCIPALE NORMATIVA IN MATERIA.....	16
 ALLEGATI.....	19
 OCDE - AGENCE POUR L'ENERGIE NUCLEAIRE (AEN), <i>Législations nucléaires des pays de l'OCDE, Réglementation générale et cadre institutionnel des activités nucléaires, Italie, 2001</i> , pp. 6-28.....	21
OCDE - AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE (AEN), <i>Italy</i> , (aggiornato a giugno 2007), pp. 1-21	49
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), <i>Country profile: Italy</i> , pp. 1-27.....	71
ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E L'AMBIENTE (ENEA), <i>Rapporto Energia e Ambiente 2006, L'analisi</i> (estratto), pp. 354-374	99
ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E L'AMBIENTE (ENEA), <i>ENEA e la ricerca sul nucleare</i> , Workshop 10 aprile 2008	117
ALBONETTI A., <i>Il Terzo Millennio, l'energia nucleare e la politica estera europea</i> , in: "Affari esteri", 2000, n. 125, pp. 91-124.....	167
ANDREANI R., <i>Stato del programma fusione</i> , in: "Energia, ambiente e innovazione: bimestrale dell'Enea", 2000, n. 1, pp. 34-43	185
BAHGAT G., <i>Europe's energy security: challenger and opportunities</i> , in: "International Affairs", 2006, n. 5, pp. 961-975.....	195
BAHGAT G., <i>Energia nucleare: potenzialità e implicazioni</i> , in: "Energia", 2008, n. 1, pp. 26-36.....	211
BATISTONI P., <i>Ricadute e benefici delle ricerche sulla fusione nucleare</i> , in: "Energia, ambiente e innovazione: bimestrale dell'Enea", 2004, n. 2, pp. 32- 49	223
BECCARELLO M., <i>La nuova politica energetica europea: opportunità e rischi per i settori industriali</i> , in: "Economia e politica industriale", 2007, n. 3, pp. 7-26.....	241
CAROBENE A., <i>L'energia in Italia: quali risorse?</i> , in: "Aggiornamenti sociali", 2006, n. 12, pp. 868-871.....	253

CHICONE L., <i>Nucleare sì, nucleare no</i> , in: "Rassegna giuridica dell'energia elettrica", 2005, n. 2, pp. 421-425	255
DE PAOLI L., <i>Situazione, insegnamenti e prospettive dell'energia nucleare</i> , in: "Economia delle fonti di energia e dell'ambiente", 2003, n. 1/2, pp. 39-59	259
DE PAOLI L., <i>Prospettive e problemi dell'energia nucleare nel mondo</i> , in: "Economia e politica industriale", 2007, n. 3, pp. 27-52.....	271
DI NUCCI M.R., <i>The nuclear power option in the Italian energy policy</i> , in: "Energy and Environment", 2006, n. 3, pp. 341-357	285
FERGUSON C.D., <i>L'energia nucleare, rischi e benefici</i> , in: "Acque e terre", 2007, n.4/5, pp. 48-72.....	303
GOBBO F., <i>A quando una politica energetica di largo respiro</i> , in: "Italianieuropei", 2007, n. 1, pp. 102-110	317
GRASSI S., <i>La normativa in materia di energia nucleare in Italia</i> , in: "Il diritto dell'economia", 2006, n. 1, pp. 117-144.....	327
LAUVERGEON A., <i>Perché sì all'energia nucleare</i> , in: "Aspenia", 2007, n. 38, pp. 162-169.....	341
LUCIANI G., <i>I nuovi orizzonti della politica europea dell'energia</i> , in: "Italianieuropei", 2007, n. 1, pp. 133-145	345
MANCINI C., <i>Le prospettive del nucleare</i> , in: "Affari esteri", 2005, n. 147, pp. 617-634.....	359
MANCINI C., <i>Le capacità italiane nel settore nucleare</i> , in: "Affari esteri", 2006, n. 151, pp. 629-637.....	377
MAZZOLA M. A., <i>L'inesauribile energia nucleare (italiana) in merito all'ordinanza del Commissario delegato per la sicurezza dei materiali nucleari, del 10 novembre 2003, n. 13</i> , in: "Rivista giuridica dell'ambiente", 2004, n. 3/4, pp. 577-587.....	387
MENNA P., BARRA L., <i>Le fonti rinnovabili nelle politiche energetiche nazionali</i> , in: "Energia, ambiente e innovazione: bimestrale dell'Enea", 2000, n. 6, pp. 52-70.....	393
MENSURATI S., <i>Il nucleare non era l'Apocalisse</i> , in: "IdeAzione: i percorsi del cambiamento", 2003, n. 4, pp. 165-172.....	413
NOCERA F., <i>Sicurezza nucleare: non è opportuno distinguere tra tutela della salute pubblica e sicurezza delle sorgenti di radiazioni</i> , in: "Rassegna giuridica dell'energia elettrica", 2003, n. 1/2, pp. 181-199	419
NOCERA F., <i>Le competenze dell'EURATOM in materia di sicurezza nucleare secondo la corte di giustizia delle Comunità Europee</i> , in: "Rassegna giuridica dell'energia elettrica", 2003, n. 1/2, pp. 385-393.....	429
PASINI G., <i>Sì al nucleare ma in outsourcing</i> , in: "Aspenia", 2004, n. 27, pp. 277-284.....	435

