

OGGETTO: AVVISO DI CONSULTAZIONE PRELIMINARE DI MERCATO *propedeutica all'indizione di una procedura negoziata senza previa pubblicazione di bando di gara, ai sensi dell'art. 63, comma 2, lettera b), punto 2), per la fornitura e installazione di un Microscopio elettronico a scansione ad emissione di campo ad alta risoluzione dotato di un sistema di microanalisi a dispersione di energia e di un microscopio confocale Raman integrato (FESEM-EDS-Raman) presso l'Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati del Consiglio Nazionale delle Ricerche, nell'ambito del Progetto POR FESR ERIHS.it Lazio.*

Si rende noto che l'Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (ISMN) del Consiglio Nazionale delle Ricerche intende avviare una procedura negoziata senza previa pubblicazione di bando di gara, *ai sensi dell'art. 63, comma 2, lettera b), punto 2)*, per la fornitura e l'installazione di un Microscopio elettronico a scansione ad emissione di campo ad alta risoluzione dotato di un sistema di microanalisi a dispersione di energia e di un microscopio confocale Raman integrato (FESEM-EDS-Raman).

Il presente Avviso persegue le finalità di cui all'art. 66, comma 1, del decreto legislativo n. 50/2016 e s.m.i. (nel seguito, per brevità, "Codice degli appalti") ed è volto – in applicazione delle indicazioni contenute nella determinazione n. 950 del 13 settembre 2017 dell'Autorità azionaria anticorruzione (ANAC) «Linee Guida n° 8 – Ricorso a procedure negoziate senza previa pubblicazione di un bando nel caso di forniture e servizi ritenuti infungibili» (Gazzetta Ufficiale - Serie Generale n° 248 del 23 ottobre 2017) – a confermare l'esistenza dei presupposti che consentono, ai sensi dell'art. 63 del Codice degli appalti, il ricorso alla procedura negoziata in oggetto, ovvero ad individuare l'esistenza di soluzioni alternative per la fornitura e l'installazione di un Microscopio elettronico a scansione ad emissione di campo ad alta risoluzione dotato di un sistema di microanalisi a dispersione di energia e di un microscopio confocale Raman integrato (FESEM-EDS-Raman) e dettagliate nella scheda tecnica in allegata al presente avviso.

Gli operatori economici che ritengono di poter fornire e installare un Microscopio elettronico a scansione ad emissione di campo ad alta risoluzione dotato di un sistema di microanalisi a dispersione di energia e di un microscopio confocale Raman integrato (FESEM-EDS-Raman) rispondente al fabbisogno ed ai requisiti manifestati ovvero di suggerire e dimostrare la praticabilità di soluzioni alternative ovvero migliorative, dovranno far pervenire la propria proposta tecnica, in relazione alla scheda tecnica in allegato, entro e non oltre le ore 18:00 del giorno **09/06/2022** all'indirizzo PEC protocollo.ismn@pec.cnr.it, riportando in oggetto la seguente dicitura: «**POR FESR ERIHS.it Lazio - Consultazione preliminare di mercato propedeutica all'indizione di una procedura negoziata senza previa pubblicazione di bando di gara per la fornitura e l'installazione di un Microscopio elettronico a scansione ad emissione di campo ad alta risoluzione dotato di un sistema di microanalisi a dispersione di energia e di un microscopio confocale Raman integrato (FESEM-EDS-Raman) da fornire e installare presso l'Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (ISMN)**».

Per i soli operatori economici non residenti in Italia l'invio della documentazione dovrà avvenire all'indirizzo di posta elettronica ordinaria segreteria@ismn.cnr.it, comunque inderogabilmente entro i termini di scadenza indicati al precedente paragrafo.

L'onere della prova dell'avvenuta ricezione nei tempi previsti è in capo all'operatore economico.

**DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY**

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

La partecipazione a detta consultazione non determina aspettative, né diritto alcuno e non rappresenta invito a proporre offerta, né impegna a nessun titolo l'Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (ISMN) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nei confronti degli operatori interessati, restando altresì fermo che l'acquisizione oggetto della presente consultazione è subordinata all'apposita procedura che sarà espletata dall'Istituto medesimo ai sensi del Codice dei contratti pubblici.

