

# Fusion for Energy: rendere l'energia da fusione una realtà

Dall'avvio delle attività nel 2007 al 2018, Fusion for Energy ha stipulato contratti per oltre 4 miliardi di euro con le industrie europee per la progettazione, lo sviluppo e la produzione di tecnologie, sistemi e componenti per ITER. Investimenti altrettanto consistenti sono previsti per il periodo 2021-2027 con l'obiettivo di fare della produzione di energia da fusione una realtà. Le aziende e il mondo scientifico italiano hanno fornito e continuano a fornire un contributo di rilievo alla realizzazione di ITER con ricadute molto positive su crescita e occupazione nei settori hi-tech, grazie alla capacità di innovare sviluppata negli anni, alle caratteristiche del sistema industriale e alla qualità delle istituzioni di ricerca

DOI 10.12910/EAI2019-007



di **Johannes P. Schwemmer**, *Direttore di Fusion for Energy (F4E)*

**F**usion for Energy (F4E) è un'agenzia con sede a Barcellona, istituita nel 2007 in ambito UE con la *mission* di rendere l'energia da fusione una realtà. Di fatto, F4E ha gestito e gestisce il contributo europeo alla realizzazione di ITER attraverso la fornitura di componenti realizzati dalle industrie europee per un controvalore di 6,6 miliardi di euro fra il 2008 e il 2020.

ITER, attualmente in fase di realizzazione a Cadarache, in Francia, è il più grande esperimento di fusione

della storia e futura pietra miliare sul percorso di questa tecnologia; si tratta una partnership scientifica internazionale senza precedenti<sup>1</sup> che unisce metà della popolazione mondiale e l'80% del suo PIL.

Al progetto partecipano Cina, Giappone, India, Repubblica di Corea, Federazione Russa, Stati Uniti e Unione Europea che forniscono un contributo principalmente in tecnologia, ovvero in componenti fabbricati dalle proprie industrie. **L'Europa è responsabile di quasi la metà del progetto, il che in significa molte**

**opportunità per le sue imprese.** Oltre a ITER, F4E supporta lo sviluppo della ricerca scientifica nel settore della fusione attraverso l'accordo *Broader Approach* con il Giappone<sup>2</sup>. F4E sta lavorando insieme alle imprese e agli organismi di ricerca europei per fabbricare migliaia di componenti: ciò implica la realizzazione di molti sistemi tecnologici d'avanguardia e con standard elevati di qualità, in grado di generare nuova conoscenza e di favorire la creazione di futuri spin-off. Investire in questa nuova fonte di energia con-

