

## ***Attività sulla fusione in ENEA***

### ***Rapporti ricerca industria***

**Paola Batistoni**

ENEA Fusione - Frascati  
ITER Industrial Liaison Officer per l'Italia

## Il programma europeo sulla fusione

Obiettivo: "... la realizzazione comune di prototipi di reattori per impianti di potenza in grado di soddisfare i requisiti di sicurezza delle operazioni, rispetto dell'ambiente e fattibilità economica"

### La ricerca sulla Fusione è

- parte del Trattato EURATOM
- integrata a livello europeo attraverso accordi di **Associazione tra Stati Membri e EURATOM:**

- ✓ coordinamento dei programmi nazionali
- ✓ collaborazioni tra centri di ricerca
- ✓ conduzione dell'esperimento **JET**
- ✓ partecipazione alle collaborazioni internazionali, quali **ITER**



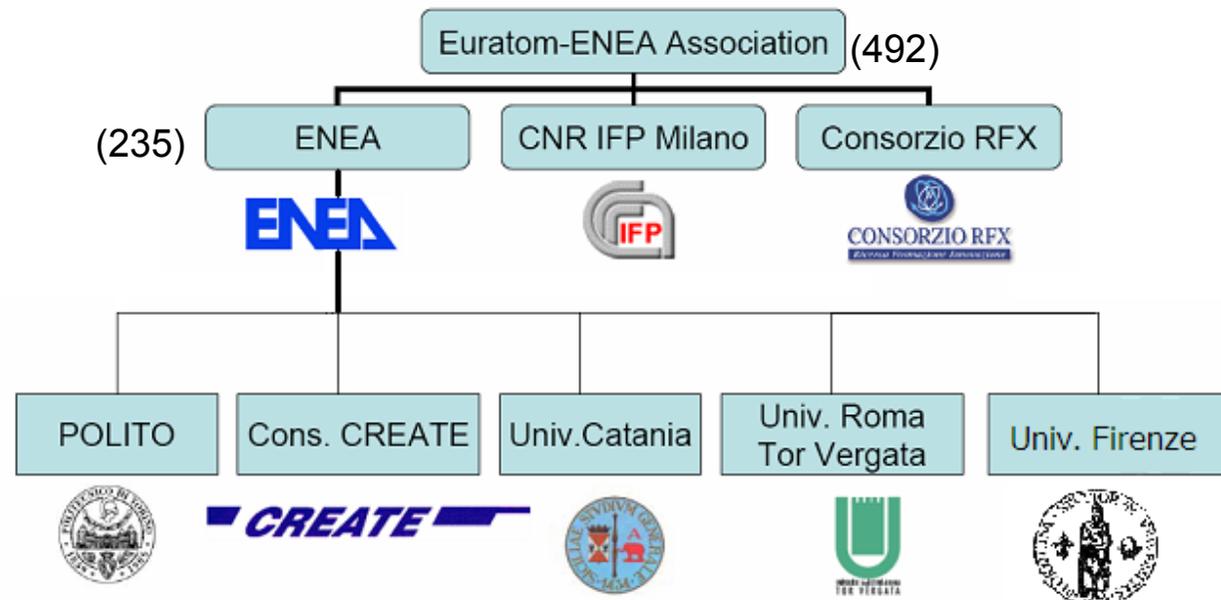
**Joint European Torus (JET)**

## La fusione in Italia

L' Italia è fortemente impegnata nelle ricerche sulla fusione sia nel campo della fisica sia nel campo della tecnologia

Le attività vengono svolte nell'ambito dell' **Associazione ENEA-EURATOM:**

- **ENEA**
- **Consorzio RFX** (CNR, ENEA, INFN, Un. Padova, Acciaierie Venete)
- **Istituto di Fisica del Plasma (CNR-Milano)**
- **Consorzio CREATE**
- **Università**

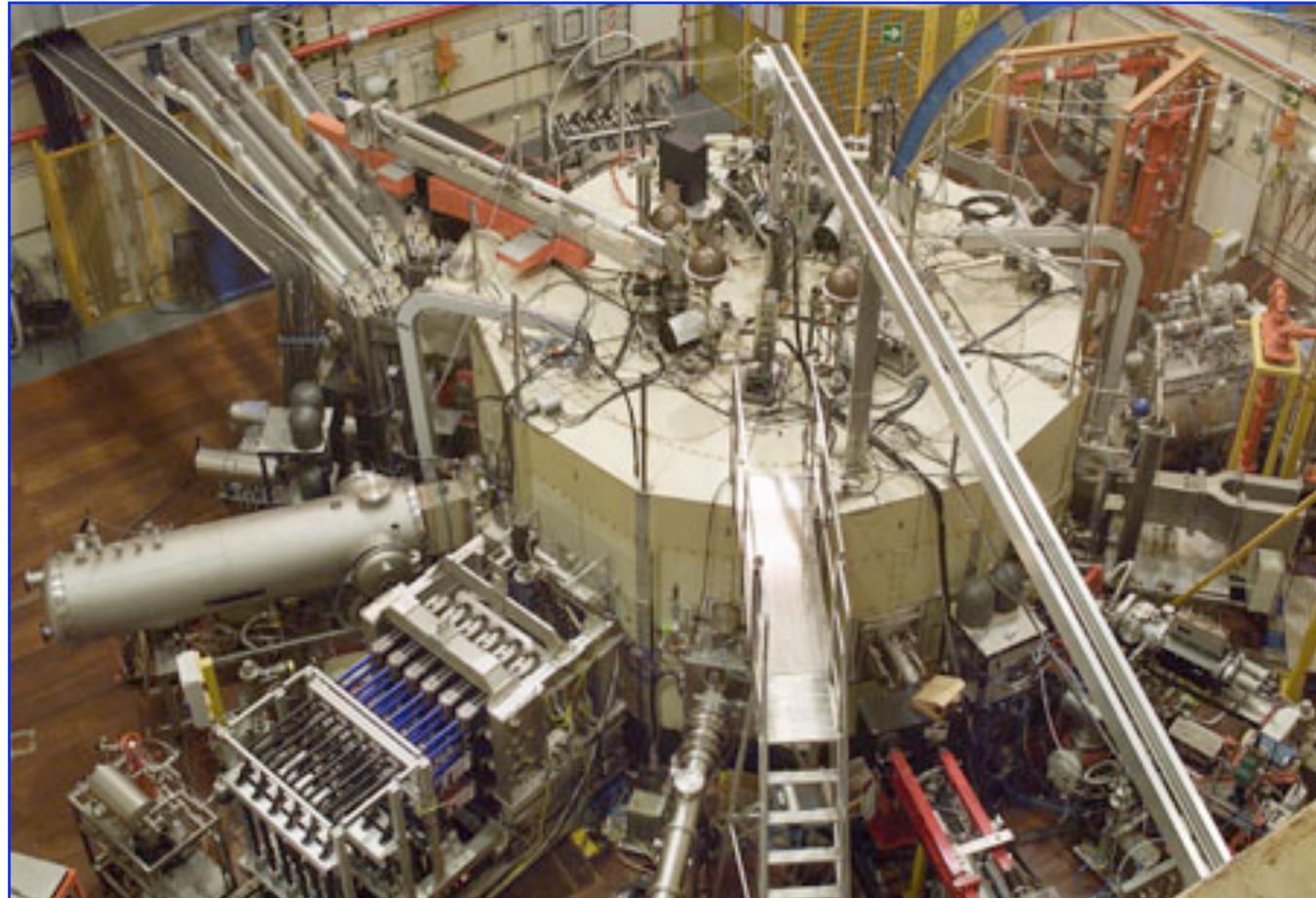


## Attività ENEA nel campo della fisica

- **Fisica sperimentale**
  - **Confinamento magnetico (FTU)**
  - **Confinamento inerziale (Impianto ABC)**
- **Sistemi di riscaldamento a Radio Frequenza**
- **Diagnostiche del plasma**
- **Fisica teorica e modelli**
  - ✓ **dinamica non lineare dei burning plasmas**
  - ✓ **trasporto turbolento, effetti collettivi dovuto a ioni veloci**
  - ✓ **interazione di onde a radiofrequenza con plasmi**
  - ✓ **simulazioni osservazioni sperimentali (FTU, JET etc.)**

## Frascati Tokamak Upgrade (FTU)

$R = 93 \text{ cm}$   
 $A = 33 \text{ cm}$   
 $B = 8 \text{ T}$   
 $I = 1.6 \text{ MA}$   
 $T \leq 15 \text{ keV}$   
 $n \leq 10^{20} \text{ cm}^{-3}$



