

### Incontri tecnici dell'Associazione

Il 28 febbraio è previsto un incontro sulle fonti di energia alternative mirato ad approfondire il carattere e gli obiettivi di un progetto che coinvolge le scelte future della ricerca fisica in Piemonte. Dell'argomento si è già data notizia sia nel corso dell'ultima assemblea dei soci che al consiglio nazionale degli Amici della Terra tenutosi a Roma nello scorso dicembre.

In entrambe le sedi si è convenuto di approfondire l'informazione sull'argomento e in conseguenza di ciò si è invitato il prof. Zucchetti del Politecnico di Torino ad intervenire al primo incontro sul tema.

È parso quindi utile rendere note in anticipo alcune informazioni ricavate dai risultati delle indagini svolte dal Dipartimento di Energetica di quella istituzione.

### Studio di Impatto Ambientale per l'impianto IGNITOR nel sito di Rondissone (TO) (\*)

#### LA MACCHINA

Il progetto Ignitor, ideato nel 1975 dal Prof. Bruno Coppi e sviluppato dall'ENEA, Centro Ricerche di Frascati, ha subito nel corso degli anni modifiche successive, alla luce dei risultati sperimentali e dello sviluppo delle conoscenze riguardanti la fisica dei plasmi ad alta temperatura. Ignitor è una macchina sperimentale di tipo tokamak pulsato, ad alto campo magnetico e piccole dimensioni, in grado di sostenere una densità di corrente di plasma piuttosto elevata, proposta per indagare la possibilità di raggiungere l'ignizione di un plasma Deuterio - Tritio (D-T) e studiare la fisica di tale plasma per alcuni secondi.

I parametri principali della macchina, frutto dell'evoluzione del progetto e delle nuove conoscenze progressivamente acquisite, sono raccolti nella tabella 2.1.

L'agenda di funzionamento, programmata per Ignitor su un arco di dieci anni di tempo, prevede un periodo iniziale di funzionamento aneutronico con scariche di H ed He per la taratura e le prove, seguito da un periodo di funzionamento con plasmi D-D, per poi passare, a partire dal terzo anno, a plasmi D-T di potenza progressivamente crescente, con percentuali di T che variano da un iniziale 5% al 50%.

Nella tabella 2.2 sono evidenziate le diverse tipologie di reazioni di fusione previste e le relative energie liberate.

Sono programmati tre diversi macro-scenari: quello di routine, con corrente di plasma fino a 7 MA campo toroidale fino a 9 T, quello ad alte prestazioni, con corrente di plasma fino a 10 MA e campo toroidale fino a 11 T, quello alle massime prestazioni, con corrente di plasma fino a

11 MA e campo toroidale fino a 13 T. I primi due scenari possono essere realizzati indipendentemente durante il primo (diurno) o secondo (notturno) turno, mentre il terzo scenario può essere utilizzato solamente durante il secondo turno a causa del maggior assorbimento di potenza elettrica richiesta alla rete, principalmente dovuto all'elevato valore di campo magnetico necessario.

Sono previste, nell'ambito di tali scenari, diverse tipologie di riscaldamento del plasma. La principale è il riscaldamento ohmico, intrinseco e dovuto alla densità di corrente di plasma. Il progetto, però, prevede anche il riscaldamento ausiliario con RF (fino a 18 MW) su un ampio campo di frequenze (70 ÷ 140 MHz), che permette, tra l'altro, di ampliare la serie di regimi di plasma accessibili negli esperimenti e di ottenere un miglior controllo dei profili di temperatura e di densità di corrente rispetto al caso di utilizzo del solo riscaldamento ohmico. Nel complesso, le scariche con riscaldamento ohmico costituiscono circa il 40 % delle scariche totali programmate, mentre le scariche con riscaldamento adizionale ICRH costituiscono il restante 60 % delle scariche previste.

La potenza di fusione che si libera nelle scariche D-T a massima potenza è di 90 MW, cui corrisponde una produzione neutronica massima di  $5 \cdot 10^{19}$  n/s, ovvero, essendo la durata della scarica di circa 4 s, si hanno un massimo di  $2 \cdot 10^{20}$  neutroni per scarica. Di conseguenza, il carico neutronico alla parete è di tutto rispetto: circa 2 MW/m<sup>2</sup>, il doppio di quanto si ha nel reattore Iter. Il tempo totale di funzionamento è, comunque, assai limitato:

dopo una scarica di 4 s sono previste pause di alcune ore, a seconda della potenza di scarica.  
 Nei dieci anni di vita dell'impianto, sono programmati complessivamente circa 9000 s (2,5 ore) di funzionamento in regime D-T, di circa 6000 s (1,7 ore) di funzionamento in regime D-D e circa 9000 s di funzionamento aneutronico.

Il numero totale di neutroni da 14 MeV prodotti nei 10 anni di funzionamento sarà pari a circa  $9,2 \cdot 10^{22}$ . Verranno prodotti anche circa  $8,7 \cdot 10^{20}$  neutroni da 2,5 MeV da reazioni D-D.  
 Tutte queste considerazioni sono rilevanti per ciò che riguarda le caratteristiche di sicurezza e le scelte di progetto fatte per Ignitor.

