



Allegato "A"

AVVISO ESPLORATIVO

Avviso per verifica unicità del fornitore per affidamento ex art. 63 c. 2 lett. b) p. 3 d.lgs. 50/2016 di affidamento dell'erogazione di servizi qualificati di supporto alla ricerca e sviluppo di tipologia B.1.3 ai sensi del Catalogo dei Servizi Avanzati e Qualificati per le imprese toscane (approvato con decreto n. 1389/2016), per la realizzazione di prototipo di rivelatore per radiazioni ionizzanti a discriminazione spaziale atto ad essere impiegato in gamma camere SPECT di Medicina Nucleare nell'ambito del progetto Progetto COMPTO-NM (bando FESR).

L'Università degli Studi di Firenze intende avviare una procedura negoziata ai sensi dell'art. 63 c. 2 lett. b) p. 3) d.Lgs. 50/2016 per l'affidamento dell'erogazione di servizi qualificati di supporto alla ricerca e sviluppo di tipologia B.1.3 ai sensi del Catalogo dei Servizi Avanzati e Qualificati per le imprese toscane (approvato con decreto n. 1389/2016), per la realizzazione di prototipo di rivelatore per radiazioni ionizzanti a discriminazione spaziale atto ad essere impiegato in gamma camere SPECT di Medicina Nucleare nell'ambito del progetto Progetto COMPTO-NM (bando FESR).

Si specifica che il Dipartimento di Scienze Biomediche Sperimentali e Cliniche "Mario Serio" dell'Università degli Studi di Firenze, in seguito ad approfondite indagini ed analisi di mercato, ha individuato nella **Sezione di Fisica del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena**, gruppo di ricerca collegato dell'I.N.F.N. (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), **sezione di Pisa**, con sede legale in Siena, Strada Laterina n. 8, P.IVA 00273530527 C.F. 80002070524, Sezione di Fisica con sede in via Roma n. 56 come unico riscontro sul territorio italiano in grado di offrire la consulenza sopra indicata, ai sensi e per gli effetti dell'art. 63 co. 2, lett. b), n 3, per l'importo di **euro 24.590,17 + IVA**.

La fornitura è acquisibile esclusivamente in "UNICITÀ" per le motivazioni di seguito dettagliate:

La consulenza per erogazione di servizi in oggetto verte sullo sviluppo di un prototipo originale di rivelatore per radiazioni elettromagnetiche ionizzanti derivate da decadimento nucleare, concepito per essere impiegato in diagnostica clinica SPECT (Single Photon Emission Computerized Tomography). Coerentemente con le caratteristiche peculiari per tale impiego, il rivelatore deve essere in grado di associare alla determinazione dell'energia della radiazione incidente la localizzazione spaziale del punto di annichilazione, così da permettere la formazione della mappa di distribuzione spaziale 2D di sorgenti 3D



estese, mappa definita su un piano di acquisizione perpendicolare alla direzione di incidenza. Attualmente, lo stato dell'arte in SPECT prevede per questo scopo l'uso di due classi di rivelatori: a) cristalli scintillatori e b) semiconduttori a banda proibita diretta, come i CZT.

Negli scintillatori, la radiazione luminosa da questi emessa in conseguenza dell'annichilazione di una radiazione elettromagnetica ionizzante all'interno del cristallo, è raccolta e catalogata da una matrice ordinata di tubi fotomoltiplicatori (PMT), la cui superficie sensibile tipica è di 5cm². In termini generali, i PMT consistono in amplificatori di carica il cui numero, in una SPECT clinica, varia intorno al centinaio di unità. La risoluzione spaziale attesa, intrinseca del cristallo di scintillazione, è di circa 4mm FWHM, moderatamente variabile in quell'intorno in funzione dello spessore del cristallo (spessori standard: 3/8", 5/8", 3/4"). Fissato uno spessore, la risoluzione spaziale intrinseca è limitata dalla dimensione della superficie attiva dei PMT: maggiore tale dimensione, minore la sensibilità del sistema a piccole variazioni della posizione della sorgente.

D'altra parte, pur essendo possibile utilizzare PMT di superficie inferiore, ciò implicherebbe i) l'amplicazione del numero e, di conseguenza, la lievitazione dei costi sia di assemblaggio che di manutenzione, ii) l'aumento della probabilità di rottura di uno dei componenti, con relativo fermo macchina e iii) una diminuzione della stabilità del "tuning" dell'intero sistema.