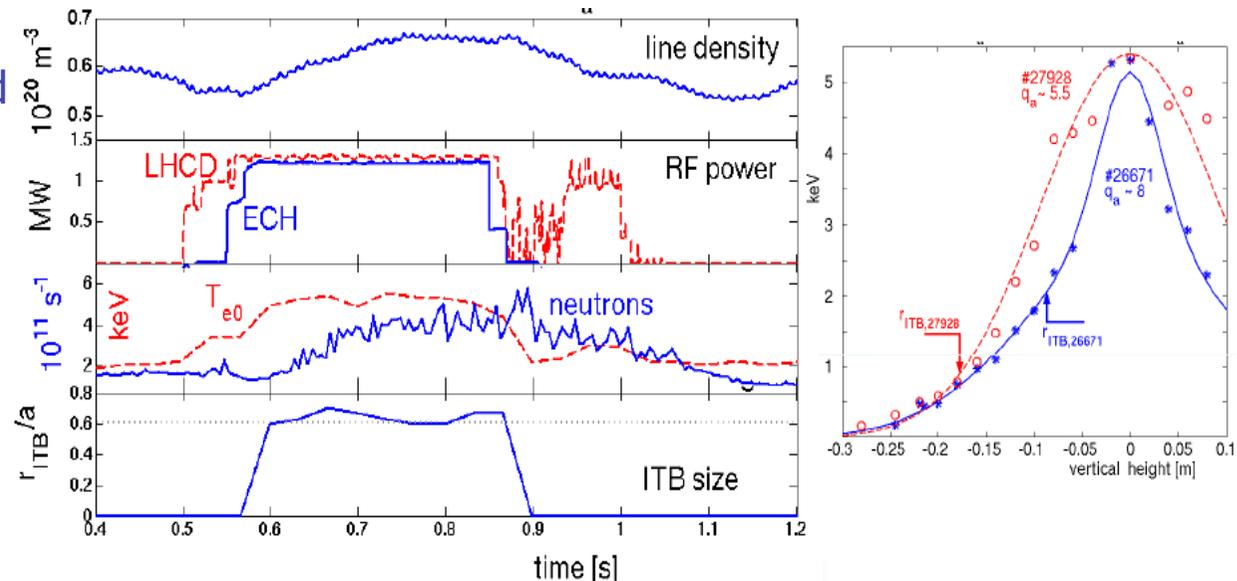
*Sistemi di riscaldamento a RF*

*LHRF (P=6 MW, f=8 GHz), ECRH (P=2 MW, f=140 GHz), IBW (P=1.2 MW, f=0.4 GHz)*

# Frascati Tokamak Upgrade (FTU)

- Scenari avanzati con presenza di barriere al trasporto con l'uso di ECRH.
- Alte performance ( $n_{e,0} \sim 5 \cdot 10^{20} \text{m}^{-3}$  e  $n_i T_i \tau_E = 0.8 \cdot 10^{20} \text{m}^{-3} \text{keV} \cdot \text{s}$ ) con pellet multipli
- 100% corrente di plasma non induttiva ( $I = 0.5 \text{ MA}$ ) con LHCD
- Controllo e stabilizzazione dei modi MHD, eliminazione delle disruzioni con ECRH
- Prototipo innovativo di antenna per LHCD (Passive Active Multijunctions) per ITER
- Concetto alternativo di prima parete basato sul litio liquido:

bassi livelli di impurità,  
alte temperature di bordo,  
densità più alte del limite di  
densità dei Tokamak,  
miglioramento di  $\tau_E$



# Partecipazione al Joint Europea Torus (JET)

$R = 3 \text{ m}, a = 1.25 \text{ m}$

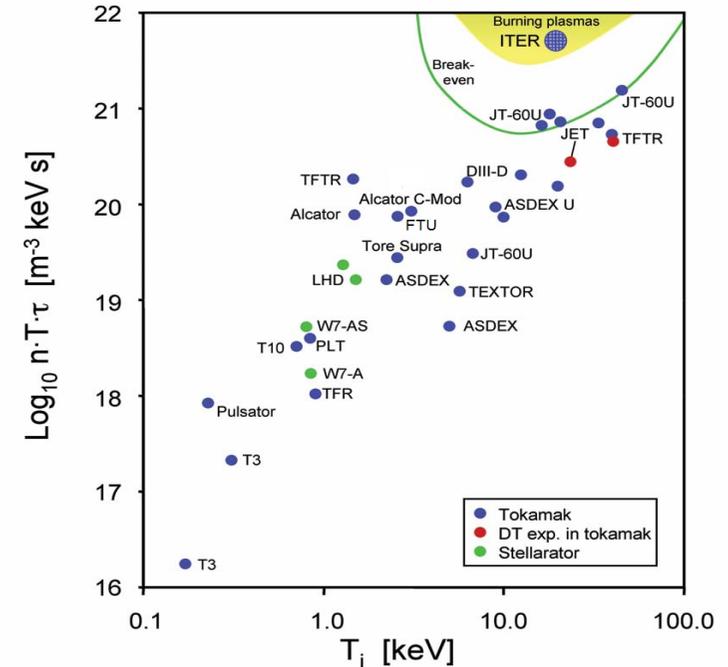
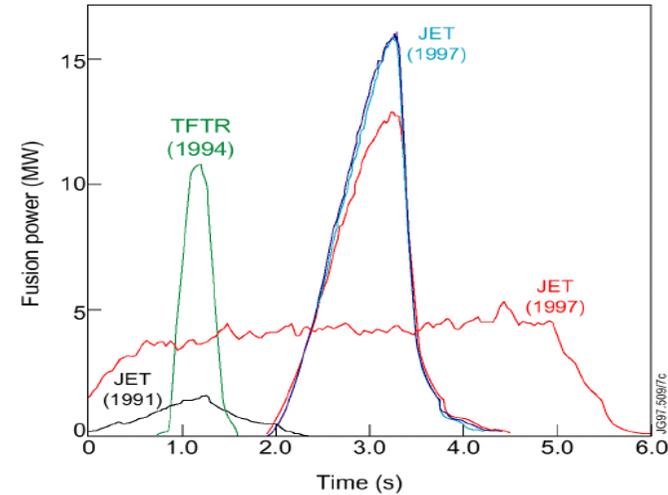
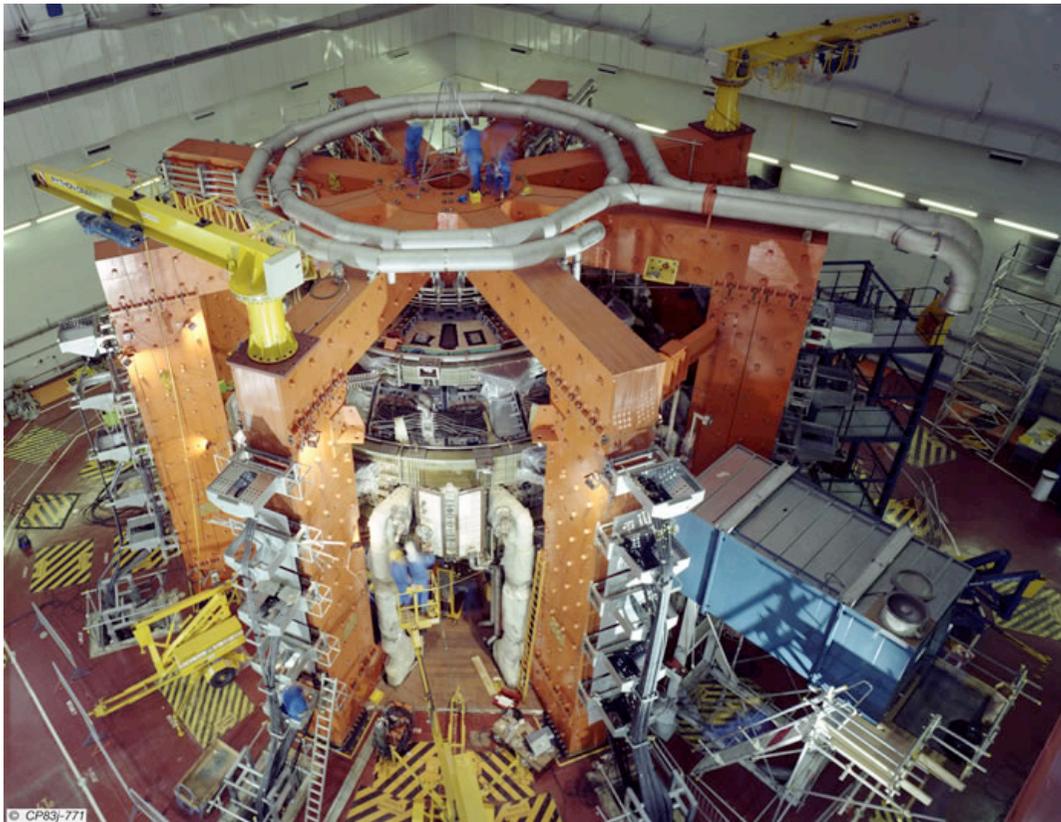
$B = 4 \text{ T}, I = 7 \text{ MA}$

$T_{e/i} \leq 20/40 \text{ keV}$

$n \leq 10^{20} \text{ cm}^{-3}$

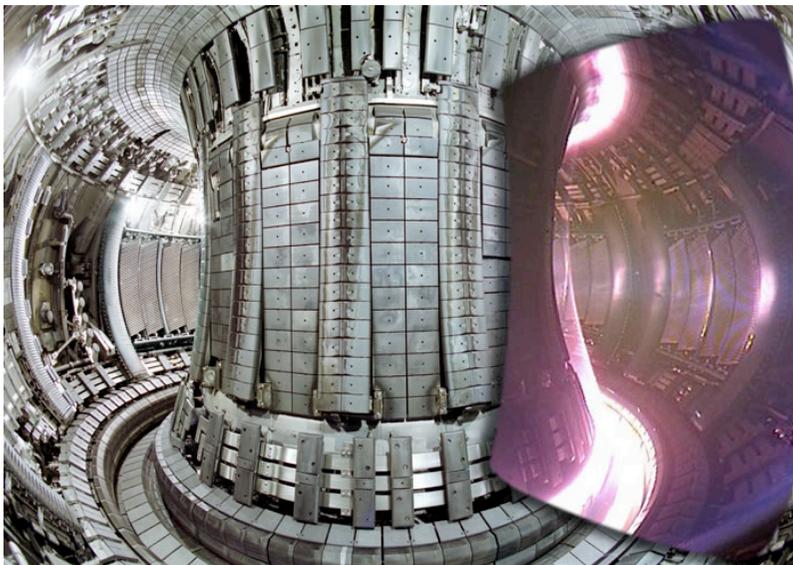
$P_{aux} = 65.3 \text{ MW (NBI,ICRH,LH)}$

