



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

## BORSE DI STUDIO SU PROGETTI DI RICERCA FINANZIATE AI SENSI DEL DM 118 DEL 2 MARZO 2023

(Selezionare i programmi dedicati del D.M. 118/2023 indicando il numero delle borse)

### Missione 4, Componente 1- Investimento 3.4 “Didattica e competenze universitarie avanzate”

#### M4C1 - Inv. 3.4 - Transizioni digitali e ambientali

#### n.1 borsa\_Dottorati in programmi dedicati alle Transizioni digitali e ambientali

(Il percorso di ricerca che sottende al progetto deve riguardare aree disciplinari e tematiche coerenti con la transizione digitale e la transizione ecologica di cui al PNRR).

#### La descrizione del progetto formativo della borsa di dottorato deve evidenziare quanto segue:

- Obiettivi del progetto di ricerca;
- Coerenza del corso di dottorato con gli ambiti tematici del PNRR
- Coerenza del progetto proposto con la Misura scelta (1-Dottorati dedicati alle transizioni digitali e ambientali; 2-Dottorati PNRR; 3-Dottorati per la PA; 4-Dottorati per il patrimonio culturale) e relativa tematica.
- Impatto della ricerca proposta in relazione a uno o più dei seguenti fattori: (i) miglioramento della sostenibilità ambientale; (ii) accelerazione di processi di trasformazione digitale; (iii) promozione dell'inclusione sociale;
- Breve descrizione dell'attività formativa e di ricerca che il dottorando dovrà svolgere in coerenza con il progetto di ricerca proposto anche in considerazione dell'eventuale percorso congiunto che il dottorando beneficiario della borsa svolgerà presso il soggetto (impresa/ente) coinvolto nel percorso dottorale.
- Attività di disseminazione e comunicazione dei risultati nell'ottica di una valorizzazione dei risultati della ricerca e della tutela della proprietà intellettuale che assicuri accesso aperto al pubblico ai risultati della ricerca e ai relativi dati nel minor tempo e con il minor numero di limitazioni possibile, secondo i principi “Open science” e “Fair data”.
- Garantire il rispetto dei principi orizzontali del PNRR (sostenibilità ambientale; sviluppo sostenibile; pari opportunità e non discriminazione; accessibilità per le persone disabili)

<p><b>Ricerca proposta/Titolo tema vincolato</b></p>	<p><b>Italiano:</b> Modelli agli elementi finiti del sottosuolo soggetto a scambio termico con sistemi a circuito chiuso di scambiatori per la produzione di energia rinnovabile con pompe di calore geotermiche.</p> <p><b>Inglese:</b> Finite elements models of the ground-coupled heat exchange in closed-loop systems for renewable energy production with geothermal heat pumps.</p>
<p><b>Progetto di ricerca (max 5000 caratteri, spazi inclusi)</b></p>	<p>Negli ultimi anni si sta assistendo ad un incremento esponenziale di realizzazioni di impianti di climatizzazione indoor basati su sistemi "closed-loop" di sonde geotermiche che scambiano calore col sottosuolo (a profondità di 80-200 metri) attraverso pompe di calore acqua-acqua o acqua-aria. Tale forma di produzione di energia termica (anche denominata geotermia a bassa entalpia) costituisce una fonte rinnovabile a tutti gli effetti e possiede la peculiarità di sfruttare le condizioni stazionarie di temperatura</p>



del sottosuolo, in tutte le stagioni dell'anno, già a pochi metri di profondità dalla superficie. In tal senso la produzione di energia termica con scambio di calore col sottosuolo è una fonte di energia rinnovabile e sostenibile, coerente con un dottorato di ricerca dedicato alle transizioni digitali e ambientali. Il miglioramento della sostenibilità ambientale derivante da impianti di questo tipo deve però anche essere gestito attraverso una progettazione basata sulle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sottosuolo e dell'uso che se ne vuole fare durante le varie stagioni dell'anno (riscaldamento e/o raffrescamento), in modo da prevedere le "risposte termiche" del terreno in una proiezione temporale delle decine di anni di utilizzo dell'impianto di climatizzazione. Si tratta pertanto di garantire la stabilità termica del sottosuolo a medio-lungo periodo con una "estrazione" o "cessione" di calore equilibrata durante l'anno, rispettivamente durante il riscaldamento e il raffrescamento indoor.