PIANI G., <i>Esaurimento delle risorse?</i> , in: "IdeAzione: i percorsi del cambiamento", 2003, n. 4, pp. 156-164.....	441
PINNA L., <i>La breve parabola del nucleare nostrano</i> , in: "Limes: rivista italiana di geopolitica", 2007, n. 6, pp. 259-271	447
RILLI A., <i>Deideologizzare il nucleare</i> , in: "MondOperaio", 2003, n. 2, pp. 23-33.....	461
RISOLUTI P., <i>Lo smaltimento dei rifiuti nucleari e i problemi di accettabilità sociale</i> , in: "Economia delle fonti di energia e dell'ambiente", 2003, n. 1/2, pp. 79-84.....	473
SANTORO E. (a cura di), <i>Il nucleare di quarta generazione</i> , in: "Energia, ambiente e innovazione", 2007, n.2, pp. 86-88	477
VACCÀ S., ZORZOLI G. B., <i>L'energia nucleare in Europa: un problema aperto. E' possibile una cultura nazionale del nucleare?</i> , in: "Gli argomenti umani", 2003, n. 7/8, pp. 30-36	481
VENDITTI P., <i>Il mini revival nucleare</i> , in: "Aspenia", 2007, n. 38, pp. 256-261	485
VENDITTI P., <i>Le opzioni francesi per la gestione dei rifiuti nucleari ad alta attività</i> , in: "Energia, ambiente e innovazione: bimestrale dell'Enea", 2000, n. 2, pp. 23-29.....	489
TABELLE	497

1. INTRODUZIONE

Il presente *dossier*, in relazione all'autorizzazione concessa dal Presidente del Senato alle Commissioni riunite 7^a e 10^a a svolgere una indagine conoscitiva sulle ricerche italiane nel settore della fusione nucleare¹, intende offrire elementi di informazione sulla situazione della politica energetica del nostro Paese, con particolare riguardo all'energia nucleare e alle ricerche in materia.

Oltre a una sintetica nota relativa ai principali enti operanti nel settore, alla legislazione vigente e alle ricerche in essere, il dossier reca i più recenti articoli², nonché alcuni dati statistici in materia.

2. LA SITUAZIONE IN ITALIA

Il nostro Paese, a seguito del referendum del 1987, ha abbandonato l'uso di energia nucleare, ma ad oggi l'Italia non è ancora un paese denuclearizzato, posto che il problema dello smantellamento delle centrali e dello smaltimento dei prodotti o rifiuti radioattivi è ancora presente.

Le competenze in materia sono state rimesse o sono svolte da vari soggetti, tra i quali il Ministero dello sviluppo economico, il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, il Ministero per i beni e le attività culturali, il Ministero del lavoro, della salute e delle politiche sociali, l'Agenzia per la protezione dell'ambiente e dei servizi tecnici (APAT), il Commissario delegato per la sicurezza dei materiali nucleari, il Dipartimento della protezione civile, varie Commissioni tecnico-scientifiche, il CIPE³.

Ai fini dello smaltimento delle scorie, i maggiori compiti spettano attualmente alla Società gestione impianti nucleari (SOGIN) Spa, ai sensi del DM 7 maggio 2001.

Le competenze scientifiche e di ricerca sono affidate prevalentemente all'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente (ENEA), al Consiglio nazionale delle ricerche (CNR) e all'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN).

¹ Resoconto della seduta n. 20 del 17 giugno 2008.

² Il dossier reca una selezione di articoli pubblicati tra il 2000 e il 2008.

³ Per approfondimenti si vedano le schede paese relative all'Italia dell'*Agence pour l'énergie nucléaire*, in allegato.