$P_{fus} = 16 \text{ MW}$   
 $Q = 0.65 \text{ (DT, 1997)}$

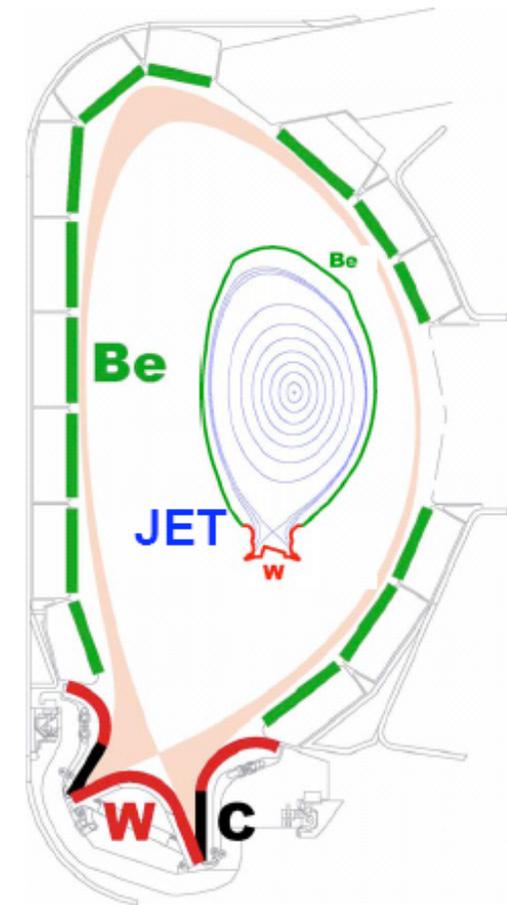


## Partecipazione al Joint European Torus (JET)

- Partecipazione alle campagne sperimentali & analisi
- Diagnostiche
  - ✓ spettroscopia neutronica/ $\gamma$ , X, UV
- Controllo del plasma
- Tecnologie della fusione
  - ✓ trizio in vessel, polveri
  - ✓ sistemi di diagnostica / rimozione del trizio
  - ✓ componenti affacciati al plasma
  - ✓ neutronica



ITER

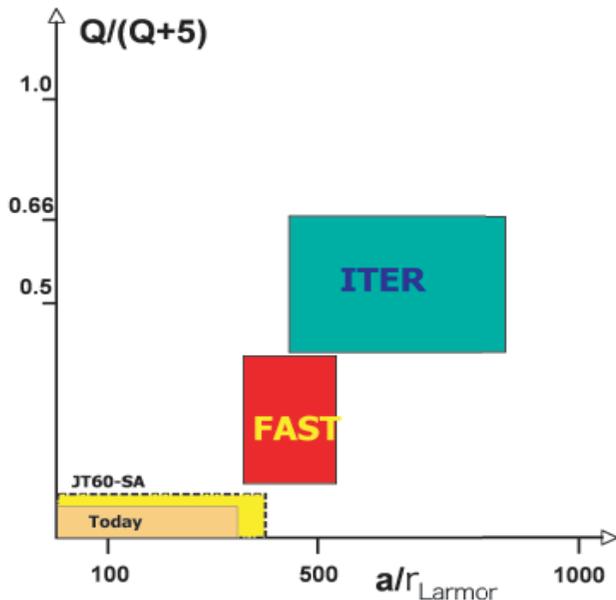


**ITER -like WALL (in fase di installazione)**

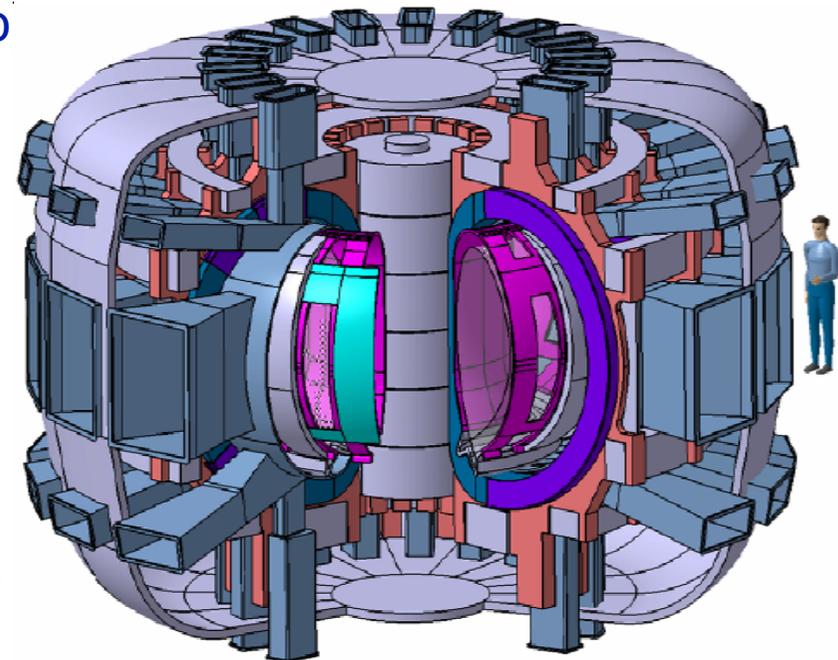
## Fusion Advanced Studies Torus (FAST) (Investimenti ~ 320 M€)

**Nell'ambito del programma europeo di accompagnamento a ITER, l'Italia sta proponendo un nuovo esperimento, FAST :**

- Processi dovuti alla presenza di ioni veloci ( $\sim 0.5$  MeV) generati da sistemi di riscaldamento (ICRH) in plasmi DD
- Plasmi con parametri adimensionali simili a quelli di ITER
- Operazioni con  $P/R \sim 22$  con alti carichi sul divertore ( $\geq 18 \text{ MW/m}^2$ )
- Accesso ai regimi di confinamento avanzato

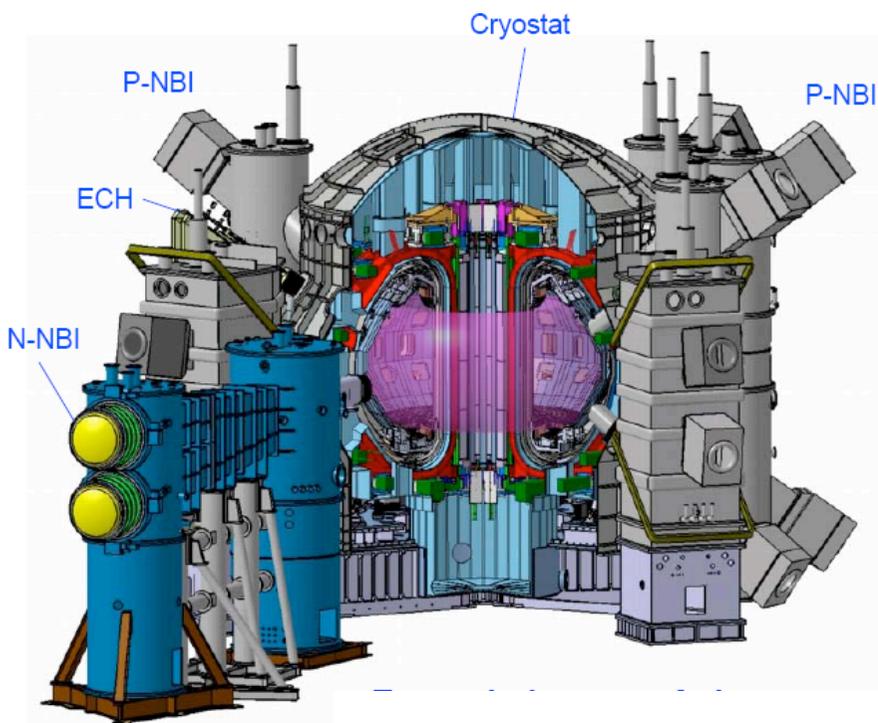


$R = 1.82$  m,  
 $a = 0.64$  m  
 $B = 7.5$  T,  
 $I = 6.5$  MA  
 $P_{\text{ICRH}} = 30$  MW  
 $P_{\text{ECRH}} = 4$  MW  
 $P_{\text{LH}} = 6$  MW  
 $(P_{\text{NNBI}} = 10$  MW)



## Broader Approach

- **Accordo bilaterale EU-JA collegato a ITER con l' obiettivo accelerare lo sviluppo della fusione verso DEMO:**
  - **Tokamak satellite JT-60SA**
  - **Progetto e prototipi IFMIF**
  - **Centro studi rettore (IFERC)**



ENEA progetta il magnete toroidale Di JT60-SA in collaborazione con la Francia

L'Italia è impegnata a fornire 9 delle 18 bobine (in NbTi) e tutta la struttura del magnete toroidale, parte delle alimentazioni elettriche

ENEA conduce prove sul bersagli di IFMIF (remote handling presso RDP, corrosione presso LiFUS3 del Brasimone)