In riferimento a quest'ultimo punto, infatti, i fattori che principalmente ne determinano le criticità sono legati alla sensibilità dei PMT nei confronti delle condizioni di lavoro, con particolare riguardo ad indesiderate variazioni di polarizzazione elettronica e, soprattutto, a fluttuazioni termodinamiche dovute al bilanciamento fra energia interna del sistema e calore sviluppato. Ciò si traduce nel possibile drift nell'allineamento elettronico dei dispositivi, con conseguente variazione del guadagno della singola unità e perdita di linearità del loro insieme. Fattori che, necessariamente, si riflettono in una distorsione dell'immagine acquisita della sorgente 3D di radiazioni.

Il CZT (Cadmium Zinc Telluride) è un semiconduttore di densità pari a 5.8g/cm³ e numero atomico medio $Z=50$. Si tratta di un dispositivo a conversione diretta, ovvero in grado di assorbire e rilevare direttamente l'energia di una radiazione elettromagnetica proveniente dalla sorgente estesa 3D in studio. Tipicamente, esso è realizzato nella forma di una cella elementare quadrata, lato pari a 2mm, elettronicamente polarizzata per trasmettere un segnale tensione-tempo di ampiezza correlata all'energia assorbita. Un cosiddetto "modulo di rivelazione", di qui in poi semplicemente "modulo", è solitamente costituito da CZT organizzati in un reticolo quadrato di 11x11 celle di lato. L'affiancamento spaziale di più moduli permette di ottenere aree sensibili di dimensioni compatibili con l'impiego clinico.

Il meccanismo di conversione diretta produce correnti indotte molto superiori a quelle caratteristiche dei rivelatori a scintillazione, favorendone l'impiego sia in sistemi operanti in "pulse mode" che in integrazione di carica.

I principali fattori a sfavore di questa categoria di rivelatori sono due.

Il primo è costituito dal loro costo. Attualmente, il singolo modulo di rivelazione (circa 22x22x4mm³) ha un costo pari a circa 750€. Dunque, un rivelatore costituito da più moduli affiancati fino ad ottenere un piano sensibile di dimensioni utili alla diagnostica SPECT (400x500mm²), potrebbe avere un costo di poco inferiore a 310,000€.



Il secondo svantaggio è rappresentato dalla bassa efficienza di rivelazione. Nonostante un coefficiente di attenuazione intrinseco decisamente elevato, l'efficienza di frenamento è penalizzata dallo spessore tipico della cella CZT, pari a circa 4 mm. Spessore atto a permettere un'efficienza di rivelazione accettabile per radiazioni incidenti di bassa energia (^{99m}Tc : 140.5KeV), ma non tale da assorbire adeguatamente radiazioni di energia superiore. Attualmente, la tecnologia ha permesso la costruzione di celle elementari CZT con spessori fino a 15mm. Ciò permette un'elevata efficienza di rivelazione per qualsiasi energia utilizzabile in ambito medico nucleare, purtroppo però letteralmente decuplicando i costi del dispositivo.

Il progetto qui descritto è orientato alla realizzazione di un prototipo di rivelatore per radiazioni ionizzanti a discriminazione spaziale, atto ad essere impiegato in gamma camere SPECT di Medicina Nucleare. L'idea di base consiste nel derivare un sensore che racchiuda i punti di forza delle tipologie sopra descritte, attenuandone in tutto o in parte le debolezze.

In particolare, il dispositivo in oggetto deve mantenere la soddisfacente efficienza di rivelazione caratteristica del cristallo scintillatore, principalmente collegata non ad un elevato coefficiente di attenuazione totale, ma bensì alla possibilità di sceglierne lo spessore attenuatore in funzione delle esigenze cliniche. È anche desiderabile che la matrice fotosensibile associata al cristallo esibisca doti di granularità prossime a quelle di un sistema CZT, così da migliorare la risoluzione spaziale intrinseca del cristallo scintillatore. Inoltre, è auspicabile che il costo di un sistema per applicazioni cliniche "in vivo" sull'uomo, non solo abbia costi molto inferiori a quelli esibiti da sistemi CZT, ma possibilmente inferiori anche a quelli di gamma camere con cristallo di scintillazione e matrice di fotomoltiplicatori.