L'ENEA e i recenti sviluppi delle ricerche in materia di energia nucleare⁴

Il mantenimento della cultura e delle competenze nel settore nucleare è affidato all'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente (ENEA), che promuove e svolge attività di ricerca nucleare di base e applicata, per le quali esplica il ruolo di *advisor* tecnico-scientifico per il Governo. Il decreto legislativo 3 settembre 2003, n. 257, recante il riordino della disciplina dell'ENEA, affida all'Ente il compito di preservare la cultura e le competenze nel settore del nucleare nel nostro Paese, conferendogli il "ruolo di responsabile del presidio scientifico e tecnologico in tema di energia nucleare". L'ENEA è inoltre chiamato a svolgere attività di ricerca e sviluppo (R&S) in questo campo, a supporto della competitività del settore produttivo.

L'Ente detiene rilevanti competenze, conservate e sviluppate grazie alla partecipazione ai programmi del Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, sulla trasmutazione, ai progetti europei dei vari programmi quadro Euratom e agli organismi internazionali del settore (*OECD Nuclear Energy Agency - NEA, International Atomic Energy Agency - IAEA*, ecc.). Peculiare è la sua capacità di integrazione di sistema, in particolare per quanto riguarda la progettazione dell'isola nucleare, i cicli avanzati del combustibile e gli aspetti di sicurezza e radioprotezione. A ciò si aggiunge l'esistenza di importanti infrastrutture sperimentali, presso i Centri ricerche ENEA della Casaccia e del Brasimone, in cui è possibile effettuare prove di qualifica di componenti e sviluppo dei materiali per reattori.

Le iniziative internazionali più rilevanti in cui si sviluppa l'attività dell'ENEA, e che prevedono, a medio-lungo termine, realizzazioni di sistemi nucleari avanzati sono:

- GNEP (*Global Nuclear Energy Initiative*), lanciata dal Governo statunitense nel 2006;
- *Generation IV*, lanciata dal *U.S. Department of Energy* (DOE) nel 2000;
- INPRO (*International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles*) promosso nel 2000 dall'*International Atomic Energy Agency* (IAEA);
- *Sustainable Nuclear Energy Technology Platform* europea lanciata dalla Commissione Europea il 21 settembre 2007.

In particolare, i grandi temi di R&S su cui l'ENEA, assieme alle sue partecipate, sarà maggiormente impegnato nel prossimo triennio sono:

- nell'ambito GNEP, lo sviluppo del reattore PWR IRIS, con 22 partners di 10 paesi, sette dei quali italiani, sotto la responsabilità della Westinghouse. Il reattore IRIS è di *Generation III+*, cioè appartiene a quella classe di reattori meno rivoluzionari della *Generation IV*, ma di tecnologia più certa e realizzabile (2012-2015);
- nell'ambito Generation IV:
 - il reattore veloce raffreddato a piombo (LFR) che, se risultasse vincente come tecnologia (aspetti di compatibilità piombo fuso-acciaio) porterebbe a reattori veloci semplici, sicuri ed economicamente più competitivi di quelli raffreddati a

⁴ Le seguenti note sono una sintetica rielaborazione di alcune pagine presenti sul sito www.enea.it, a cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

- sodio, rendendo l'uranio una risorsa praticamente inesauribile;
- il reattore veloce raffreddato a sodio (SFR), in collaborazione, nell'ambito del VI Programma Quadro europeo, con l'Università di Roma "La Sapienza", la controllata CESI Ricerca e il CEA francese;
- il *Technology Survey* sui reattori a gas ad alta temperatura (VHTR – *Very High Temperature Reactor*) per il quale è attiva la partecipazione in ambito europeo;
- nell'ambito degli studi riguardanti la non proliferazione e i cicli avanzati del combustibile mediante *Partitioning&Transmutation* in reattori critici e sottocritici (*ADS–Accelerator Driven System*), l'eliminazione dei rifiuti radioattivi ad alta attività e lunga vita.

Rilevante è la presenza anche nel campo delle infrastrutture e di servizio. Un nuovo laboratorio radiochimico, da realizzare presso Saluggia, consentirà la manipolazione di radionuclidi per attività di chimica analitica distruttiva e opererà in collaborazione con il laboratorio di Casaccia, anch'esso in fase di opportuno adeguamento, specializzato in analisi fisiche non-distruttive. Tali infrastrutture, indipendenti dagli esercenti nucleari e integrati con laboratori di radioprotezione ambientale, laboratori mobili e unità di pronto intervento, costituiranno, nel settore della caratterizzazione dei materiali e dei rifiuti radioattivi, un sistema di riferimento nazionale per più tipologie di utilizzatori, in modo particolare per le pubbliche amministrazioni.