## Attività ENEA nel campo delle tecnologie

- **Superconduttività a Bassa e Alta Temperatura**
- **Componenti per alti flussi termici**
- **Materiali (strutturali e funzionali)**
- **Dati nucleari**
- **Termofluidodinamica (acqua, elio, metalli liquidi)**
- **Ciclo del combustibile**
- **Manutenzione remota, sistemi metrologici e sensoristica**
- **Sistemi di controllo**
- **Alimentazioni elettriche**
- **Sicurezza, studi socio-economiche di impatto ambientale**
- **Integrazione di sistema**

## Principali impianti e laboratori

- **Superconduttività**

Impianto prova magneti

Sistema di prova e caratterizzazione fili superconduttori

- **Componenti ad alto flusso termico**

Impianto per giunzioni con processi speciali (Hot Radial Pressing)

Laboratorio tecnologie del vuoto

- **Manutenzione remota**

*Refurbishment Test Facility* / Laboratorio Remote Handling

- **Neutronica**

FNG (Frascati 14 MeV Neutron Generator)

- **Impianti prova componenti e materiali**

He-Fus3

Impianti a metallo liquido (Li, Pb-17Li)

• 6

- **Ciclo del combustibile**

Laboratorio membrane

Laboratorio idrogeno

***Alcuni esempi di attività***

**finalizzate in particolare allo**

***sviluppo di tecnologie / componenti di ITER***  
***anche in collaborazione con l'industria***

## Magneti superconduttori

- Sviluppo di materiali superconduttori a bassa ed alta temperatura critica
- Misure, caratterizzazione di fili e cavi superconduttori
- Progettazione di conduttori e magneti
- Qualificazione
- Modelli e simulazioni di cavi superconduttori



ENEA ha coordinato la realizzazione e i test di prova dei conduttori in  $Nb_3Sn$  dei prototipi dei magneti di ITER.

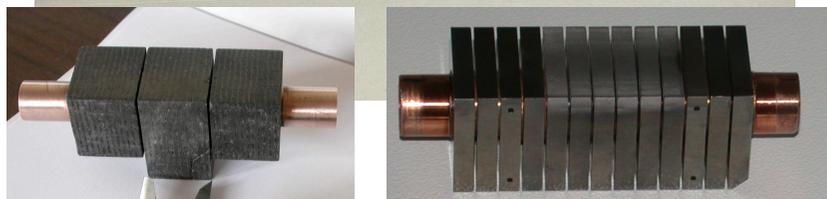
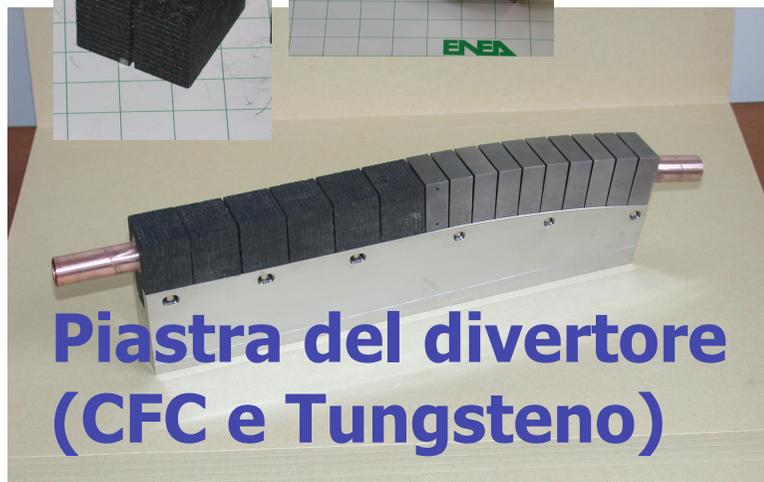
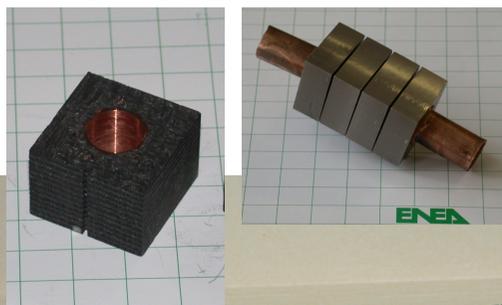
Il cavo in  $Nb_3Sn$  è stato fabbricato da Europa Metalli, l'inserimento in guaina di acciaio è stato effettuato da ASG Superconductors che ha anche partecipato al consorzio europeo per la costruzione del prototipo del magnete.

Tale prototipo ha raggiunto una corrente massima di 80 kA, superiore a quella prevista in ITER.

Lo sviluppo successivo ha portato all'ottenimento di prestazioni migliorate con densità di corrente critica =  $1100 \text{ A/mm}^2$  (rif.  $800 \text{ A/mm}^2$  a 12 T, 4.2 K).

## Componenti per alti flussi termici (*Divertore*)

- Tecniche di fabbricazione, giunzione materiali ceramici e materiali metallici
- Qualificazione dei componenti (necessaria preventivamente per la partecipazione alla fornitura)



ENEA e Ansaldo Ricerche hanno realizzato un prototipo della parte verticale del divertore di ITER.

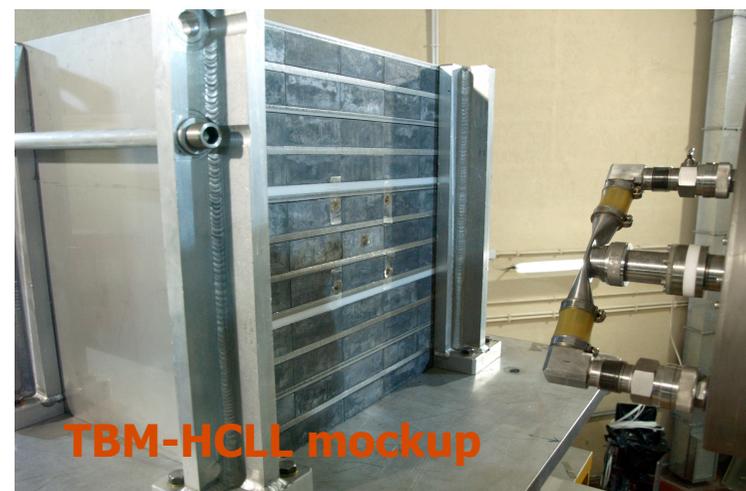
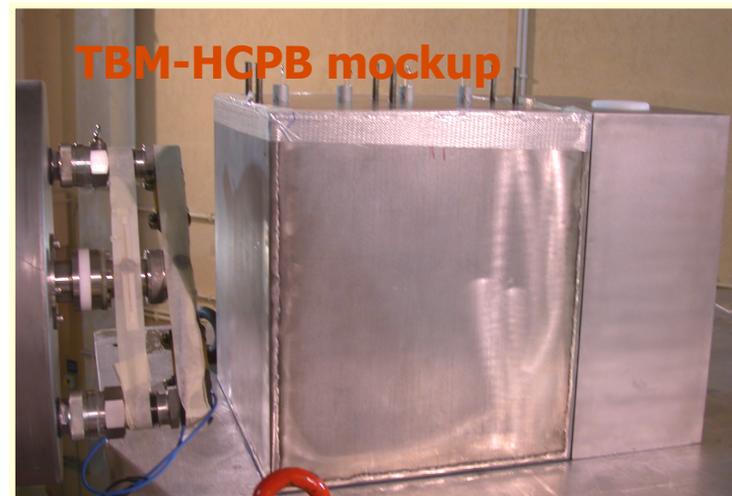
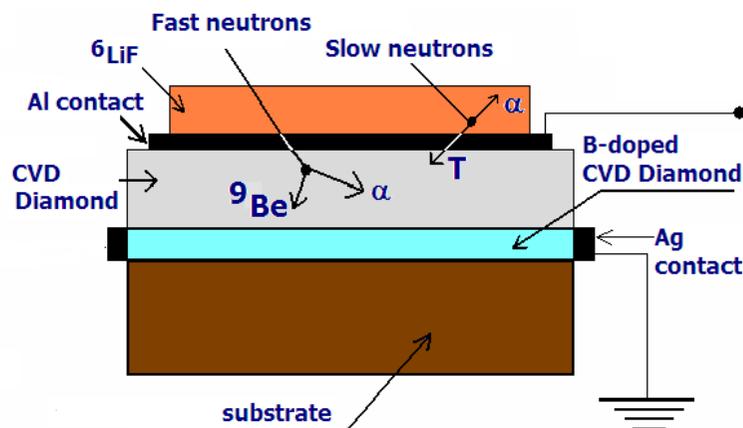
Il prototipo è stato collaudato con successo (2000 cicli di carico a  $15 \text{ MW/m}^2$  di flusso di calore attraverso la superficie del rivestimento in W e a 2000 cicli a  $20 \text{ MW/m}^2$  per la parte in CFC) ottenendo le prestazioni richieste da ITER.

Per lo stesso prototipo il flusso termico massimo è risultato essere  $35 \text{ MW/m}^2$ .