Su queste basi, è stato individuato un prototipo di rivelatore per radiazioni elettromagnetiche da decadimento nucleare formato da un cristallo di scintillazione accoppiato ad una matrice fotosensibile costituita da celle elementari di silicio polarizzate in configurazione di semiconduttore.

L'originalità del sistema studiato consiste nella sostituzione, mai precedentemente esperita, della matrice ordinata di tubi fotomoltiplicatori con un dispositivo a semiconduttore di basso costo, spessore attivo trascurabile ed elevata granularità spaziale.

Un candidato per il sensore di silicio è il cosiddetto Silicon Photomultiplier (SiPM), costituito da una matrice di microcelle su un comune substrato in silicio, ciascuna delle quali opera come un fotodiodo a valanga. La lettura in parallelo delle microcelle permette al SiPM di comportarsi come un dispositivo analogico sensibile al singolo fotone.

Le principali caratteristiche sono:

- tensione tipica di alimentazione: 30V;
- insensibilità ai campi magnetici (a differenza dei fotomoltiplicatori);
- alto guadagno (circa 10⁶);
- ottima risoluzione temporale (dell'ordine dei 100ps);
- risoluzione in energia: 8-9% FWHM (ordine di grandezza);
- risoluzione spaziale: non denibile senza supporto sperimentale.

Le piccole dimensioni spaziali della singola cella SiPM (poche decine di mm²) permettono di accoppiare più unità per formare configurazioni geometriche specifiche, in grado dunque di rilevare facilmente il segnale in uscita tipico di un comune cristallo di ioduro di sodio NaI(Tl) per interpretarlo in classica logica Anger.



Date le piccole dimensioni spaziali dei SiPM è importante implementare un circuito di somma dei segnali a basso consumo che ricalchi le prestazioni del fotomoltiplicatore. Inoltre, per contenere le dimensioni spaziali del sistema e ridurre il volume di schermatura di piombo, con conseguente abbassamento del peso totale, i circuiti elettronici di elaborazione dovranno avere un alto grado di integrazione.

In particolare, quest'ultima considerazione coinvolge i circuiti di:

- localizzazione spaziale, da cui si deduce l'interazione del raggio gamma nel cristallo;
- analizzatore di ampiezza del segnale, per ricostruire l'energia della radiazione incidente e permettere una selezione degli impulsi utili alla formazione dell'immagine;
- conversione analogico-digitali (ADC) per permettere una ricostruzione on-line delle immagini.

Fra i soggetti partners componenti il progetto CompTo-NM, non sono attualmente reperibili le competenze tecnologiche utili alla realizzazione pratica del dispositivo sopra descritto.

La richiesta verso terzi di una consulenza per servizi, richiesta di cui questo documento costituisce il nucleo essenziale, consiste quindi nella realizzazione di un prototipo di rivelatore per radiazioni elettromagnetiche ionizzanti le cui caratteristiche ricalchino le specifiche sopra riportate.

In base a quanto specificato, **i criteri fondamentali per l'attribuzione della consulenza sono:**

- esperienza nel campo della sensoristica nucleare, in particolare nell'uso di sensori di luce (ad esempio fotomoltiplicatori e sensori SiPM) e cristalli plastici ed inorganici (ad esempio NaI(Tl));
- esperienza nel campo della elettronica di campionamento analogico, logiche programmabili e processamento online di dati;
- capacità di progettazione di soluzioni specifiche integrate (ASIC) per il condizionamento di segnali analogici e digitali;
- capacità in loco di lavorazioni in camera pulita per la realizzazione di prototipi SiPM e di soluzioni ASIC;
- esperienza nel campo dell'ottica di concentrazione di luce su sensori SiPM;
- capacità di progettazione elettronica e realizzazione di prototipi;
- fattibilità di test in laboratorio con sorgenti o campioni radioattivi alle energie di interesse;
- esistenza di relazioni scientifiche internazionali con altre università, enti pubblici e/o privati, per lo sviluppo di soluzioni innovative di elettronica e sensoristica.

L'intero insieme delle conoscenze essenziali qui elencate, trova unico riscontro sul territorio italiano all'interno della Sezione di Fisica del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena, gruppo di ricerca "collegato" dell'I.N.F.N. (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), Sezione di Pisa. Il know-how acquisito dal gruppo citato proviene da una esperienza trentennale nel campo della astrofisica sperimentale, con particolare riguardo, per gli scopi del progetto, alla rilevazione di radiazioni elettromagnetiche di bassa energia e di debolissima intensità.