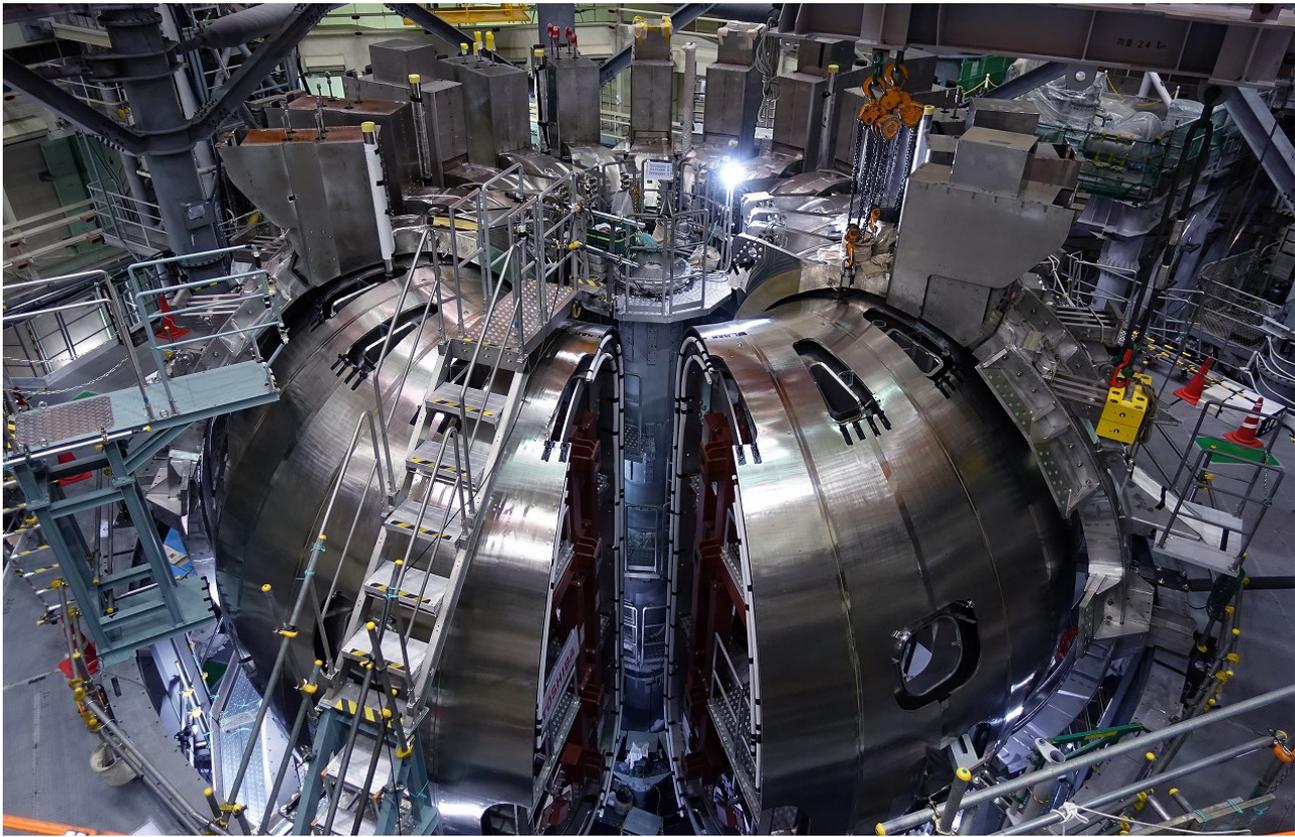


Fig. 1 Il tokamak sperimentale JT-60SA visto dall'alto con la serie di 18 bobine di campo toroidale del superconduttore. Il tokamak è stato realizzato a Naka, in Giappone, nell'ambito di una collaborazione tra Europa e il Paese orientale

sente all'Europa di mantenersi leader nella ricerca sulla fusione nucleare e di diventare protagonista nello sviluppo di un'economia sostenibile. Le aziende europee diventano quindi più competitive e possono offrire più lavori altamente qualificati.

**Dall'inizio delle attività di costruzione di ITER nel 2007 fino alla fine del 2018, F4E ha stipulato contratti per 4.024 miliardi di euro con l'industria europea per lo sviluppo di tecnologie e progettazione, per la produzione di sistemi e componenti e per costruire l'infrastruttura di ITER in accordo con gli impegni europei per il progetto. Le industrie di 24 Paesi membri**

**UE e della Svizzera sono coinvolte in queste attività che costituiscono uno dei più grandi sforzi tecnologici coordinati a livello europeo dalla fine della Seconda Guerra Mondiale. Un ulteriore investimento, pari a circa lo stesso importo, è previsto per il periodo 2021-2027.**

F4E aggiudica la maggioranza dei contratti con le imprese europee a seguito di gare d'appalto su base concorrenziale, selezionando l'offerta migliore secondo specifici criteri tecnico-economici. Tali gare seguono le regole ed i principi della contrattazione pubblica comunitaria, al fine di garantire la non-di-

scriminazione, la correttezza e la trasparenza dell'intero iter di gara.

### **Cluster industriali e storie di successo**

L'industria italiana si è dimostrata molto competitiva nei contratti per ITER. A fine 2018, infatti, le imprese italiane si erano aggiudicate contratti di fornitura e servizi per un valore totale secondo solo a quello della Francia, se si considerano le opere civili e le infrastrutture. Oltre che alla positiva esperienza maturata nelle attività industriali di JET e EFDA, questo successo deriva da alcuni specifici elementi.



Fig. 2 Sistema di protezione del magnete superconduttore fornito dal Consorzio RFX di Padova per il tokamak JT-60SA di Naka, in Giappone

Uno di questi è senz'altro la presenza di una forte industria manifatturiera, la seconda in Europa dopo la Germania, un comparto che rappresenta quasi un quarto dell'intero PIL nazionale mantenendo il quinto surplus commerciale manifatturiero al mondo, con un know-how di eccellenza nell'industria metallurgica, metalmeccanica, delle macchine utensili, dei macchinari e dei sistemi elettromeccanici, tutti settore chiave per la maggior parte dei componenti di ITER.