## Neutronica / dati nucleari

- ENEA dispone di un generatore di neutroni da 14 MeV ( $10^{11}$  n/s), una facility unica in Europa e seconda al mondo

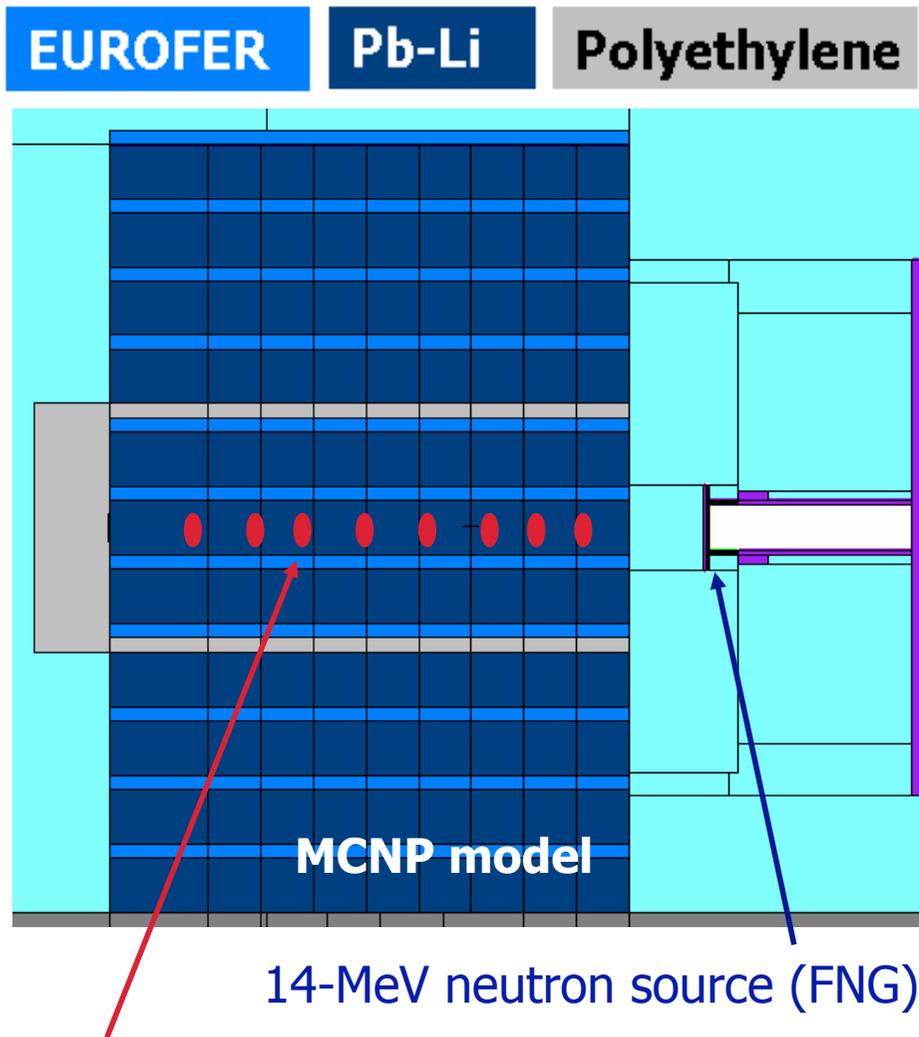
Vi si conducono esperimenti per la verifica delle caratteristiche nucleari di materiali e componenti, validazione di dati nucleari, sviluppo di rivelatori



*Mock-up di mantelli triziogeni*

*Rivelatori al diamante per neutroni e trizio*

# Neutronics experiment on HCLL concept

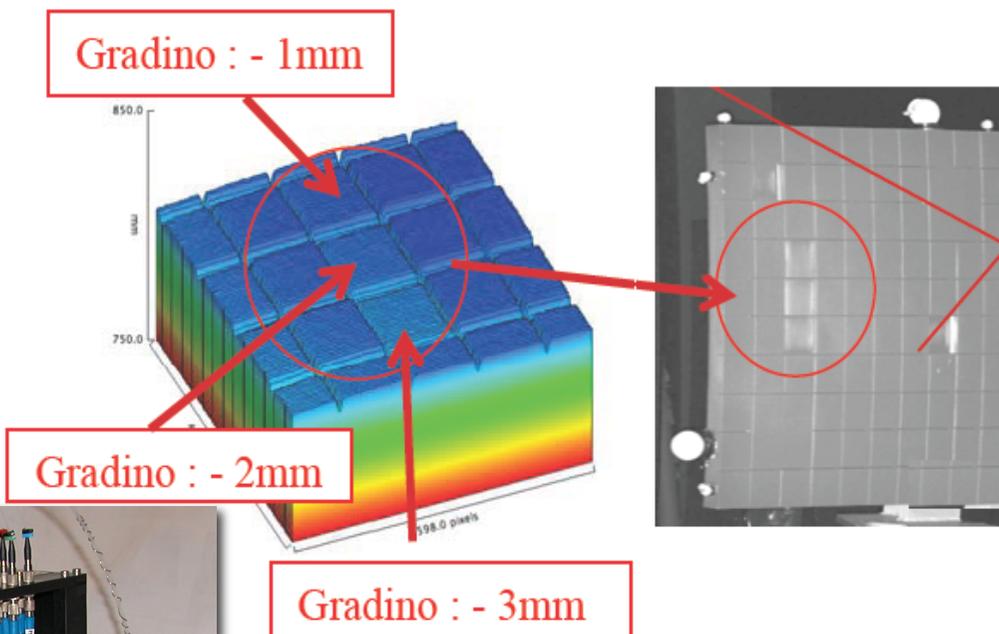
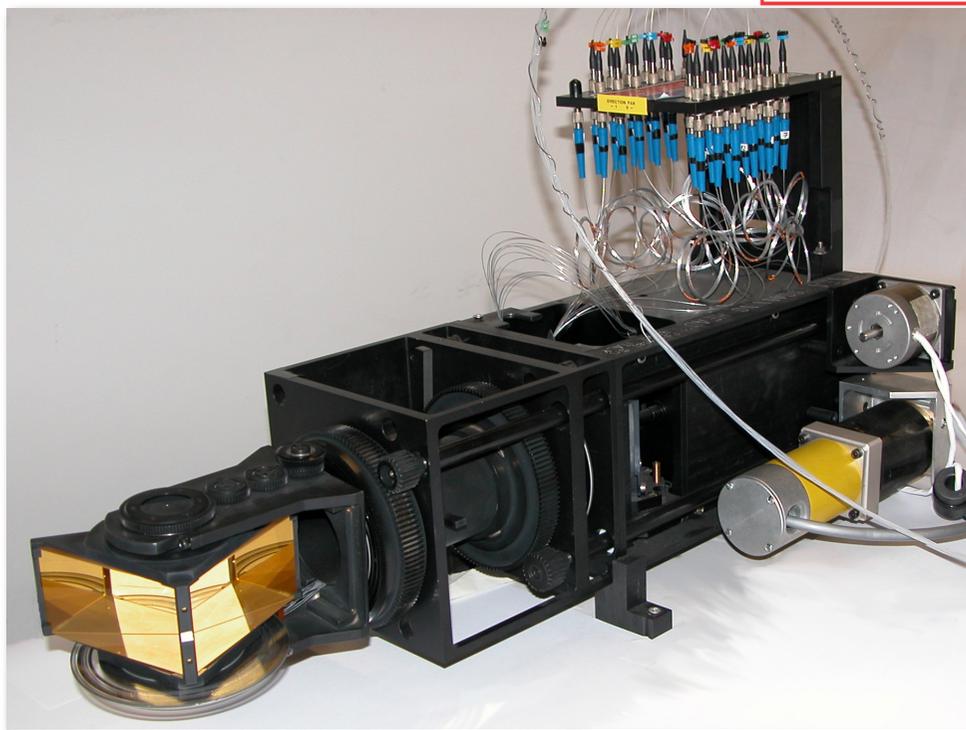


- Mock-up size: 45 cm (tor)  
x 51.2 cm (pol)  
x 34.6 cm (rad)
- 700 kg Pb -Li
- Pb-Li in solid bricks @RT (36 mm)
- Natural Li in Pb-Li/ 0.28 ± 0.03 wt%
- EUROFER plates (9 mm)

Neutron and Tritium Detectors: TLDs, Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pellets, activation foils, diamond detector