Nell'ambito della radioprotezione, l'insieme di competenze multidisciplinari e di prestazioni tecniche dell'ENEA permette di rispondere alle quotidiane esigenze di radioprotezione derivanti non solo dalle attività "nucleari", ma anche dall'utilizzo delle radiazioni ionizzanti nelle varie attività di ricerca ed applicazioni tecnologiche dell'Ente, delle PA e di utenti privati, in campo sanitario e medico.

Anche l'attività di sorveglianza fisica di radioprotezione, svolta per legge dall'ENEA, che richiede specifiche azioni di monitoraggio ambientale e individuale dei lavoratori esposti, costituisce uno stimolo al mantenimento, all'ottimizzazione delle tecniche dosimetriche adottate, nonché allo sviluppo di nuove tecniche di misura e procedure di valutazioni di dose.

Nel campo nucleare, il maggiore contributo delle competenze di radioprotezione è certamente posizionabile nell'ambito dei piani nazionali di smantellamento di tutti gli impianti e siti italiani nei prossimi venti anni. Tali attività anche per gli impianti di proprietà ENEA, attualmente di competenza SOGIN, comporteranno infatti rischi di esposizione radioattiva dei lavoratori addetti, in particolare di contaminazione interna, maggiori rispetto ai rischi presenti in passato nella fase di esercizio degli impianti e dal 1987 durante la fase di "tenuta in sicurezza" degli impianti stessi.

In attesa che si renda disponibile il sito nazionale di smaltimento dei rifiuti radioattivi, l'ENEA è in grado di dare un contributo fattivo al problema relativo a tale infrastruttura per lo smaltimento dei rifiuti radioattivi e per il loro deposito; questo argomento necessiterebbe di essere sviluppato in funzione di precisi riferimenti governativi.

L'inventario nazionale di rifiuti radioattivi include alcune decine di migliaia di tonnellate di rifiuti a medio-bassa attività e/o breve vita e solo alcune migliaia di tonnellate di rifiuti ad alta attività e/o a vita lunga. Per i primi è necessario individuare e qualificare un sito di smaltimento superficiale. Per la seconda tipologia di rifiuti, per i quali il sistema di smaltimento adatto è quello in depositi geologici, il quantitativo non è tale da giustificare, allo stato attuale, l'avvio di un programma per la predisposizione

in Italia di un deposito in profondità, con costi dell'ordine di miliardi di euro e tempi di realizzazione valutabili in decenni. Sarà però opportuno prevedere il mantenimento di una linea di ricerca e di competenze qualificate in questo settore per permettere al Paese di partecipare fattivamente a eventuali soluzioni di deposito geologico internazionale.

NUCLEARE DA FISSIONE

Nonostante il ridimensionamento di risorse umane e strumentali conseguente al referendum del 1987, l'Italia possiede ancora rilevanti competenze specifiche sul nucleare da fissione⁵ e infrastrutture di ricerca di livello internazionale, conservate e sviluppate in questi anni da ENEA con il concorso e in collaborazione con gli altri soggetti nazionali attivi nel settore, che hanno permesso di ricostituire e mantenere un sistema nazionale qualificato, agevolmente inserito in attività di ricerca e sviluppo sia a livello comunitario, sia ad un più ampio livello internazionale.

Competenze ed infrastrutture per la ricerca nucleare da fissione sono concentrate presso i Centri ENEA di Bologna, del Brasimone, della Casaccia (dove si trovano due dei quattro reattori di ricerca italiani ancora in funzione) e di Saluggia, le partecipate SIET, CESI Ricerca e NUCLECO e presso le Università che fanno capo al Consorzio CIRTEN⁶.

ENEA è impegnato in numerose attività di ricerca e sviluppo (R&S) e di sistema sul nucleare a fissione per contribuire a ricreare le competenze e le capacità in questo settore e consentire all'Italia di partecipare a pieno titolo alle grandi iniziative di R&S internazionali ed europee attualmente in atto.