In molte zone d'Italia esistono cluster di industrie manifatturiere strettamente interconnesse, con una profonda integrazione della filiera produttiva. Tali distretti industriali contribuiscono significativamente alla competitività del settore manifatturiero italiano: sostengono la produttività, danno forte impulso all'innovazione e riducono le barriere di ingresso per nuove imprese.

Alcune delle storie di successo più interessanti sono direttamente connesse ai cluster industriali, ad esempio quello nel settore metallurgico e metalmeccanico nell'area di Schio

(Vicenza), rappresentato da due delle sue realtà imprenditoriali più longeve: De Pretto Industrie (DPI) e Ettore Zanon (EZ). Avvalendosi di una comunità locale di specialisti esperti nella lavorazione e nella saldatura dei metalli, queste due aziende sono state coinvolte nelle attività di realizzazione degli iniettori di fasci di neutri (Neutral Beam Injectors) e delle camere per prove da vuoto (Vacuum Test Chambers) per ITER. Le caratteristiche del cluster consentono un approccio flessibile alla produzione e di identificare 'in loco' le risorse disponibili per soddisfare le diverse esigenze di ITER.

Un secondo elemento a favore dell'industria italiana è la taglia delle aziende: la maggior parte dei sistemi e dei componenti di ITER sono all'avanguardia, con contenuti tecnologici fortemente innovativi e requisiti tecnici senza precedenti; i contratti di fornitura sono spesso molto consistenti e poco adatti per imprese di piccola dimensione che dovrebbero necessariamente individuare altri soggetti con i quali mettere a fattor comune risorse e competenze in

modo da poter affrontare la sfida. La combinazione che ne risulta è spesso difficile da gestire e comporta costi maggiori. D'altro canto, grandi aziende manifatturiere in grado di realizzare i componenti di ITER hanno a volte dimostrato scarso interesse verso queste attività molto lontane dal loro core business, pur avendo a disposizione competenze di valore senza dover ricorrere ad alcun aiuto esterno.

**Di fatto, ITER rappresenta il terreno ideale per le aziende di media dimensione: infatti, i fornitori più attivi e di successo hanno di solito una taglia sufficiente per gestire agevolmente il volume di produzione, un'organizzazione che consente di impegnarsi in lavori altamente specializzati e stabilità finanziaria.** Nei settori tradizionali (ad es. petrolio & gas, automobilistico, energetico, aerospaziale, ecc.), queste società solitamente agiscono come subappaltatori, ma nella filiera di approvvigionamento di ITER operano in prima linea.

Più che in altri Paesi europei industrializzati, una parte significativa delle industrie manifatturiere italiane sono di media dimensione, sono fortemente orientate alle esportazioni e guardano a ITER e alla Big Science come ad un'area importante per la propria strategia di business. **Una delle chiavi del successo italiano nel settore della fusione è proprio la partecipazione di numerose aziende di medie dimensioni come la SIMIC (Cuneo), la OCEM Power Electronics (Bologna) e Angelantoni Test Technologies (ATT, Perugia) che hanno focalizzato la propria strategia di business su prodotti altamente specifici e contribuiscono alla realizzazione di componenti di particolare rilievo come i magneti di campo toroida-**

le (SIMIC) e gli iniettori di fasci di neutri (OCEM e ATT).

### Forte capacità di innovazione e gestione 'familiare'

Un terzo elemento è la gestione familiare: la natura innovativa delle attività di ITER attrae aziende in grado di gestire lavori altamente specifici, interessate a sviluppare capacità trasferibili in altri campi e da valorizzare nel lungo periodo. Le più adatte a questo tipo di sfida sono proprio le imprese a gestione familiare che hanno una strategia di business a lungo termine, la volontà di raggiungere livelli di eccellenza e di generare innovazione. E le aziende familiari italiane corrispondono a questo profilo: sono la spina dorsale dell'economia manifatturiera e hanno un retaggio di eccellenza e di longevità che dura da diverse generazioni.