# Metrologia

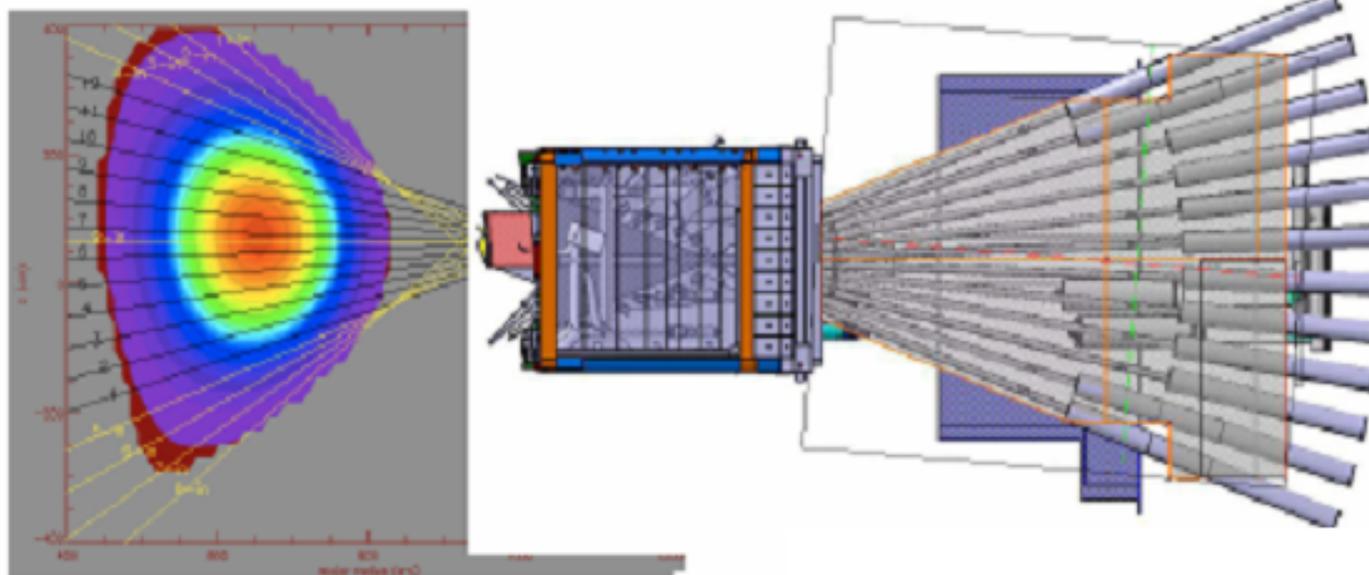
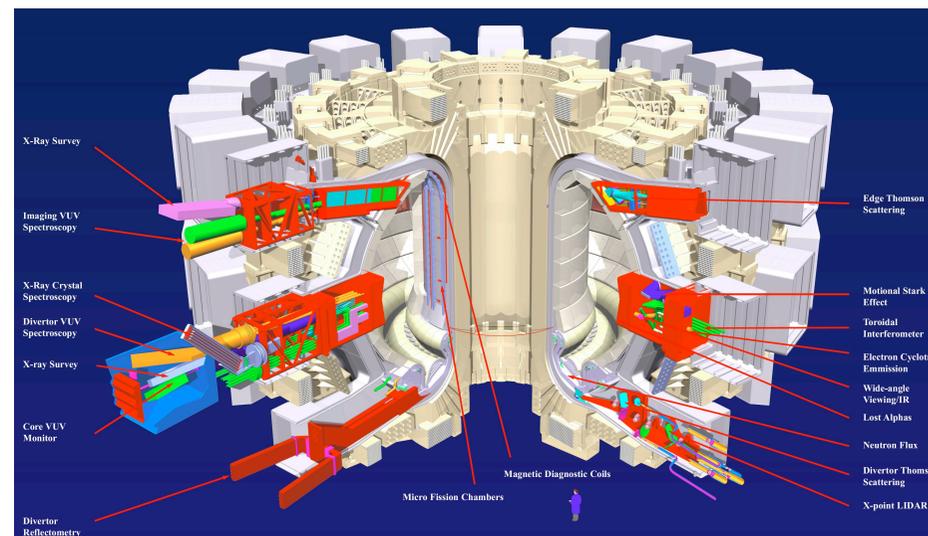
- Sistema di visione e metrologia laser (tecnologia radar ottico) (0.5 mm @ 5 mm)



ENEA ha sviluppato il sistema di visione interna alla camera da vuoto di ITER, capace di lavorare nelle condizioni ivi presenti ( $T = 250^{\circ} \text{C}$ ,  $p = 10^{-9} \text{ mbar}$ , rateo di dose =  $10^4 \text{ Sv/h}$ ) con la risoluzione spatio-temporale richiesta.

## Diagnostiche

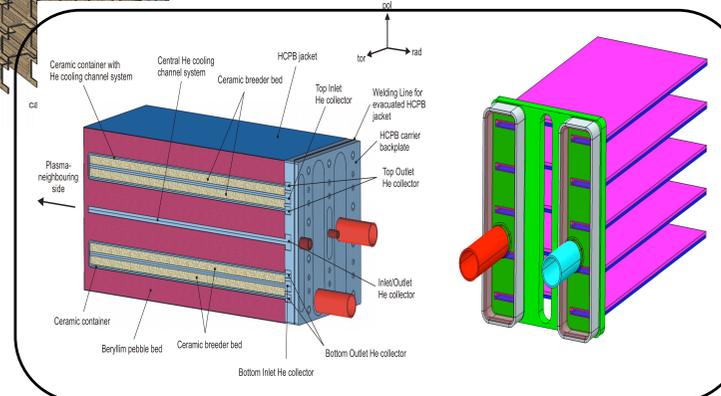
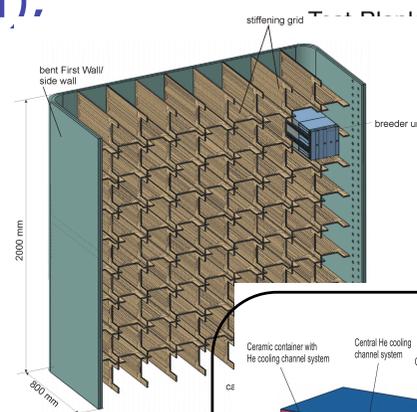
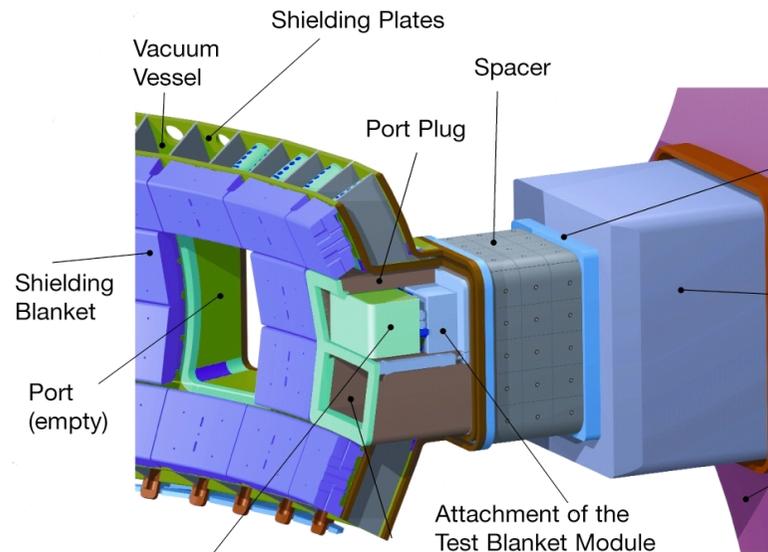
- ENEA realizzerà la Radial Neutron Camera (misura del profilo radiale dell'emissione neutronica, determinazione della potenza di fusione) e parteciperà all'integrazione degli altri sistemi diagnostici nel reattivo port



# Modulo del mantello triziogeno

- ENEA partecipa al Consorzio europeo per la costruzione dei moduli di prova dei mantelli triziogeni da provare in ITER