A livello nazionale, nell'ambito dell'Accordo di programma con il Ministero dello sviluppo economico⁷, cui fornisce supporto per il coordinamento della partecipazione nazionale a progetti e accordi internazionali nel campo del nuovo nucleare da fissione, ENEA sta effettuando rilevanti attività teoriche e sperimentali per lo sviluppo degli impianti di ultima generazione (GEN III+, GEN IV), che soddisfano i criteri di sostenibilità, economicità, sicurezza e resistenza alla proliferazione.

A livello europeo e internazionale l'ente presidia e sviluppa, attraverso la partecipazione alle grandi iniziative europee e internazionali in corso⁸ e mediante accordi bilaterali con organismi governativi di ricerca come il DOE americano e il CEA francese, importanti attività di R&S sui reattori avanzati e innovativi, nonché sui cicli del combustibile avanzati, che permettono un migliore sfruttamento delle risorse naturali e la minimizzazione dei rifiuti radioattivi ad alta attività e a lunga vita.

⁵ La fissione nucleare è una reazione in cui atomi di uranio 235, plutonio 239 o di altri elementi pesanti adatti vengono divisi in due o più frammenti in un processo che libera energia. La reazione può avvenire spontaneamente o a causa del bombardamento di neutroni (è il caso più diffuso), particelle cariche, raggi gamma (fissione nucleare indotta). La fissione è comunemente utilizzata nelle centrali nucleari, dove avviene in modo controllato e il calore prodotto viene trasformato in energia elettrica.

⁶ Università italiane raggruppate nel consorzio CIRTEN: Politecnici di Milano e Torino e Università di Roma, Palermo, Pisa e Pavia.

⁷ L'Accordo di programma triennale è stato siglato il 21 giugno 2007. Nel programma di ricerca sono coinvolti, oltre ad ENEA, che svolge il ruolo di capofila, anche la sua partecipata SIET, il Consorzio interuniversitario CIRTEN, l'Ansaldo Nucleare, l'Ansaldo Camozzi e la Del Fungo Giera Energia.

⁸ L'Italia partecipa al *Generation IV International Forum* tramite l'Euratom.

NUCLEARE DA FUSIONE

La fusione termonucleare⁹ è attualmente considerata una delle opzioni utili, in presenza di una crescente richiesta globale di energia e di sicurezza nell'approvvigionamento, in grado di rendere disponibile una fonte di energia sostenibile, di larga scala, sicura e praticamente inesauribile. Sebbene i progressi compiuti dalla ricerca negli ultimi anni siano notevoli, per poter realizzare una centrale a fusione commerciale, che consentirebbe un approvvigionamento quasi illimitato di energia pulita, sono necessari ulteriori sviluppi di fisica, tecnologia e ingegneria.

LA FUSIONE IN ITALIA

L'Italia è fortemente impegnata nelle ricerche sulla fusione a livello europeo e internazionale sia nel campo della fisica, che nel in quello della tecnologia. Le attività vengono svolte dall' [Associazione ENEA-EURATOM](#) che, oltre all' [EURATOM](#) e alla UTS Fusione dell' [ENEA](#), comprende:

- [l'Istituto di fisica del plasma](#) del Centro nazionale delle ricerche (CNR) di Milano;
- il [Consorzio RFX](#) (CNR-Padova), dove è attiva la macchina di tipo *Reversed Field Pinch* RFX;
- istituti universitari quali il [Politecnico di Torino](#), [l'Università di Catania - DIEES](#), [l'Università di Roma Tor Vergata](#) e il Consorzio universitario [CREATE](#) (Consorzio di ricerca per l'energia e le applicazioni tecnologiche dell'elettromagnetismo).

⁹ La fusione nucleare, che è il processo che avviene nel Sole e nelle stelle, consiste nella fusione di due atomi leggeri in uno più pesante, che libera energia in quantità proporzionale alla massa persa; perché avvenga la fusione nucleare, i nuclei devono avvicinarsi fra loro vincendo la forza di repulsione elettrostatica dovuta alla loro carica positiva. Questo è possibile solo in gas a temperature di milioni o decine di milioni di gradi, in cui i nuclei si muovono ad altissima velocità a causa del violento moto di agitazione termica.



Fonte: www.enea.it

Le attività sono svolte in collaborazione con un gran numero di università e laboratori di enti di ricerca italiani e stranieri. Esse riguardano:

- ricerche condotte in Italia presso le macchine [FTU](#) (Frascati Tokamak¹⁰ Upgrade) e [RFX](#)¹¹,
- attività di ricerca presso il tokamak europeo [JET](#) (*Joint European Torus*), il più grande tokamak esistente al mondo;
- la progettazione della macchina [IGNITOR](#)¹².