Un caso emblematico è la **Walter Tosto (WT, Chieti)** che ha individuato nel progetto ITER un campo di apprendimento stimolante e ha dimostrato un forte e stabile interesse per le opportunità che ne possono derivare. Le capacità acquisite per soddisfare i requisiti nel campo della fusione hanno consentito all'azienda di accedere a nuovi mercati e ad avere maggiore visibilità nell'arena mondiale; attualmente Walter Tosto è uno degli attori chiave nella fabbricazione della camera a vuoto di ITER e nella produzione in serie di cassette del divertore.

Ma non solo. **Un ulteriore elemento a favore delle aziende italiane è la capacità di innovazione: i sistemi e i componenti per ITER richiedono infatti l'estensione di tecniche e progetti a un livello mai tentato prima e i fornitori si trovano spesso a dover imparare in corso d'opera, ad assumere dei rischi e operare adeguamenti continui. Le aziende italiane**

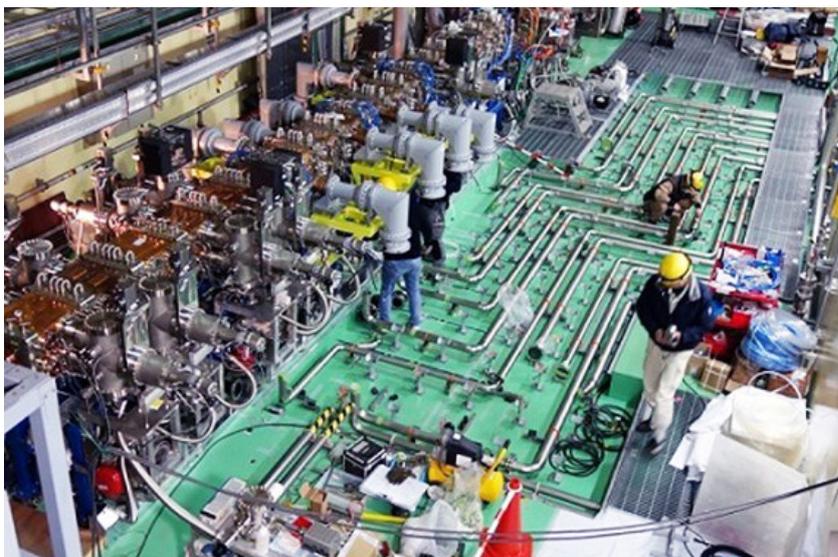


Fig. 3 Assemblaggio del quadrupolo a radiofrequenza (RFQ) dell'acceleratore di particelle per la International Fusion Material Irradiation Facility (IFMIF), realizzato da INFN - Laboratori Nazionali di Legnaro - a Rokkasho, in Giappone

**hanno sviluppato nel corso degli anni un'attitudine all'innovazione industriale determinante per il successo in ITER.**

Un esempio di questa forte capacità di innovazione è la **ASG Superconductors (Genova)**, azienda leader nella realizzazione di grandi magneti superconduttori per applicazioni di "Big science" (ad es. ITER e il grande acceleratore di particelle LHC del CERN) che ha imparato a padroneggiare con successo nuove tecnologie e a migliorare quelle esistenti. La sua esperienza e volontà di andare oltre lo stato dell'arte è stata fondamentale per la realizzazione delle bobine di campo poloidale e toroidale, due dei principali sistemi per il confinamento magnetico del tokamak di ITER.

**L'ENEA e il contributo della ricerca italiana ai progetti per la fusione**

**L'ENEA è stata storicamente molto attiva nel fornire supporto scienti-**

**fico all'industria; e la fusione è solo una delle storie di successo. L'intensa collaborazione sviluppata in oltre 25 anni tra il mondo dell'industria e i ricercatori ENEA (e della più vasta comunità italiana della fusione che include CNR, INFN, RFX e molte università) sono state essenziali per la realizzazione in laboratorio di tecnologie promettenti e per il successivo trasferimento alle aziende.**