Le richieste di eventuali ulteriori informazioni da parte degli operatori interessati, nel rispetto dei principi di trasparenza e par condicio, potranno essere inviate alla Dott.ssa Gabriella Di Carlo:

PEC: protocollo.ismn@pec.cnr.it

E-mail: gabriella.dicarlo@ismn.cnr.it

Il Direttore dell'ISMN-CNR

**DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY**

T: +39.06 90 672 484 **F:** +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it **W:** www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 **P.IVA:** 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

SCHEDA TECNICA Requisiti della fornitura

1. Fabbisogno

L'obiettivo del **Progetto POR FESR ERIHS.it Lazio** è quello di rafforzare le infrastrutture del CNR con la messa in opera di laboratori altamente specializzati e la loro integrazione nell'infrastruttura regionale, nazionale ed europea e contribuirà alla creazione del Laboratorio di nano e micro-diagnostica per i beni culturali (NANOBC) del CNR-ISMN.

Per le attività che si svolgono nell'ambito della progettualità dell'ISMN (progetti europei EU H2020 APACHE, progetti regionali Persepoly, etc.) e in genere per gran parte delle attività di ricerca sviluppate dai ricercatori dell'ISMN, è necessario ottenere immagini FESEM ad ultra alta risoluzione, analisi EDS e Raman correlate per lo sviluppo e studio su scala micro e nanometrica di materiali per applicazioni in molteplici settori che vanno dal manifatturiero alla tutela dell'ambiente, con riferimento in particolare alla conoscenza e conservazione dei beni culturali. Conseguentemente, risulta necessaria l'acquisizione di un microscopio elettronico a scansione ad emissione di campo ad alta risoluzione dotato di un sistema di microanalisi a dispersione di energia e di un microscopio confocale Raman integrato (FESEM-EDS-Raman) che permetta di combinare due capacità diagnostiche largamente impiegate per lo studio dei materiali, tra quelle più sofisticate disponibili sul mercato, compatibilmente con la disponibilità di fondi stabilita dal progetto **POR FESR ERIHS.it Lazio**, la possibilità di studio nano e micro-chimico elementare e morfologico offerta dalla microscopia elettronica FESEM-EDS ad elevata risoluzione spaziale e la capacità di riconoscimento molecolare-strutturale offerta dalla microscopia Raman confocale. L'accoppiamento di tali tecniche di indagine in un'unica strumentazione permetterà di potenziare ed innovare lo studio dei materiali, la conoscenza e la conservazione del patrimonio culturale.

2. Requisiti tecnici

Stante il su indicato fabbisogno, il Gruppo di Lavoro (GdL) nominato dal Dr. Michele Muccini, Direttore del CNR-ISMN, con Provvedimento n. 41 del 2021 (Prot. CNR-ISMN n. 1102/2021 del 25/03/2021), ha preliminarmente svolto una indagine informale di mercato, sia a livello nazionale che internazionale, utilizzando i principali motori di ricerca, le riviste specializzate e la documentazione disponibile on-line, in relazione alle necessità relative agli studi di caratterizzazione chimico-fisica, morfologico-strutturale di materiali previsti nell'ambito delle attività progettuali dell'ISMN. Ciò ha permesso di individuare le aziende potenzialmente in grado di fornire microscopi elettronici a scansione ad emissione di campo ad ultra-alta risoluzione dotati di un sistema di microanalisi a dispersione di energia e potenzialmente integrabili con un microscopio confocale Raman (FESEM-EDS-Raman). Si riportano di seguito le strumentazioni potenzialmente utili per le attività di ricerca dell'ISMN: **GEMINI 460 della Carl ZEISS, Apreo 2S della FEI - Thermo Fisher Scientific, SU7000 della Hitachi, JSM-IT800 della JEOL Ltd e MAGNA della Tescan Orsay Holding.**

Il Gruppo di Lavoro (GdL) nella relazione tecnico-scientifica prot. n. 2627/ISMN del 19/05/2022, sulla base dei requisiti minimi dello strumento indicati nel provvedimento di nomina e delle necessità delle attività di ricerca dell'ISMN, ha indicato i requisiti tecnici minimi per la strumentazione

**DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY**

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

richiesta come di seguito descritto:

2.1) Microscopio elettronico a scansione a emissione di campo (FESEM) ad ultra-alta risoluzione per analisi in alto vuoto e pressione variabile