TABELLA 2.1: PARAMETRI PRINCIPALI DI IGNITOR	
Raggio maggiore	$R_t = 1,32 \text{ m}$
Raggi minori	$a = 0,47 \text{ m}; b = 0,86 \text{ m}$
Campo magnetico *	$B_t = 13 \text{ T}$
Corrente di plasma *	$I_p = 11 \text{ MA}$
Durata impulsi	3 – 5 s (flat top)
Densità del plasma	$n = 10^{21} \text{ m}^{-3}$
Temperatura del plasma	$T = 12 \text{ keV}$
Potenza di fusione *	$P_{fus} = 90 \text{ MW}$
Superficie del plasma	$S_p = 36 \text{ m}^2$
Volume del plasma	$V = 10 \text{ m}^3$
* Valori alle massime prestazioni	

TABELLA 2.2: REAZIONI DI FUSIONE ED ENERGIA SVILUPPATA	
Tipo di reazione	Energia
$D + D \rightarrow {}^3\text{He} + n$	3,267 MeV
$D + D \rightarrow T + p$	4,032 MeV
$D + T \rightarrow \alpha + n$	17,587 MeV

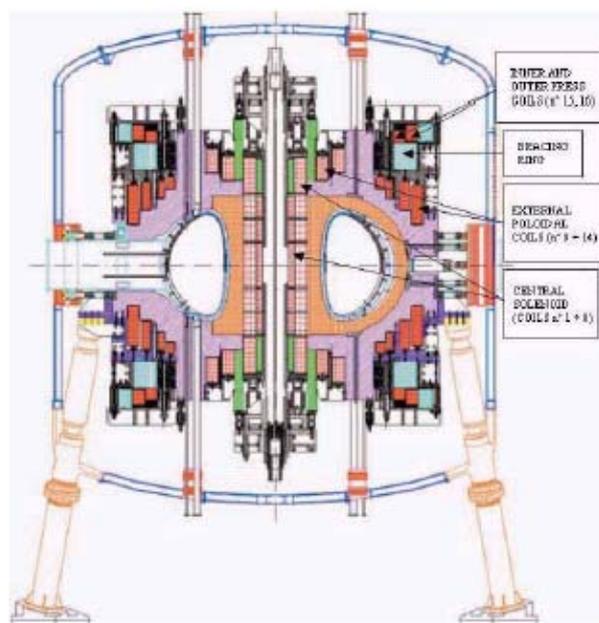


figura 1

## Sommario dello Studio di Impatto Ambientale

L'analisi effettuata ha coinvolto un'area di 10 km di raggio attorno al sito ed è articolata nelle seguenti tre fasi:

1.1. Qualificazione tecnica del sito nucleare, suddivisa in due diversi comparti di indagine:

1.1.1. Indagine di qualità ambientale convenzionale,

1.1.2. Indagine socio-economica e demografica;

1.2. Calcolo delle Dosi Individuali e Collettive per eventi incidentali con rilasci esterni all'impianto;

1.3. Classificazione e gestione delle scorie di impianto.

L'indagine di qualificazione tecnica del sito ha consentito la creazione di un'ampia banca dati a carattere naturalistico-ambientale dell'area in esame - morfologia, meteorologia, agricoltura, idrologia - e ha comportato l'aggiornamento puntuale della demografia e della distribuzione della popolazione attorno al sito, delle abitudini alimentari e di vita della popolazione (autoconsumi) e dei dati sugli allevamenti, la produzione agricola e lattiero-casearia.

Ciò ha portato ad identificare il gruppo critico della popolazione, costituito dagli adulti residenti nel comune di Rondissone, e localizzato a una distanza media di 1250 m in direzione NNE rispetto al sito di impianto.

Attraverso il codice GENII, e sulla base dei risultati di cui sopra, sono poi state calcolate la Maximum Dose e la Dose Collettiva impegnate in 50 anni (rispettivamente dall'individuo del gruppo critico e dalla popolazione) in seguito a rilasci esterni di radioattività conseguenti alle varie sequenze incidentali di riferimento per l'impianto. Si è verificato che:

1. Ad ogni sequenza incidentale competono coppie di valori frequenza-dose che si collocano ben al di sotto della curva limite di rischio definita per IGNITOR (cfr. figura 2);

2. In caso di peggior Incidente Base di Progetto (DBA) la Maximum Dose è pari a 0,771 mSv (a confronto si noti che, in media, pro-capite, il fondo naturale annuo è 2 mSv);

3. In caso di peggior DBA si ha una Dose Collettiva pari a 5,24 Sv-persona e ad essa corrisponde un detrimento sanitario per la popolazione residente nell'area che è trascurabile ed operativamente pari a zero (rif. ICRP, *Pubblicazione 60/1990*).