Molti attori chiave italiani con consolidate relazioni con l'ENEA hanno saputo cogliere con tempestività la sfida di ITER. Un esempio di eccellenza è **Ansaldo Nucleare (Genova)**, una delle aziende leader nel campo della fissione che a metà degli anni Ottanta ha dovuto affrontare il contraccolpo dell'uscita del nostro Paese da questa tecnologia. L'azienda è tuttavia rimasta fortemente coinvolta nella fusione assicurando il proprio supporto alle relative attività di ricerca ENEA, ad esempio per il divertore in tungsteno. Ansaldo è anche stata scelta come una delle

due candidate alla realizzazione dello *European Inner-Vertical Target*, e resta fra le realtà industriali più competitive grazie alle campagne di qualificazione e sviluppo di prototipi, anche in vista della competizione per la futura produzione in serie. **I laboratori italiani di ricerca sulla fusione hanno fornito contributi fondamentali allo sviluppo di diversi sistemi e componenti di ITER.** L'ENEA da sola e insieme ad una rete di università (in particolare le Università di Pisa, Palermo, La Sapienza di Roma e il Politecnico di Torino), è stata storicamente molto attiva nella fusione, soprattutto nelle attività di ricerca e sviluppo e di progettazione relative allo sviluppo del mantello per la produzione di trizio (*breeding blanket, BB*) per DEMO e per il programma europeo di sperimentazione di moduli di mantelli in ITER. Nel campo del riscaldamento del plasma e della trasmissione di corrente, il Consorzio RFX (Padova) ha fornito, nell'ultimo decennio un importante contributo allo sviluppo della Neutral Beam Test Facility (NBTF) di ITER.

In particolare, il team RFX ha sviluppato e progettato in dettaglio la NBTF, a partire dal progetto concettuale ideato dal team di ITER. Inoltre, coordina e gestisce l'intera costruzione e l'avviamento di questo complesso impianto con notevole successo.

Per quanto riguarda il sistema di riscaldamento del plasma, il gruppo di ricerca del CNR di Milano ha progettato, sviluppato e collaudato il simulatore di carico per l'alimentazione delle sorgenti di onde di ciclotrone elettroniche (ECH, Electron Cyclotron Heating) di ITER (gyrotron).

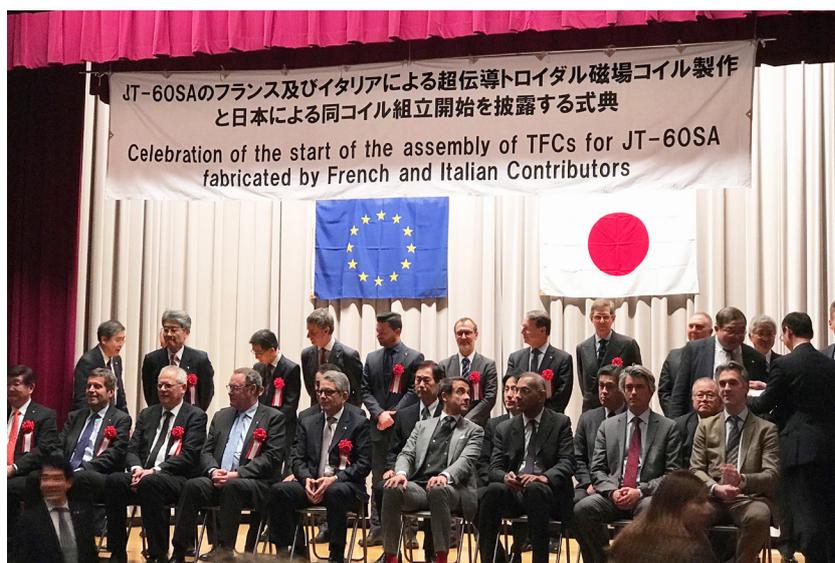
Inoltre, numerose università italiane (Università di Napoli Federico II, Consorzio CREATE, POLITO, Università di Padova, Università

di Palermo, Università di Roma La Sapienza e Tor Vergata) e diverse società private (LTC Calcoli e SRS Engineering Design) sono state ampiamente coinvolte sin dalla fase iniziale in studi di progettazione, analisi e ideazione a supporto di ITER.