L'importanza strategica delle ricerche sulla fusione termonucleare è esemplificata da Giuseppe Mazzitelli, responsabile della Sezione gestione grandi impianti sperimentali

¹⁰ Il tokamak (acronimo del nome in russo "тороидальная камера с магнитными катушками", ossia cella toroidale con bobine magnetiche), è una macchina di forma toroidale (a ciambella) che, attraverso il confinamento magnetico di isotopi di idrogeno allo stato di plasma (gas ionizzato, costituito da una collezione di elettroni e ioni, ma che globalmente è neutro, cioè la carica elettrica totale è nulla), crea le condizioni affinché si verifichi, al suo interno, la fusione termonucleare allo scopo di estrarne l'energia prodotta. Il tokamak è una macchina sperimentale in via di ottimizzazione. Recentemente ottimi risultati sono stati raggiunti con i progetti FTU e JET. L'FTU è una macchina che, grazie all'elevato campo magnetico, ha come obiettivo quello di far avvicinare due nuclei di due atomi, il deuterio e il trizio, isotopi dell'idrogeno, per creare energia. Essendo due particelle cariche dello stesso segno si respingono e occorre aiutarle, dotandole di energia cinetica tale da superare questa barriera. Rosee sono le prospettive introdotte con il progetto, giunto quasi alla versione definitiva, di ITER.

¹¹ RFX è il nome di un *Reversed field pinch* -cioè strizione a campo rovesciato – che è una configurazione di campo magnetico per il confinamento dei plasmi alternativa a quella presente nel tokamak ed è situato nei laboratori del CNR di Padova.

¹² Progetto italiano per la realizzazione di un reattore sperimentale di piccole dimensioni.

del Dipartimento “Fusione tecnologie e presidio nucleari” di Frascati, nei seguenti termini:

“Per alimentare oggi una centrale nucleare da 1000MWe occorrono due milioni di tonnellate di carbone l’anno, oppure 1,3 milioni di tonnellate di petrolio, o ancora 30 tonnellate di uranio se parliamo di una centrale nucleare a fissione; nel caso di fusione a caldo invece sono sufficienti 500-600 kg di deuterio trasportabili su un semplice camion, in grado di generare energia pulita”¹³.

Infine, l'Italia è fortemente impegnata nella attività di progettazione e di R&S per la costruzione del reattore termonucleare sperimentale ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), che sarà realizzato in Francia a Cadarache.

La creazione di ITER, che è al centro della strategia attuale dell'Unione europea, concentra lo sforzo scientifico e tecnologico di altri sei partner internazionali: Giappone, Russia, Corea del Sud, India, Cina e Stati Uniti. Il programma di ricerca sulla fusione, che sin dalle sue origini ha avuto una dimensione europea, si è così allargato su scala mondiale, diventando una delle sfide tecnologiche del nostro tempo.

Il posizionamento del sistema Italia, che vede ENEA coordinatore di un programma iniziato nei primi anni '60 con la partecipazione di CNR, Consorzio RFX e recentemente INFN, oltre a università e consorzi universitari, è di assoluto rilievo: il programma italiano vede impegnati circa 600 ricercatori, capaci di sviluppare competenze di eccellenza, sia di fisica che di tecnologia, che consentono al sistema Italia di competere con la comunità scientifica internazionale.

L'Italia è tra l'altro promotore in Europa di un esperimento di fusione denominato FAST (*Fusion Advanced Studies Torus*)¹⁴, uno strumento capace di accelerare la sperimentazione di ITER e di contribuire allo sviluppo di alcune tecnologie necessarie per la progettazione di DEMO.

ENEA è il partner italiano dell'Euratom nelle ricerche sulla fusione, al cui programma collabora con un notevole impegno economico e con circa 400 dipendenti presso i centri di Frascati e Brasimone, concentrati in attività di ricerca e sviluppo tecnologico.

LA FUSIONE IN EUROPA E NEL MONDO

Il programma di fisica della fusione è condotto in Europa in modo coordinato dall'insieme degli Istituti nazionali associati con l'EURATOM, e di varie Associazioni, attraverso lo sfruttamento delle varie macchine sperimentali e del tokamak europeo JET, operante a Culham (GB). In Europa e nel mondo sono in funzione molte macchine sperimentali più piccole del JET e specializzate in vari aspetti dello studio della fusione.