Tecnologie dei metalli liquidi (Pb-Li), raffreddamento a elio, neutronica

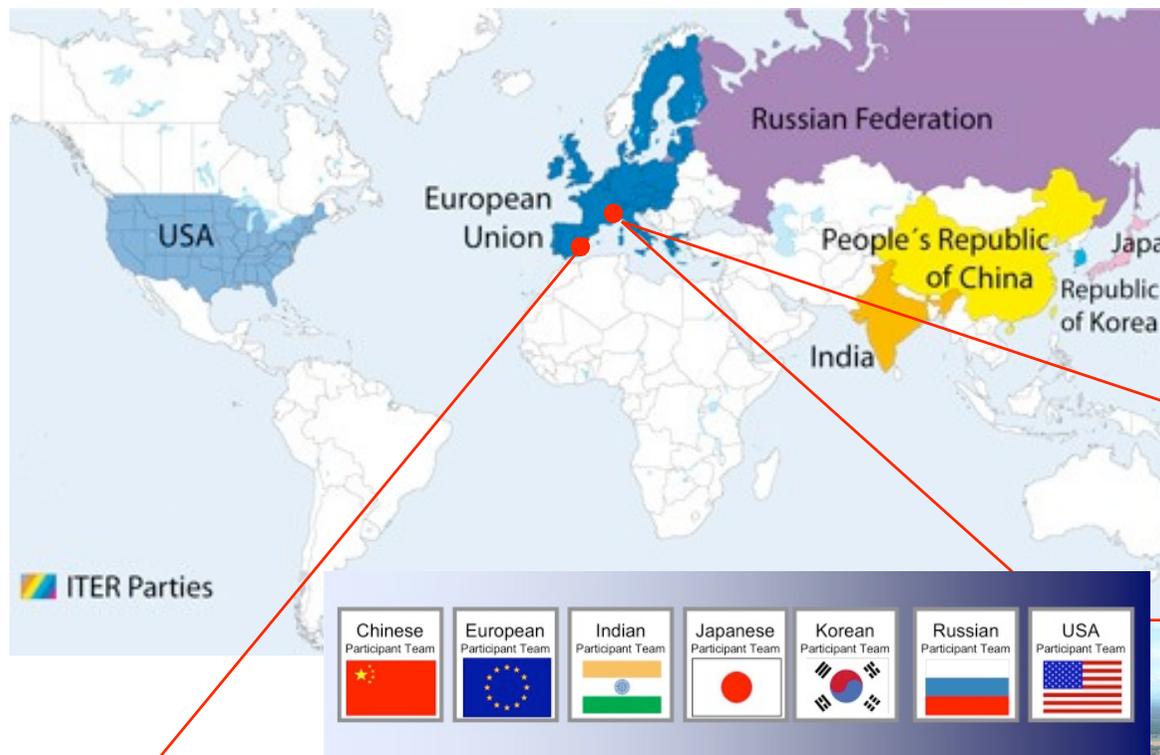


Prototipo di prova di Cooling plate

## *Rapporti ricerca industria*

# *La partecipazione dell'industria a ITER e programmi collegati*

# ITER - Un'impresa internazionale



**Partners:**  
Europa, Giappone,  
Stati Uniti, Russia,  
India, Cina, Corea

**ITER International  
Organization**  
Cadarache (CEA)  
(EU-Francia)

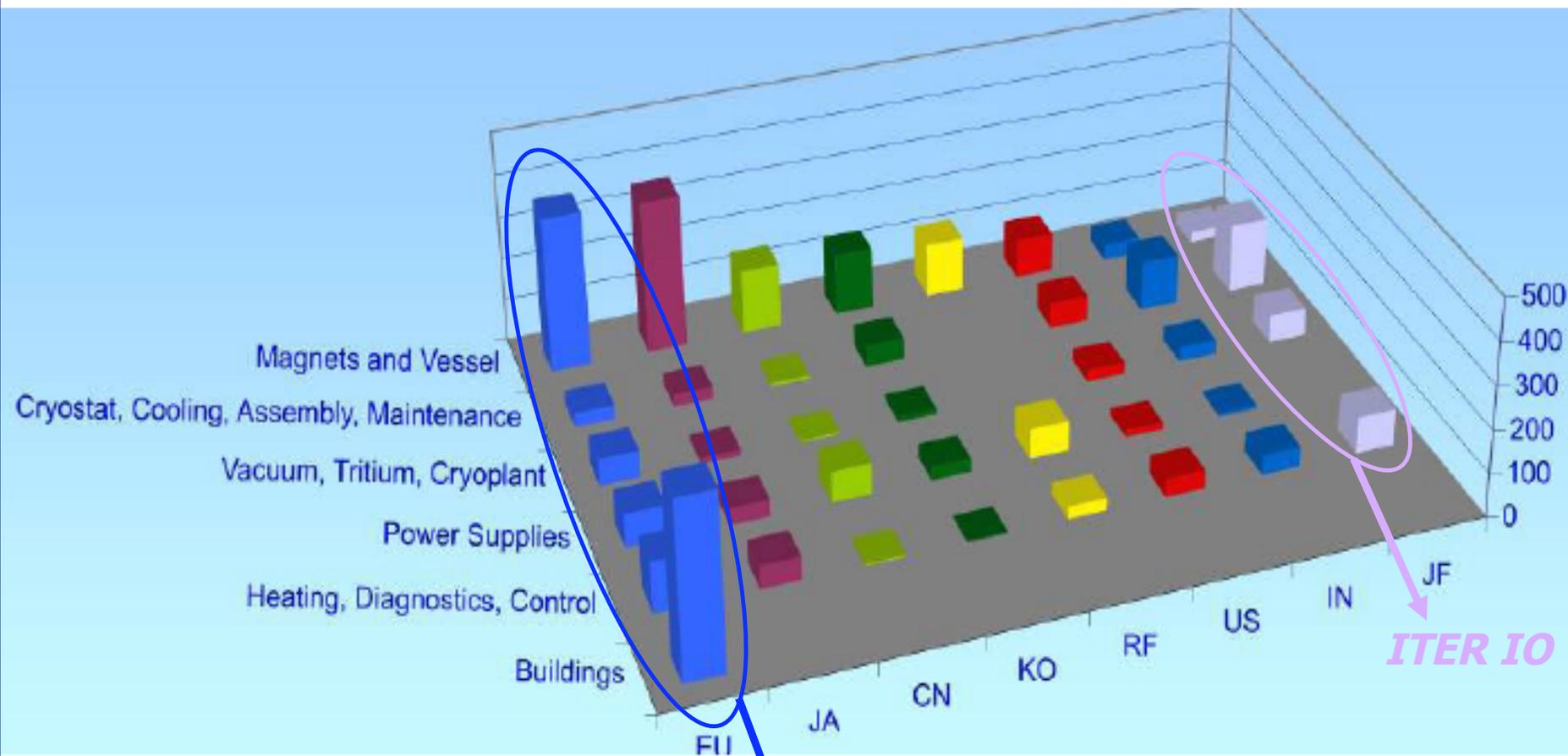


## **Fusion For Energy (F4E)**

(Barcellona, Spagna)

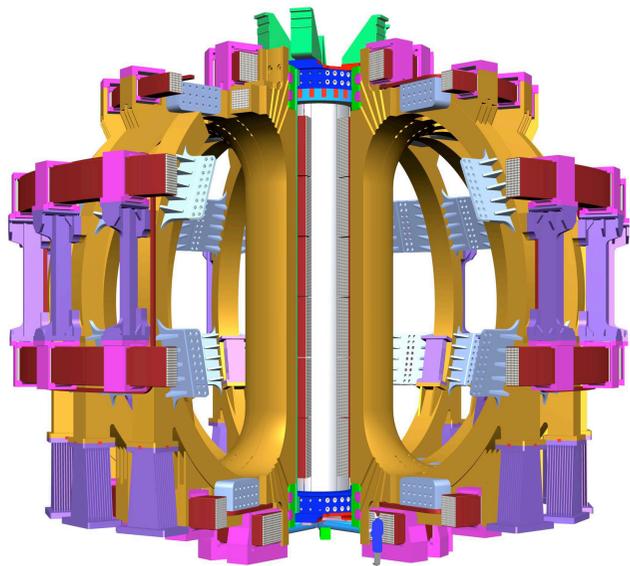
**Gestione dell'ordine di forniture per ITER e del programma fusione ad esso collegato**

# Suddivisione dei costi / forniture *in kind*



**Fusion For Energy (F4E)**

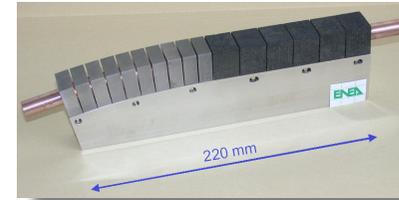
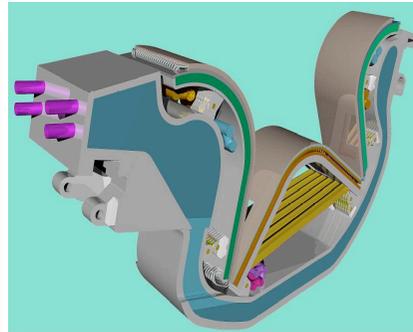
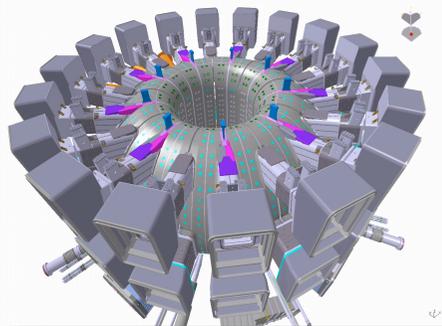
- Procurement packages



## Magneti

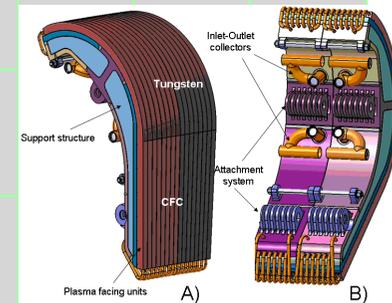
**kIUA = 1000 ITER Units of Account  
= ca. 1.5 M€ (2009)**

Procurement	Type	Cost (kIUA)	CN	EU	JA	KO	RF	US	IN	JF
Toroidal Field Coils	A	168		85	83					
Magnet Structures	A	122	23	5	94					
Poloidal Field Coils	A	50	3	40			7			
Central Solenoid	A	40						40		
Magnet Feeders	A	44	26							18
Conductor	A	379	67	53	144	43	56	16		



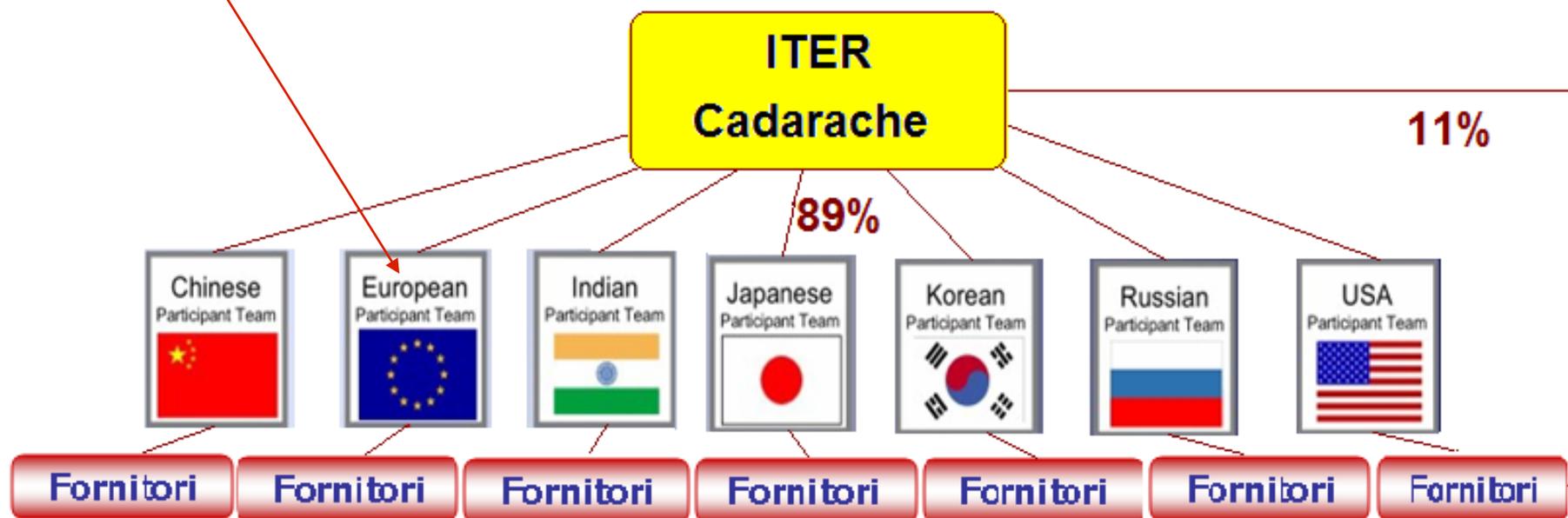
## Camera da vuoto/Schermo/ Divertore /Assembly