- Sorgente ad emissione di campo tipo Schottky
- Colonna ad alta brillantezza, combinata con un percorso elettronico senza crossover, che permetta un aumento nell'efficienza di collezionamento degli elettroni a tutte le energie del fascio elettronico ed una risoluzione dell'ordine del nanometro o inferiore a 1 kV in modalità "Beam Deceleration Mode"
- Colonna elettroottica senza alcuna apertura che permette di modificare in continuo la corrente e il diametro del fascio elettronico
- Risoluzione garantita in alto vuoto con rivelatore di elettroni secondari di almeno 0,6 nm a 15 kV e 0,9 nm a 1 kV (BDM) o migliore
- Risoluzione garantita in modalità STEM di almeno 0,5 nm a 30 kV o migliore
- Ingrandimento minimo di 2x o inferiore senza effetti di distorsione ed ingrandimento massimo di almeno 2.000.000x
- Un campo di visione di almeno 7 mm di diametro ad una distanza di lavoro di 30 mm e di almeno 4,3 mm di diametro alla distanza di lavoro analitica di 5 mm
- Tensione di accelerazione da 50 V a 30 kV o migliore, selezionabile in continuo
- Corrente di fascio minima di 2 pA o inferiore e corrente di fascio massima di almeno 300 nA
- Pressione variabile in camera regolabile nel range da un minimo di 7 Pa ad almeno 400 Pa
- Camera di lavoro con diametro interno di almeno 300 mm o superiore ed altezza interna di almeno 320 mm, con almeno 15 porte e con la possibilità di aggiungere accessori opzionali in un secondo momento
- Tavolino traslatore compucentrico motorizzato su 5 assi con escursioni sugli assi X e Y non inferiori a 130 mm, con escursione sull'asse Z non inferiore a 90 mm e con tilt da -60° a +90° o superiore
- Massima altezza del campione di almeno 90 mm con elemento di rotazione e di almeno 130 mm senza elemento di rotazione
- Peso massimo del campione sopportabile dallo stage di almeno 7 kg (senza rotazione e Tilt)
- Rivelatore di elettroni secondari di tipo Everhart-Thornley (E-T) posizionato in camera
- Rivelatore di elettroni retrodiffusi BSE posizionato in camera
- Rivelatore di elettroni in colonna per la raccolta di elettroni secondari o retrodiffusi coassiali al fascio
- Rivelatore di elettroni in colonna per la raccolta degli elettroni retrodiffusi BSE emessi a medio angolo
- Rivelatore di elettroni secondari in modalità pressione variabile e con possibilità di introdurre sia azoto che vapore acqueo
- Rivelatore di elettroni trasmessi retraibile STEM per immagini in campo chiaro, campo scuro e alto angolo. Versione motorizzata per acquisizione simultanea dei segnali da basso ad alto angolo di diffusione ed in grado di supportare un numero di griglie standard per TEM pari a 6 o superiore
- CCD Camera IR per l'osservazione interna della camera di lavoro

**DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY**

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

- Sensore di corrente di campione assorbita e sensore per allarme contatto del campione con colonna o camera SEM
- Tecnologia per l'ottenimento della più alta risoluzione a bassi voltaggi; include un sistema di polarizzazione negativa del tavolino portacampioni che migliora la raccolta degli elettroni ed il contrasto dell'immagine
- Sistema attivo di smorzamento delle vibrazioni ambientali a tecnologia piezoelettrica, totalmente integrato nello chassis del SEM
- Decontaminatore al Plasma: modulo di generazione di plasma isotropo di tipo downstream per la rimozione e gassificazione degli idrocarburi presenti in camera e sul campione. Completamente integrato e controllabile dall'ambiente software del SEM
- Software di sistema totalmente integrato per il controllo dell'imaging SEM; pannello di controllo per la gestione dei principali parametri operativi; risoluzione minima delle immagini acquisite di 16.384 x 16.384 pixels; funzionalità avanzate per le operazioni di post-elaborazione dell'immagine
- Software per il salvataggio ed il richiamo dei parametri operativi del SEM (posizione del tavolino, rivelatori utilizzati, corrente di fascio, settaggi luminosità e contrasto, landing energy Field of view, distanze di lavoro)
- Software per navigare verso una regione di interesse con l'aiuto di un'immagine proveniente da una fotocamera o altro microscopio, o da un disegno schematico
- Software per la microscopia correlativa tra SEM e Raman che consente la navigazione del campione durante l'analisi SEM con l'aiuto di un'immagine digitale prodotta da una fotocamera o altro microscopio. Sovrapposizione di immagini di microscopia ottica e Raman, nell'ambiente software del SEM. Le immagini raccolte possono essere sovrapposte in tempo reale o elaborate successivamente tramite software. Possibilità di navigazione e salvataggio di specifiche posizioni di interesse.
- Rendering grafico avanzato in 3D ed in tempo reale dello spostamento del tavolino portacampioni all'interno della camera del SEM utile per evitare collisioni accidentali tra il campione ed i rivelatori presenti in camera
- Algoritmo per il calcolo in tempo reale della forma del fascio elettronico e relativa ottimizzazione in base ai parametri selezionati dall'utente. Controllo e modulazione in continuo della corrente di fascio e della dimensione dello spot elettronico.
- Sistema da vuoto automatico oil free con pompa di back-up, turbomolecolare e pompe a cattura ionica
- Workstation di alto livello in grado di sostenere e gestire l'imaging richiesto (Processore Intel i7 8 Core, 32GB RAM DDR non -ECC, SSD 500GB, hard disk 2TB minimo, masterizzatore DVD RW, scheda di rete e software Microsoft Windows 10 Pro 64 bit, presenza di scheda video dedicata, certificazione CE, porte USB, possibilità di connessione ethernet, WIFI e Bluetooth, n. 2 Monitor da 32" di tipo QHD WideScreen,)
- Controllo remoto: via TCP/IP
- Sistema UPS
- Sistema di raffreddamento.
- Compressore.
- Tavolo di adeguate dimensioni.

**DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY**

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

2.2) Sistema di microanalisi EDS integrata nel FESEM

- Sistema di microanalisi EDS (a dispersione di energia) con sensore Silicon Drift (SDD) senza necessità di azoto liquido, area attiva di almeno 65 mm², risoluzione pari almeno a 127 eV su linea MnK α
- Il sistema deve poter effettuare microanalisi qualitativa e quantitativa con e senza standard ed essere ottimizzato per analisi contemporanea di tutti gli elementi a partire dal boro
- Software dedicato alla microanalisi qualitativa e quantitativa che deve permettere di ottenere informazioni multipunto, mappe compositive, di identificare gli elementi, di effettuare l'imaging chimico in tempo reale e creare in automatico report di analisi
- Moduli software specifici per l'analisi in automatico di particelle/inclusioni e per l'analisi in automatico dei residui dello sparo (utilizzabile anche per lo studio di particelle di altra natura).

2.3) Microscopio confocale Raman per analisi correlative in-situ all'interno della camera FESEM ed in modalità indipendente all'esterno della camera

Il sistema di analisi Raman deve essere confocale di classe laser 1 per imaging ad elevata risoluzione, dotato di microscopio ottico collegato ad uno spettrometro a singolo monocromatore, dotato di filtri Rayleigh, laser, rivelatore e software di gestione strumentale e acquisizione spettri che possa essere accoppiato, mediante opportuni sistemi opto-meccanici ed elettronici ad un microscopio SEM.

Sono richieste le seguenti caratteristiche tecniche minime obbligatorie:

• Microscopio

Microscopio ottico di alta qualità con illuminazione LED a luce bianca universale avente le seguenti caratteristiche:

- Schermo protettivo di classe laser I per il microscopio;
- Testa binoculare dotata di oculari per l'osservazione del campione;
- Telecamera a colori per l'osservazione del campione, la cattura ed il salvataggio delle immagini e la gestione del tavolino XYZ motorizzato;
- Illuminazione in luce riflessa mediante LED. La selezione della luce riflessa deve essere automatica. L'intensità della luce deve poter essere controllata via software;
- Visualizzazione video combinata luce bianca e laser tale da permettere l'osservazione simultanea del laser sopra il campione; Salvataggio automatico luce bianca con dati; Commutazione automatica luce bianca/ Raman;
- Obiettivi N-PLAN 5X (NA 0.12-WD 13.2), 20X (NA 0.40 – WD 1.10), LWD N PLAN 100x (NA 0.75-WD 0.5) a distanza di lavoro standard, e 50 X con almeno 8,0 mm di distanza di lavoro;
- Durante la misura Raman, la radiazione laser deve essere inviata sul campione attraverso uno specchio. Sono da escludersi altre soluzioni meno efficienti quali beam-splitter;
- Specchio di alluminio a 45° (trasmissione > 99%) interno al microscopio, per inviare la radiazione Raman nello spettrometro, e motorizzazione degli specchi interni;
- Torretta motorizzata per il cambio dei filtri Rayleigh che permetta un cambio automatico del laser;
- Sorgente di calibrazione interna a base di una miscela di neon ed argon per le operazioni di auto-calibrazione;

**DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY**

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

- Standard di riferimento interni per la calibrazione automatica per la radiazione nel visibile, operazione che permetta una calibrazione delle frequenze nell'intero range spettrale (autocalibrazione);
- Correzione automatica della calibrazione Raman per la radiazione nel visibile che permetta una operazione di verifica delle prestazioni del sistema indipendentemente dalla soggettività dell'operatore (autovalidazione);
- Allineamento automatico laser per la radiazione nel visibile per il percorso di eccitazione del laser all'interno dello spettrometro, per la luce Raman di ritorno attraverso la fenditura e per l'area attiva del rivelatore (autoallineamento);
- Il sistema deve garantire attraverso una soluzione hardware o software che, al cambio dell'obiettivo, passando da un ingrandimento all'altro, l'immagine conservi il fuoco e che sia centrata nel medesimo punto;
- L'accoppiamento ottico tra microscopio e spettrometro deve essere effettuato con specchi di rimando e non attraverso l'uso di fibre ottiche;
- Sensore di temperatura.

