

**Richiesta per borsa di studio da attivare ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del  
10/08/2021**

Il sottoscritto \_\_\_\_\_ Gelfusa Michela \_\_\_\_\_ qualifica  
(ricercatore/associato/ordinario) \_\_\_\_\_ Ricercatrice \_\_\_\_\_ afferente al  
Dipartimento di \_\_\_\_\_ Ingegneria Industriale \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Interno 06 7259 7210 email gelfusa@ing.uniroma2.it

**CHIEDE**

l'attivazione di una borsa di studio di dottorato ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del  
10/08/2021. A tal fine comunica quanto segue:

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo: Ingegneria  
Industriale

Area per la quale si presenta la richiesta (selezionare solo una delle due):

Innovazione

Green

Tipologia di cofinanziamento (pari ad euro 8000 una tantum):

Nome dell'Ente finanziatore pubblico o privato: \_\_\_\_\_

Persona di Riferimento: \_\_\_\_\_ Telefono \_\_\_\_\_

Email \_\_\_\_\_

Fondi di ricerca dipartimentali

**Titolo: Sviluppo di sistemi diagnostici, sistemi di visione e tecniche di analisi dati per il controllo  
dei reattori per la Fusione Nucleare di nuova generazione: ITER, DTT e DEMO**

**Descrizione del Progetto:**

*La nuova generazione di reattori per la fusione termonucleare a confinamento magnetico  
richiederà la misura accurata ed affidabile di una grande quantità di parametri di plasma. Fra i  
più rilevanti si devono sicuramente annoverare densità, temperatura, tempo di confinamento  
dell'energia e configurazione magnetica. Una approfondita conoscenza di queste quantità è  
necessaria per massimizzare il rendimento e minimizzare il costo dell'elettricità, per controllare  
efficacemente le operazioni e per evitare eventi anomali, come le disruzioni, che possono  
arrecare danni gravi agli impianti. Inoltre, la massimizzazione delle performance del reattore  
richiederà il controllo, la prevenzione e la mitigazione di instabilità macroscopiche, come le  
disruzioni e gli edge localized modes (ELMs), che possono arrecare danni irreparabili alle  
strutture.*

*Le grandezze caratterizzanti il plasma si misurano con strumenti specifici chiamati diagnostiche.*



*Al Joint European Torus (JET), il reattore a fusione più grande attualmente in operazione nel mondo, sono operativi circa 100 sistemi diagnostici. Nell' International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), il Tokamak internazionale in costruzione in Francia, si prevede di installare un numero paragonabile di diagnostiche. Vista la complessità dei fenomeni, che avvengono nei plasmi magnetizzati ad alta temperatura, le diagnostiche delle grandi macchine implementano praticamente tutte le tecniche di misura più importanti della fisica: interferometria, riflettometria, spettroscopia, bolometria, polarimetria, neutronica, etc. D'altro canto, l'operazione efficiente e sicura dei reattori futuri richiederà di migliorare le prestazioni di queste misure, dalla risoluzione spaziale e temporale, alla copertura ed all'affidabilità.*

*Nei maggiori reattori, le quantità di dati prodotti dalle diagnostiche sono molto ragguardevoli. Ad esempio, il JET può generare circa un terabyte di dati in un solo giorno di esperimenti. Si prevede, inoltre, che ITER a sua volta possa generare fino ad un petabyte di dati al giorno. Tali moli di dati non possono essere analizzati con gli strumenti tradizionali e richiedono lo sviluppo di metodi innovativi. Si rendono necessarie sia tecniche di ottimizzazione delle misure individuali sia applicazioni sofisticate di "machine learning" per estrarre da questi grandi database la conoscenza necessaria al controllo ed allo sfruttamento dei reattori futuri. Inoltre è molto urgente identificare quantità ed indicatori, che costituiscano un input adeguato ed affidabile per i sistemi di controllo, che nel reattore dovranno essere molto sofisticati ma allo stesso tempo altamente affidabili.*

#### **Obiettivi formativi:**

*Il lavoro di dottorato comprenderà attività relative a esperimenti di fusione in operazione (JET e Medium Size Tokamaks), reattori sperimentali in costruzione (ITER) e reattori dimostrativi in fase di progettazione, come DEMO (il reattore dimostrativo europeo) e DTT (il Divertor Test Tokamak in studio a Frascati). L'attività di ricerca sarà anche svolta in collaborazione con alcuni dei laboratori europei più importanti, in particolare con l'ENEA Frascati, il CIEMAT in Spagna ed il National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Măgurele in Romania. In questo contesto internazionale, il candidato avrà l'opportunità di applicare numerose tecniche di ricerca e di progettazione ingegneristica per la gestione di complessi, in particolare nei settori delle diagnostiche, controllo, acquisizione ed analisi dati.*

#### **Attività previste:**

*Nel lavoro proposto, il candidato dovrà innanzitutto perfezionare le tecniche di misura di alcuni sistemi diagnostici per ottimizzare la qualità delle misure ottenute nella prospettiva del controllo. Particolare attenzione verrà attribuita alle misure basate su telecamere camere e le relative tecniche di image processing. Questi sistemi infatti hanno un grande potenziale, sono versatili e possono fornire informazioni su molti aspetti cruciali per il reattore. In seguito, si richiederà lo sviluppo di tecniche avanzate di "machine learning" per massimizzare la conoscenza indispensabile per formulare specifiche tecniche di predizione, che saranno necessarie per il controllo del normale funzionamento e la gestione delle anomalie. In ultimo, le versioni più avanzate dei codici di identificazione e controllo saranno implementate utilizzando le piattaforme hardware e gli standard software adottati da ITER.*