Procurement	Type	Cost (kIUA)	CN	EU	JA	KO	RF	US	IN	JF
Vessel, Blanket Manifolds, Hydraulic Connectors	A	161		99		25			37	
Port Assemblies	A	79		19		60				
First Wall&Shield Modules		154	31	32	9	15	29	29		9
Port Limiter	A	7						7		
Module Connections	A	10					10			
Divertor Cassette and Integration	A	11		11						
Divertor Plasma Facing Components	A	72		20	29		23			
Assembly Operations	C	50								50
Assembly Tooling	C	42				22				20



# Il sistema di forniture *in kind*

**Fusion for Energy (F4E)**  
(~ 40% del valore totale)



## Le opportunità

- La costruzione di ITER è iniziata nel 2007
- L'Europa (F4E) deve fornire componenti per circa 1500 M€ (**valutazione 2002**)
- Le gare sono aggiudicate su base europea: si prevede una forte concorrenza
- Un obiettivo possibile per il sistema Italia è quello di aggiudicarsi il 20%
- La posizione italiana può essere rafforzata tramite sinergie tra industrie e i laboratori di ricerca che detengono il *know how*



## 1) Gare emesse da F4E ( $\geq 2000$ M€)

- per l'industria per fornitura di componenti e servizi di supporto ingegneristico
- per i laboratori per la fornitura di sistemi
  - ✓ diagnostici (EU:  $\geq 35$  M€)
  - ✓ di riscaldamento (EU:  $\geq 112$  M€)
  - ✓ per mantelli triziogeni

finanziate  
al 100%

- per attività di R&S e dimostrazione **finanziate al 40%**

## 2) Gare emesse da ITER

pubblicate in Europa attraverso F4E

Sito di F4E: <http://fusionforenergy.europa.eu>



- About 'Fusion for Energy'
- Objectives
- Press Corner
- Events
- Publications
- Procurements and Grants**
  - Procurements**
  - Grants
  - Key reference documents
- Call for Experts
- ITER Calls**
- Job Opportunities
- Studentships
- Useful Links
- Contact

## Gare di F4E

You are here: [Home](#) > [Procurements and Grants](#) > [Procurements](#) > Operational Procurements

### Operational Procurements

The procurement system for the awarding of **Operational Contracts**: The Operational Contracts are contracts awarded in order to obtain the supply of movable or immovable assets, the execution of works or the provision of services for the implementation of the F4E's international tasks related to the construction of ITER and the implementation of the Broader Approach and Demo. These tasks are those referred to in Article 1(2) of the Council Decision establishing the European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy and conferring advantages upon it. The principles governing the placing of these contracts are established in Chapter 1 of Title V of the F4E's Financial Regulation. These principles, together with the provisions of the F4E's Implementing Rules for procurement, form an ad hoc procurement system tailored to the F4E's specific needs.

- Prior Information Notice
- Open calls
- Negotiated procedures
- Closed calls

#### UPDATES:

- **20<sup>th</sup> November 2009**  
F4E-2009-OPE-031 (ES-AC): Questions and answers updated , Tender Documentation update, Corrigendum No. 2

[Site map](#) | [FAQ](#)

## Gare di ITER

## Possibili settori di interesse

- **Supporto ingegneristico alla progettazione**
- **Magneti superconduttori**
- **Camera da vuoto**
- **Componenti per alti flussi termici**
- **Controlli**
- **Alimentazioni elettriche per sistemi a radiofrequenza**
- **Diagnostiche**
- ***Remote Handling*, sistema di visione e metrologia**
- **Moduli di mantello triziogeno**
- **Edifici & impianti**

**Imprese italiane sono presenti (qualificate) nelle gare fin qui emesse in tutti i settori**

## Caratteristiche del progetto

- **Impianto nucleare**
- **Complessità tecnologiche**  
(soluzioni frutto di R&D e prototipi, grandi dimensioni, prestazioni eccezionali etc....)
- **Complessità organizzativa / gestionale**
- **Singole forniture con valori molto elevati**
- **Concorrenza a livello europeo/mondiale**

- Un certo numero di imprese italiane hanno partecipato negli anni passati alla attività di R&D per la fusione e sono oggi in buona posizione per aggiudicarsi le forniture
- Possibile difficoltà di accesso per le imprese, in particolare per le PMI

**Le PMI possono inserirsi come subcontractor o in partnership con le aziende *main contractors*, o con i laboratori che fanno parte della Associazioni Nazionale per la Fusione: ENEA - CNR IFP - Consorzio RFX - Consorzio CREATE, vari gruppi universitari**

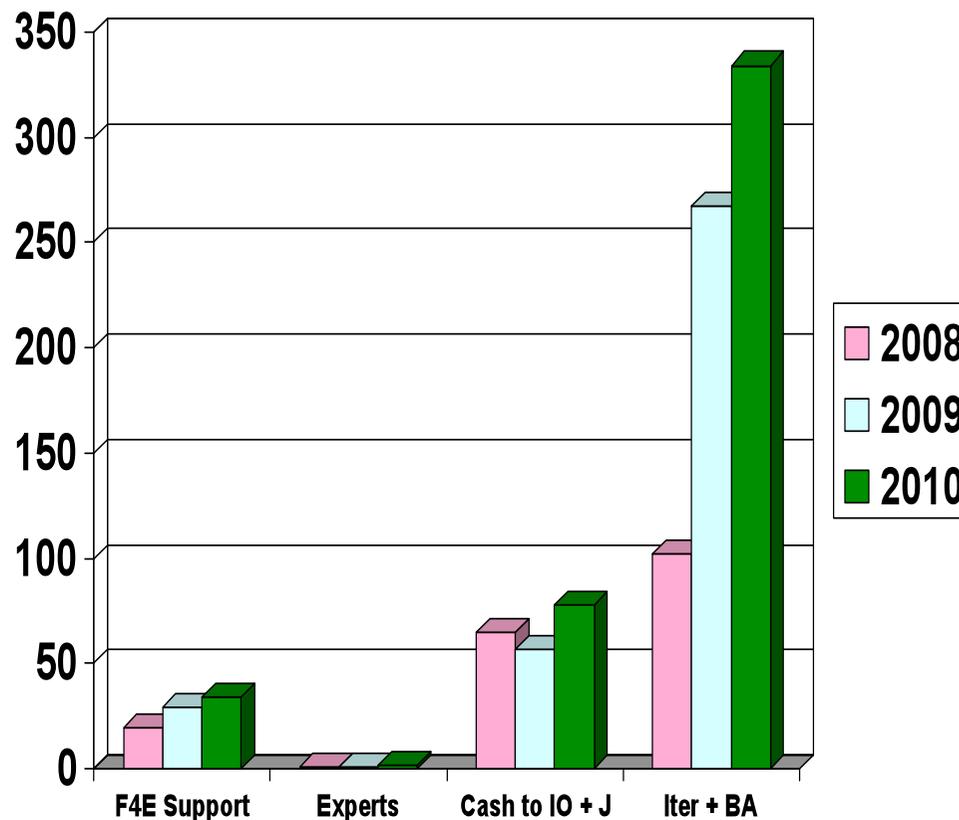
## Work Program di F4E per il 2010: ~ 350 MEuro

- Edifici
- Camera da vuoto
- Magnetici (conduttori, avvolgimenti, anelli di precompressione)
- .....

Sarà pubblicato in

<http://fusionforenergy.europa.eu/Grants.htm>

Imprese italiane sono qualificate o partecipano a tutte le maggiori gare



- Sito di ITER [www.iter.org](http://www.iter.org)



**Gare imminenti**

Home > [The Organization](#) > [ITER Team](#) > [ADM Department](#) > Procurement

## Procurement & Contracts

The ITER Organization's Procurement and Contract Division is responsible for procuring goods and services which ensure the best value for money for the Organization in a timely and efficient manner. The Procurement and Contract Division is committed to achieving a competitive, fair and transparent procurement process while ensuring quality and reliability.

There are four types of solicitation issued by the Procurement and Contract Division to fulfill ITER Organization procurement process requirements:

[Request for Quotation](#)

[Restricted Tender](#)

[Call for Nomination](#)

[Call for Tender](#)

[Open Tender](#)

[General Information](#)

- Informazioni utili e avvisi di gare:  
[ted.europa.eu](http://ted.europa.eu) Tenders Electronic Daily  
[www.iterentreprises.com](http://www.iterentreprises.com) sito ITER Francia  
<https://marches.cea.fr/index.php>

## **Rete europea Industrial Liaison Officers (ILO)**

- **F4E ha nominato un ILO per ogni Stato Membro con il compito di diffondere le informazioni e promuovere la partecipazione delle industrie**
- **Per ricevere informazioni sulle gare pubblicate da F4E e ITER, inviare una mail**

**A: amalia.caputi@enea.it**

**oggetto: ITER/F4E mailing list**

**Specificando:**

**Nome dell'impresa**

**Indirizzo, telefono, fax, sito web**

**Persona di contatto**

**Categoria**