Tramite l'*European Fusion Development Agreement* (EFDA), sono coordinate le attività di ricerca e sviluppo tecnologico, il funzionamento del tokamak europeo JET¹⁵ e il contributo alle collaborazioni internazionali. JET ha confermato la fisica e le leggi

¹³ <http://titano.sede.enea.it/Stampa/skin2col.php?page=eneaperdettagliofigli&id=33>

¹⁴ FAST dovrebbe operare a partire dagli ultimi anni della costruzione di ITER, per simulare e preparare gli scenari operativi e, attraverso l'uso di soluzioni tecnologiche innovative, consentire di provare componenti in condizioni rilevanti per il funzionamento di ITER e DEMO.

¹⁵ JET è la macchina per la fusione più grande al mondo (raggio maggiore 3 m, raggio minore 1,2 m). Nel 1997 ha raggiunto le migliori prestazioni producendo 16 MW di potenza di fusione (65% della potenza assorbita), 21 MJ di energia, operando con un plasma di deuterio-trizio e sperimentando alcune tecnologie necessarie per il funzionamento del reattore a fusione.

di scala in regimi di plasma vicini a quelli che saranno realizzati nel prossimo reattore sperimentale ITER.

Unione europea, Giappone, Federazione Russa, Stati Uniti d'America, Cina, India e Corea del Sud, integrando le rispettive esperienze sulla fusione e sui tokamak in particolare, sono impegnati alla realizzazione del progetto ITER¹⁶, che sarà il primo impianto a fusione di dimensioni paragonabili a quelle di una centrale elettrica convenzionale e ha il compito di dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della fusione come fonte di energia. Unione Europea, Giappone, Federazione Russa e, dal 2003, Stati Uniti d'America, India, Cina e Corea del Sud, sono impegnati nei negoziati per l'organizzazione e l'attuazione del progetto. Il 28 giugno 2005 a Mosca è stato siglato ufficialmente l'accordo tra i partner di procedere quanto prima alla costruzione di ITER nel sito europeo di Cadarache nel sud della Francia. Il programma, di durata trentennale, prevede la costruzione dal 2007-2008 in un decennio e il suo sfruttamento scientifico nei successivi venti anni; con ITER sarà possibile studiare plasmi riscaldati dalle reazioni di fusione in condizioni molto simili a quelle previste nelle future centrali. Il valore complessivo del programma è di circa 10 miliardi di euro, di cui 4,5 utilizzati per la costruzione. Il contributo europeo al costo di investimento è pari al 50 per cento, mentre ciascuno degli altri sei partner contribuirà con il 10 per cento, tenendo conto di un 10 per cento per gli imprevisti. L'Unione europea fornirà circa 1750 milioni di euro. Per l'industria italiana la costruzione di ITER rappresenta l'opportunità di operare in un settore ad alta tecnologia che può accrescere la competitività; l'Italia punta ad acquisire circa il 20 per cento delle commesse europee, concentrate soprattutto nei campi di magneti superconduttori, componenti per alti flussi termici, meccanica, manutenzione remota, alimentazioni elettriche, controlli e iniettori di neutri; vi sono inoltre opportunità in settori più convenzionali, come edifici e impiantistica relativa, e per tutto l'indotto in generale.

3. ELENCO DELLA PRINCIPALE NORMATIVA IN MATERIA¹⁷

- Legge 31 dicembre 1962, n. 1860, recante *Impiego pacifico dell'energia nucleare*;
- D.P.R. 13 febbraio 1964, n. 185, recante *Sicurezza degli impianti e protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro i pericoli*

¹⁶ ITER avrà dimensioni lineari doppie rispetto al JET e produrrà 500 MW di potenza di fusione per tempi di circa 15-30 minuti, utilizzando in maniera integrata e testando tutti i componenti chiave per il funzionamento del reattore a fusione.

¹⁷ Si ricorda che in materia sono state emanate anche le seguenti leggi regionali: Regione Sardegna – Legge 3 luglio 2003, n. 8, recante *Dichiarazione della Sardegna territorio denuclearizzato*, Regione Basilicata – Legge 21 novembre 2003, n. 31, recante *Modifiche ed integrazioni alla L.R. 31 Agosto 1995, n. 59*, Regione Calabria – Legge 5 dicembre 2003, n. 26, recante *Dichiarazione della Calabria denuclearizzata. Misure di prevenzione dall'inquinamento proveniente da materiale radioattivo. Monitoraggio e salvaguardia ambientale della salute dei cittadini* (la Corte Costituzionale, con sentenza 29 gennaio 2005, n. 62, ha dichiarato l'illegittimità costituzionale delle citate leggi) e Regione Molise – Legge 27 maggio 2005, n. 22, recante *Disciplina regionale in materia di rifiuti radioattivi* (la Corte Costituzionale, con sentenza 28 giugno 2006, n. 247, ne ha dichiarato l'illegittimità costituzionale).