### Il contributo ai progetti dell'Accordo Broader Approach con il Giappone

A margine delle trattative per decidere sul sito di ITER, Europa e Giappone hanno firmato l'accordo di collaborazione Broader Approach (BA) con l'obiettivo di accelerare lo sviluppo dell'energia da fusione. I costi sono stati suddivisi al 50% e, oltre al contributo Euratom gestito da F4E, alcuni Paesi UE (Francia, Italia, Spagna, Germania e Belgio) hanno deciso di offrire un ulteriore supporto 'in beni e servizi', evidenziando il valore industriale e strategico dell'Accordo<sup>3</sup>. Il Broader Approach si articola in tre progetti:

- **realizzazione del tokamak sperimentale superconduttore JT-60SA**, il più grande mai costruito prima di ITER, con livelli di performance elevatissimi. Attualmente in fase di assemblaggio finale a Naka, in Giappone, si prevede che genererà i primi impulsi di plasma nel 2020 (Figure 1 e 2);
- **progettazione e costruzione di prototipi per la sorgente intensa di neutroni IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility)** a Rokkasho, in Giappone (Figura 3). L'implementazione di questo acceleratore di particelle è attualmente ad uno stadio avanzato grazie al fondamentale contributo italiano dell'INFN (per i componenti dell'acceleratore stesso) e dell'ENEA con la tecnologia del litio fuso necessaria per i bersagli bombardati;
- **creazione del centro internazionale di ricerca sull'energia da fusione IFERC (International Fusion Energy Research Center)**



Cerimonia inaugurale per l'avvio dell'assemblaggio dei TFCs per il tokamak JT-60SA nell'ambito del progetto Broader Approach con il Giappone

a Rokkasho. Il progetto include una serie di sottoprogetti, tra cui la realizzazione di un supercomputer, la fase di progettazione di DEMO e alcune attività di ricerca e sviluppo ad esso associate.

**Il contributo europeo ai tre progetti, oltre a quello di EURATOM, è stato di circa 500 milioni di euro, soprattutto grazie alla fornitura di beni e servizi così ripartiti: Francia (44%), Italia (23%), EURATOM (16%), Spagna (11%), Belgio (3%) e**

**Germania (3%).** Il supporto italiano è stato fornito da Consorzio RFX (Padova), INFN (Legnaro) ed ENEA<sup>4</sup>.

### **Conclusione**

In collaborazione con i partner ITER e con il Giappone nell'accordo Broader Approach, l'Unione Europea è attualmente coinvolta in una serie di grandi progetti per lo sviluppo della fusione, una fonte di energia, abbondante, sicura e sostenibile per il futuro. Le aziende e il mondo

della ricerca italiano stanno contribuendo a questi impegni in modo significativo grazie alle caratteristiche dell'industria manifatturiera nazionale e alla qualità dei laboratori scientifici. Il costante coinvolgimento del tessuto industriale italiano genera crescita economica e nuova occupazione e incrementa la capacità innovativa e di spin-off, consentendo a tale tessuto di mantenere il massimo livello di competitività nei progetti hi-tech.

- <sup>1</sup> ITER consentirà agli scienziati di studiare un gas di idrogeno ad una temperatura di oltre 200 milioni di gradi (plasma) in grado di rilasciare, grazie alle reazioni di fusione, più energia di quanta ne sia necessaria per riscaldarlo e farà affidamento su una gamma imponente di tecnologie fondamentali per la generazione in futuro di energia da fusione
- <sup>2</sup> Quest'ultimo include la realizzazione di un esperimento di fusione nucleare con magneti superconduttori, noto come JT-60SA. Successivamente, F4E metterà a frutto le conoscenze e le competenze acquisite con il lavoro su ITER e nell'ambito del Broader Approach per la costruzione di impianti di fusione industriali
- <sup>3</sup> Accordi di collaborazione specifici stipulati tra F4E e ciascuno dei Paesi contribuenti definiscono in dettaglio gli obblighi reciproci. In particolare, l'accordo con l'Italia consiste in una serie di attività di ricerca sulla fisica e di sviluppo di tecnologie specifiche
- <sup>4</sup> L'ENEA ha contribuito alla realizzazione del progetto IFMIF/EVEDA e dei componenti essenziali di JT-60SA: con la metà dei magneti superconduttori necessari alla formazione del campo toroidale e la fornitura di unità di alimentazione elettrica ad alta potenza. Anche il Consorzio RFX ha dato un importante contributo a JT-60SA, fornendo un sistema di protezione dei magneti superconduttori ed alcuni alimentatori per bobine all'interno della camera a vuoto. Il contributo dell'INFN è stato fornito mediante la realizzazione del quadrupolo di radiofrequenza (RFQ, Radio Frequency Quadrupole) dell'acceleratore di particelle per la sorgente IFMIF costruito a Rokkasho, dove è attualmente in fase di collaudo