Per poter realizzare delle previsioni realistiche sull'efficienza energetica dell'impianto occorre conoscere la geologia e l'idrogeologia e le caratteristiche termiche dei terreni dove saranno messe in opera le sonde geotermiche "closed-loop", per poter realizzare simulazioni temporali (10-20-30 anni) sulla rigenerazione termica annuale del sottosuolo, basata su modelli agli elementi finiti, utilizzando specifici software (es. FEFLOW, MODFLOW, TOUGH2). La proposta progettuale è quella di realizzare tali studi su impianti pilota già esistenti e in corso di realizzazione, anche tenendo presente la collaborazione già in atto con Rete Ferroviaria Italiana (RFI) che recentemente ha deciso di investire su questa tipologia di rinnovabile, la cui resa è indipendente dalle variazioni atmosferiche stagionali e diurne/notturne.

L'obiettivo principale del progetto di ricerca è quello di diffondere la realizzazione di impianti di climatizzazione che si basano sullo scambio di calore col sottosuolo con sistemi a circuito chiuso (closed-loop) di scambiatori abbinati a pompe di



	<p>calore geotermico, con il supporto di modelli qualitativi e quantitativi di efficienza energetica del sottosuolo su archi temporali delle decine di anni. La disseminazione e comunicazione dei risultati avverrà nell'ottica di una valorizzazione dei risultati della ricerca.</p>
<b>Referente Scientifico</b>	<b>Alberto Renzulli</b>
<b>Breve descrizione dell'attività formativa e di ricerca</b>	<p>Il codice FEFLOW (Finite Element subsurface FLOW system, prodotto da DHI srl) permette la produzione di modelli numerici estremamente avanzati ai fini della valutazione e gestione delle risorse sotterranee (flusso e calore). FEFLOW è uno dei più avanzati e aggiornati codici di calcolo scientifico dedicato alla modellazione dei processi di flusso e trasporto di calore in un mezzo poroso in condizioni sature o insature. I modelli tridimensionali si basano su algoritmi agli elementi finiti. FEFLOW è in grado di simulare flussi bi- e tri-dimensionali in mezzi porosi confinati e non confinati, soggetti a prescritte condizioni al contorno. Il problema di flusso viene risolto generando sul dominio di interesse una maglia di calcolo (mesh) costituita da elementi finiti di forma semplice (triangoli e quadrilateri per domini 2D, esaedri e tetraedri per domini 3D) e applicando le equazioni di flusso. FEFLOW consente un approccio completo allo studio della risorsa geotermica, permettendo di simulare ogni aspetto degli scambi di energia con l'ambiente superficiale e profondo ed il trasporto advettivo-dispersivo-conduttivo dell'energia termica. Inoltre, permette di considerare condizioni al contorno variabili (come la presenza di altri impianti, <i>plume</i> termici, fonti di calore) e condizioni transitorie. Questa metodologia di analisi garantisce pertanto lo sfruttamento ottimale delle risorse disponibili e la corretta pianificazione degli usi ed impatti a più ampia scala. I modelli generati mediante il software saranno applicati a casi di studio di un progetto sperimentale per la realizzazione di impianti di climatizzazione indoor con pompe di calore</p>