- delle radiazioni ionizzanti derivanti dall'impiego pacifico dell'energia nucleare;*
- D.P.R. 5 dicembre 1969, n. 1303, recante *Determinazione delle quantità di radioattività, delle attività specifiche o concentrazioni e delle intensità di dose di esposizione soggette alle prescrizioni del D.P.R. 13 febbraio 1964, n. 185;*
 - D.P.R. 30 dicembre 1970, n. 1450, *Regolamento per il riconoscimento dell'idoneità all'esercizio tecnico degli impianti nucleari;*
 - Legge 2 agosto 1975, n. 393, recante *Norme sulla localizzazione delle centrali elettronucleari e sulla produzione e sull'impiego di energia elettrica;*
 - D.Lgs. 17 marzo 1995, n. 230, recante *Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti;*
 - D. lgs. 16 marzo 1999, n. 79, art. 13, recante *Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica;*
 - D.lgs. 26 maggio 2000, n. 241, recante *Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti;*
 - D. lgs. 3 settembre 2003, n. 257, recante *Riordino della disciplina dell'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente - ENEA, a norma dell'articolo 1 della legge 6 luglio 2002, n. 137;*
 - Decreto-legge 14 novembre 2003, n. 314, recante *Disposizioni urgenti per la raccolta, lo smaltimento e lo stoccaggio, in condizioni di massima sicurezza, dei rifiuti radioattivi, convertito, con modificazione, dalla legge 24 dicembre 2003, n. 368;*
 - D.P.C.M. 24 giugno 2005, n. 183, recante *Regolamento di sicurezza nucleare e protezione sanitaria per l'Amministrazione della difesa;*
 - D.Lgs. 6 febbraio 2007, n. 52, recante *Attuazione della direttiva 2003/122/CE Euratom sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane.*

Ultimi dossier del Servizio Studi

17	Dossier	Il contenzioso Stato-Regioni: dati quantitativi
18	Schede di lettura	Disegni di legge A.A.SS. nn. 733, 242, 391 e 583 in materia di sicurezza pubblica
19	Dossier	Il Servizio diplomatico europeo
20	Dossier	Doc. LVII, n. 1. Nota di lettura relativa al Documento di programmazione economico-finanziaria 2009-2013 per le materie di interesse della 7 ^a Commissione permanente
21	Schede di lettura	Disegno di legge A.S. n. 832 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 23 maggio 2008, n. 90, recante misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e ulteriori disposizioni di protezione civile”
22	Dossier	Indicatori socio-economici territoriali: la regione Trentino-Alto Adige (2 ^a serie)
23	Dossier	Mercato del lavoro 2007
24	Schede di lettura	Disegno di legge A.S. n. 859 “Conversione in legge del decreto-legge 30 giugno 2008, n. 113, recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative”
25	Schede di lettura	Disegno di legge A.S. n. 866 “Conversione in legge del decreto-legge 27 maggio 2008, n. 93, recante disposizioni urgenti per salvaguardare il potere di acquisto delle famiglie”
26	Testo a fronte	Disegni di legge recanti “Disposizioni in materia di assegno sostitutivo dell'accompagnatore militare” (A.A.SS. nn. 466, 745, 782, 792, 821)
27	Schede di lettura	Disegno di legge A.S. n. 585-B “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 16 maggio 2008, n. 85, recante disposizioni urgenti per l'adeguamento delle strutture di Governo in applicazione dell'articolo 1, commi 376 e 377, della legge 24 dicembre 2007, n. 244”
28	Dossier	Libro bianco sulla difesa e sicurezza della Francia
29	Schede di lettura	Disegno di legge A.S. n. 867 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 maggio 2008, n. 95, recante disposizioni urgenti relative al termine per il riordino del ruolo e delle funzioni della magistratura onoraria”

Il testo del presente dossier è disponibile in formato elettronico PDF su Internet, all'indirizzo www.senato.it, seguendo il percorso: "Leggi e documenti - dossier di documentazione - Servizio Studi - Dossier".
Per gli utenti intranet del Senato è altresì disponibile il formato word seguendo il percorso "dossier di documentazione - Servizio Studi - Amarcord".