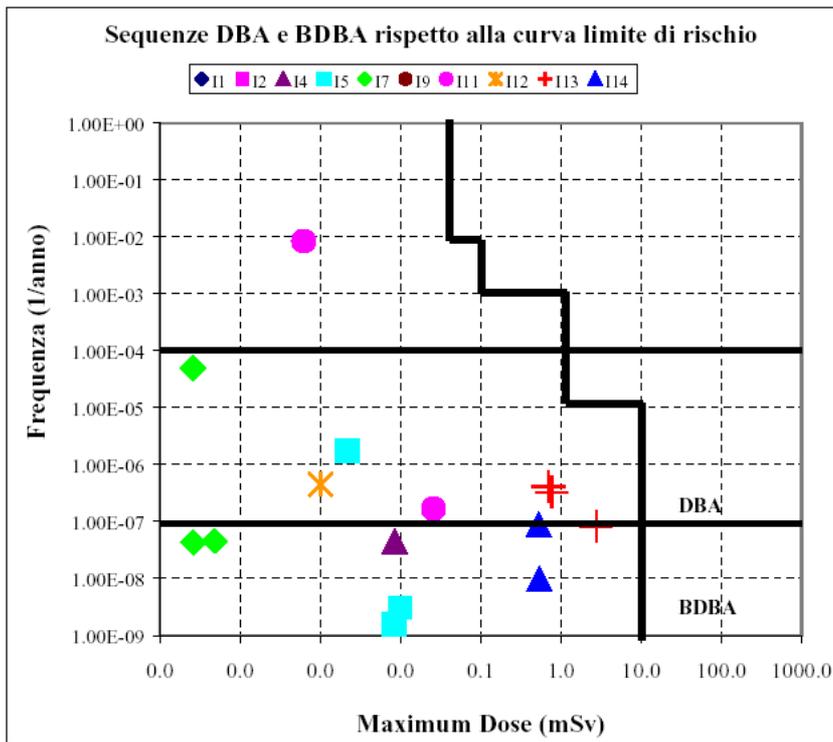
Per quanto riguarda le scorie radioattive, a parte l'inventario totale di trizio (soli 3 g), si sono considerati i materiali strutturali attivati da gestire in sede di smantellamento dell'impianto. Per questi ultimi è stata operata una classificazione in riferimento all'*Ordinanza 11 aprile 2003 n. 5* del Commissario Delegato per la Sicurezza dei Materiali Nucleari.

I risultati mostrano che nessun materiale proveniente da smantellamento è classificabile come scoria di III Categoria (HLW), mentre la maggior parte (40 m<sup>3</sup>) sono classificabili in II Categoria (LLW). (a confronto si noti che, in media, pro-capite, il fondo naturale annuo è 2 mSv);

### In conclusione:

- **La localizzazione di IGNITOR a Rondissone risponde a tutti i requisiti di ricettività ambientale, sicurezza radiologica e protezione sanitaria della popolazione;**
- **L'esperimento IGNITOR non produce scorie che possano rappresentare oneri sociali aggiuntivi per le future generazioni.**

(\*) Iginio Antonaci, Andrea Carpignano, Andrea Ciampichetti, Massimo Zucchetti  
RAPPORTO PT DE 542 IN Luglio 2004



**Fig. 2**  
 DBA -Design Basis Accident - incidenti con una frequenza di accadimento di  $10^{-4} \div 10^{-7}$  eventi all'anno;  
 BDBA - Beyond Design Basis Accident - gli incidenti con frequenze di  $10^{-7} \div 10^{-9}$  eventi all'anno " poco credibili"  
 (NC) incidenti " non credibili" con frequenze di accadimento ancora più basse ( $< 10$  eventi all'anno).

$10^{-5}$   $10^{-4}$   $10^{-3}$   $10^{-2}$

fig. 3

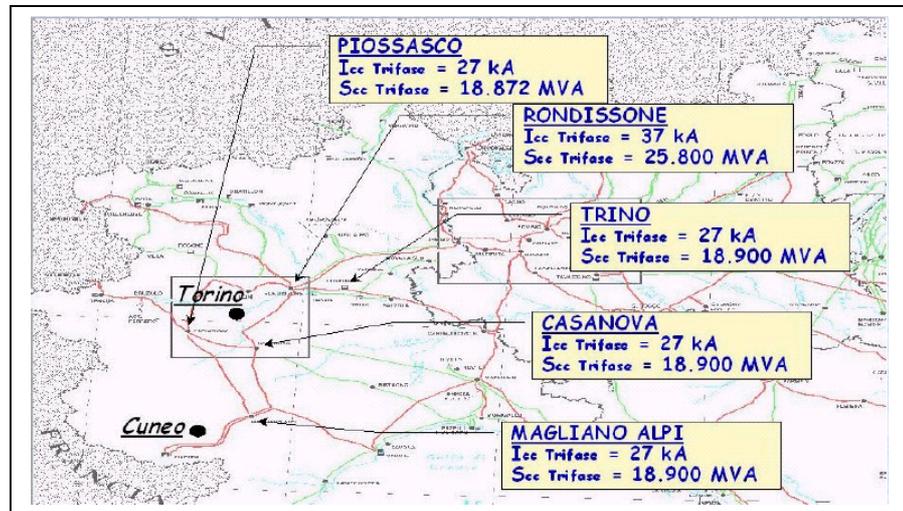


Fig 4