Obiettivo del presente avviso è pertanto quello di verificare se vi siano altri operatori economici, oltre a quello individuato dal Dipartimento, che possano effettuare il servizio in oggetto, come sopra evidenziato.



Si invitano pertanto eventuali operatori economici interessati a manifestare a questo Ente l'interesse alla partecipazione della procedura per l'affidamento dell'**erogazione di servizi qualificati di supporto alla ricerca e sviluppo di tipologia B.1.3 ai sensi del Catalogo dei Servizi Avanzati e Qualificati per le imprese toscane (approvato con decreto n. 1389/2016)**, per la realizzazione di prototipo di rivelatore per radiazioni ionizzanti a discriminazione spaziale atto ad essere impiegato in gamma camere SPECT di Medicina Nucleare.

L'eventuale **manifestazione di interesse dovrà pervenire entro e non oltre il giorno 27/12/2018 ore 12:00** sul sistema START previa registrazione sulla piattaforma START con oggetto "Avviso per verifica unicità (produzione e distribuzione) del fornitore per affidamento ex art. 63 c. 2 lett. b) n. 3 d.lgs. 50/2016 per l'**erogazione di servizi qualificati di supporto alla ricerca e sviluppo di tipologia B.1.3 ai sensi del Catalogo dei Servizi Avanzati e Qualificati per le imprese toscane (approvato con decreto n. 1389/2016)**, per la realizzazione di prototipo di rivelatore per radiazioni ionizzanti a discriminazione spaziale atto ad essere impiegato in gamma camere SPECT di Medicina Nucleare.

Le richieste pervenute oltre il suddetto termine non verranno tenute in considerazione.

Nel caso in cui venga confermata la circostanza secondo cui la società sopra indicata costituisca l'unico operatore in grado di svolgere il servizio descritto, questo Ente intende altresì, manifestare l'intenzione di concludere un contratto, previa negoziazione delle condizioni contrattuali, ai sensi dell'art. 63 comma 2 lett. b) n. 3), con l'operatore economico indicato.

Il presente avviso, è pubblicato: sul profilo del committente al link <http://unifi.it/CMpro-v-p-6114.html> e sulla piattaforma telematica START della Regione Toscana, per la durata complessiva di giorni sedici (16), nonché sul Portale SITAT della Regione Toscana.

La stazione appaltante si riserva fin d'ora la libera facoltà di sospendere modificare o annullare la presente procedura e/o di non dare seguito alla successiva procedura negoziata.

Responsabile del procedimento: Prof.ssa Paola Chiarugi - Dipartimento di Scienze Biomediche Sperimentali e Cliniche "Mario Serio", 50134 Firenze.

Il trattamento dei dati personali avviene secondo le norme del regolamento (UE) del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 aprile 2016, di seguito «GDPR», e del Codice in materia di dati personali D.L. n.196/2003.

Ai sensi dell'art.13 del GDPR, informiamo che:

Il titolare del trattamento dei Suoi dati personali è l'Università degli Studi di Firenze, con sede in Firenze, Piazza San Marco, 4 telefono 055 27571 e-mail: urp@unifi.it, pec: ateneo@pec.unifi.it.

Il Responsabile della protezione dei dati (RPD) è il Dott. Massimo Benedetti, Dirigente dell'Area Affari generali e legali, Firenze, via G. la Pira, 4 telefono. 055 2757667 e-mail: privacy@adm.unifi.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Nel rispetto dei principi di liceità, correttezza, trasparenza, adeguatezza, pertinenza e necessità di cui all'art. 5, paragrafo 1 del GDPR l'Università degli Studi di Firenze, in qualità di Titolare del trattamento, provvederà al trattamento dei dati personali forniti allo scopo della conduzione e della conclusione del procedimento o della fase del procedimento in oggetto.

L'invio della manifestazione di interesse presuppone la presa visione dell'informativa trattamento dati e l'esplicita autorizzazione al loro trattamento, oltre alla piena accettazione delle disposizioni del presente avviso.

F.to

Il Direttore del Dipartimento
Prof.ssa Paola Chiarugi