	<p>geotermico, destinati a locali tecnici delle stazioni ferroviarie (dove sono presenti relè, RACK, ed altri dispositivi) di Rete Ferroviaria Italiana (RFI) sulla base di una collaborazione tra RFI (progetto "Restart"), l'Università di Urbino, e gli Spin Off Geo.In.Tech. srl e NEA srl.</p> <p>Tra questi progetti pilota vi è anche un campo sonde geotermiche presso la stazione ferroviaria di Fano (Provincia di Pesaro e Urbino). Il presente progetto di dottorato di ricerca permetterà di ottenere, nell'arco di tre anni, risultati che saranno in grado di validare, standardizzare e "replicare" impianti di climatizzazione con sistemi closed-loop e pompe di calore geotermiche in altri locali tecnici di RFI del territorio italiano. I risultati della ricerca permetteranno di valutare preventivamente la produzione di energia termica per gli impianti di climatizzazione, nelle migliori condizioni di efficienza energetica, garantendo altresì la stabilità dei parametri fisici (temperatura <i>in primis</i>) del sottosuolo nel medio-lungo periodo.</p>
<b>Attività di ricerca da svolgere presso impresa/ centro di ricerca/Pubblica Amministrazione</b>	Nel periodo in impresa sarà valutata la replicabilità degli impianti geotermici per la climatizzazione di locali tecnologici di RFI localizzati in aree caratterizzate da fasce climatiche differenti e in condizioni geologiche e idrogeologiche del sottosuolo di diversa natura.
<b>Durata di permanenza in impresa/centro di ricerca/Pubblica Amministrazione del/della dottorando/a (min 6 - max 12)</b>	6 mesi
<b>Denominazione dell'impresa (ragione sociale, sede legale, legale rappresentante) /centro di ricerca/Pubblica Amministrazione</b>	<b>Rete Ferroviaria Italiana (RFI)</b>
<b>Attività di ricerca da svolgere all'estero</b>	Confronto con altri software di modellazione dello scambio di calore col sottosuolo e con casi di studio di impianti con sistemi a circuito chiuso con pompe di calore geotermico presenti al di fuori del territorio italiano.



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

<b>Durata della permanenza (min 6 - max 12 mesi nell'arco del triennio, anche non continuativi)</b>	6 mesi
<b>Denominazione dell'istituzione ospitante</b>	Institute of Earth Sciences, University of Applied Sciences and Arts, SUPSI - Campus Mendrisio, Via Flora Ruchat-Roncati 15 CH, 6850 Mendrisio, Switzerland.

Per i dottorati dedicati alle transizioni digitali e ambientali il percorso dottorale dovrà prevedere un periodo di studio e ricerca presso imprese o centri di ricerca, anche non continuativi, nell'arco del triennio.

Per i dottorati per la PA il percorso dottorale dovrà prevedere un periodo di studio e ricerca presso imprese, centri di ricerca o PA. Per i dottorati per il patrimonio culturale il percorso dottorale dovrà prevedere un periodo di studio e ricerca presso imprese, centri di ricerca o PA inclusi musei, istituti del Ministero della Cultura, archivi, biblioteche.

Solo per i dottorati PNRR il periodo di studio e ricerca presso imprese o centri di ricerca è facoltativo.

Si dichiara che il progetto è:

- coerente con obiettivi e finalità del Regolamento (UE) 2021/241, con la strategia generale e la Scheda di dettaglio della Componente del PNRR;
- orientato al conseguimento dei risultati misurati in riferimento a milestone e target eventualmente assegnati all'Investimento nei termini stabiliti dal Piano;
- conforme al principio "non arrecare un danno significativo" (DNSH) ai sensi dell'art. 17 del regolamento (UE) 2020/852 in coerenza con gli orientamenti tecnici predisposti dalla Commissione europea (Comunicazione della Commissione europea 2021/C58/01);
- idoneo ad affrontare e colmare le disuguaglianze di genere;
- a sostegno della partecipazione di donne e giovani, anche in coerenza con quanto previsto dal decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77 (c.d. Decreto Semplificazioni), modificato dalla legge di conversione 29 luglio 2021, n. 108, relativamente alla gestione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

Urbino, 2 maggio 2023

FIRMA DEL COORDINATORE

FIRMA DEL DOCENTE PROPONENTE/RESPONSABILE SCIENTIFICO

(Alberto Renzulli)