### **Attinenza del progetto all'area indicata:**

*Questa proposta di dottorato si colloca nel programma europeo di ricerca volto allo sviluppo di fonti di energia alternative ai combustibili fossili, con l'obiettivo di decarbonizzare la società al fine di ridurre gli effetti climatici dovuti ai gas serra. In una prospettiva di autosufficienza energetica sostenibile ed a minimo impatto ambientale, l'utilizzo delle fonti rinnovabili dovrebbe essere massimizzato. Nella soluzione ideale, tali fonti dovrebbero avvicinarsi al 100%. Anche se questo target potrebbe a primo avviso sembrare estremamente ambizioso, va tenuto presente che la strategia a lungo termine del governo italiano prevede che nel 2050 la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili dovrebbe superare il 75%. Nel 2013 l'Italia ha prodotto l'11% della domanda totale di energia elettrica utilizzando fonti rinnovabili intermittenti. La produzione di energia tramite fotovoltaico ed eolico è cresciuta molto rapidamente nell'ultimo decennio, ed anche se è stata registrata una flessione negli ultimi due anni, la quantità di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili intermittenti potrebbe raggiungere il 40% prima di quanto ci si aspetti. D'altro canto i limiti delle fonti rinnovabili intermittenti stanno diventando sempre più evidenti. Fra i vari problemi, l'eolico ed il solare sono fonti non sempre disponibili, quindi è necessario avere soluzioni alternative per mantenere una continuità nella produzione di energia elettrica. Reattori a fusione termonucleare a confinamento magnetico potrebbero costituire una soluzione ideale, visto che non produrrebbero gas serra e genererebbero una quantità molto limitata di materiale radiativo. In quest'ottica, va tenuto presente che la ricerca per lo sviluppo della fusione nucleare è coordinata in Europa dal Consorzio EUROfusion, con il finanziamento della Commissione Europea e sotto l'egida dell'EURATOM.*

### **Risultati attesi:**

*Nel contesto tecnico/scientifico internazionale del progetto proposto, il candidato selezionato dovrà sviluppare soluzioni originali di alto valore scientifico soprattutto nei seguenti settori:*

- *Tecniche di misura avanzate per plasmi ad alta temperatura con particolare attenzione all'immagine processing ed alla soluzione di problemi inversi con metodi tomografici, richiesti per l'interpretazione di molte diagnostiche a valenza reattoriale*
- *Tecniche di "machine learning" e data mining per l'analisi di grandi basi di dati, al fine di massimizzare la comprensione ed il controllo. In questo settore, si richiederà lo sviluppo di metodi innovativi basati sul Deep Learning, gli algoritmi genetici e la causality detection, che sono fra le tematiche più attuali nel mondo dell'intelligenza artificiale.*
- *Algoritmi adattativi, basati sull' Open World Learning per la predizione e prevenzione di eventi anomali.*
- *Inserimento dei predittori più performanti in sistemi di controllo avanzato per l'ottimizzazione delle prestazioni dei reattori di nova generazione.*

**Azienda privata coinvolta** nazionale in cui si prevede di far svolgere il periodo obbligatorio da 6 a 12 mesi previsto dal Decreto Ministeriale:

*Il dottorando effettuerà lo stage previsto presso la società Vitrociset s.p.a., che con quasi 1000 dipendenti concentra le sue attività in tre settori principali: Difesa e sicurezza, Spazio, Trasporti ed Infrastrutture. Ciascun settore al suo interno contiene uno specifico System Engineering team*



*con il compito di sviluppare e seguire i progetti specifici. Inoltre, i tre settori sono supportati da una più generale struttura di Ingegneria e Tecnologie che a sua volta è organizzata:*

- Sistemi di simulazione e tempo reale
- Sistemi logistici e aziendali
- Ingegneria del prodotto
- Sistemi e servizi ICT
- Comunicazioni
- Servizio e funzionamento

*Le principali attività della struttura di Ingegneria e Tecnologie sono: progettazione manifatturiera, sviluppo software, servizi ad alta specializzazione (es. Applicazione Radar), coordinamento, monitoraggio tecnico e controllo per progetti.*

*Dal 2012, Vitrociset dispone, inoltre, di una Big Science Area focalizzata su specifici progetti internazionali, supportando lo sviluppo di grandi esperimenti di fisica, fornendo servizi di ingegneria altamente specializzati e sviluppando sistemi ad-hoc.*

*Il Big Science Team di Vitrociset è coinvolto nel programma ITER, nell'area dei sistemi di acquisizione e controllo (CODAC) e nel settore diagnostico.*

*Vitrociset lavora anche presso Fusion For Energy (F4E), l'agenzia europea che supporta il programma ITER, nel reparto strumentazione e controllo. Per quanto riguarda il programma European Spallation Source (ESS) in Svezia, Vitrociset ha ottenuto tre contratti quadro per la fornitura di servizi elettronici, sviluppo software e consulenza meccanica.*

*Il significativo sviluppo della grande area scientifica all'interno di Vitrociset è visibile in termini di crescita del numero di dipendenti dal 2012, anno di creazione dell'area dedicata alla Big Science, ad oggi.*

*La proposta di dottorato si posiziona pertanto nell'ambito delle attività strategiche di Vitrociset, in particolare nell'area di supporto ai grandi esperimenti di fisica Europei.*

**Firma**