- **Tavolino porta campioni motorizzato**

Tavolino porta campione motorizzato XYZ avente le seguenti caratteristiche:

- Corsa minima di 110 mm lungo l'asse X e 70 mm lungo l'asse Y con una capacità di carico di almeno 10Kg;
- Velocità di almeno 80 mm/s;
- Deve essere dotato di encoder lineari integrati nei motori degli assi X e Y aventi una risoluzione di almeno 50 nm e garantire perciò un passo minimo di 50 nm lungo i due assi, con una ripetibilità con valori non superiori a 350 nm, e accuratezza di almeno 1:5000;
- Risoluzione in Z di 8 nm;
- Il sistema deve essere dotato di un software di controllo per la possibilità di Autofocus;
- Deve poter essere traslato sia manualmente sia attraverso joystick o trackball senza perdita della registrazione delle coordinate di posizione.

- **Spettrometro**

Spettrometro ad elevatissima efficienza con lunghezza focale di 250 mm (resa >30%). Dimensione dello spot del laser variabile in continuo da 1 a 300 μm (a seconda dell'obiettivo e della lunghezza d'onda). Il sistema deve far coincidere la messa a fuoco ottica con la messa a fuoco del laser, garantendo la miglior messa a fuoco anche con campioni poco riflettenti.

Lo strumento deve garantire una risoluzione spaziale non inferiore a 300 nm sul piano (XY) e 1500 nm in Z. Tali valori di confocalità devono essere raggiunti unicamente attraverso l'uso di fenditure e non pin-holes.

Sono richieste le seguenti caratteristiche:

- Spettrometro basato su lenti e non su specchi;
- Reticolo a 1200 l/mm e reticolo a 1800 l/mm. I reticoli devono essere intercambiabili senza intervento manuale e devono garantire l'allineamento e la calibrazione nel passaggio dall'uno all'altro. I reticoli devono poter essere selezionati via software;
- Il motore dei reticoli deve avere integrato un encoder lineare per garantire la massima ripetibilità di posizione, assicurando variazioni non superiori a 0,1 cm⁻¹ con eccitazione a 785 nm e reticolo a 1200 l/mm e con eccitazione a 532 nm e reticolo a 1800 l/mm;

DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY

T: +39.06 90 672 484 **F:** +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it **W:** www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 **P.IVA:** 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

- Deve essere dotato di fenditura motorizzata per il controllo della risoluzione spettrale e della risoluzione spaziale;
- Il sistema deve poter ottenere spettri ad elevata risoluzione spettrale (non inferiore a 2 cm^{-1}) con range spettrale a partire da 100 cm^{-1} a 6000 cm^{-1} in una singola lettura del rivelatore CCD, usando un'eccitazione laser a 532 nm e reticolo a 1800 l/mm , senza unione di segmenti singoli di spettro (stitching);
- Lo spettrometro deve possedere almeno 3 percorsi ottici separati per i laser di eccitazione al fine di massimizzare l'efficienza del trasporto della luce;
- Dimensione dello spot del laser variabile in continuo 1 mm a 300 mm (a seconda dell'obiettivo e della lunghezza d'onda).

- **Detector**

Rivelatore CCD, raffreddato per effetto termoelettrico Peltier. Temperatura di raffreddamento non superiore a -60°C ; dimensione del chip: 1024 pixels x 256 pixels. Il rivelatore deve essere di tipo deep-depletion per garantire il range spettrale da 400 nm a 1060 nm senza perdere di efficienza nel visibile. Ultra-fast Raman imaging (1500 spectra/sec); read noise $<4\text{e}^-/\text{pixel}$; Dark noise 0.03 $\text{e}^-/\text{pixel}/\text{second}$; 16 bit A/D converter; 2 livelli di guadagno.

- **Reticoli**

Reticolo a 1800 l/mm con movimento controllato da feedback encoder che deve garantire una elevata accuratezza nel riposizionamento del reticolo ($\pm 0,2 \text{ cm}^{-1}$) con una tecnica tipo Synchroscan che diano la possibilità di effettuare misure ad elevata risoluzione su ampi range spettrali; Reticolo a 1200 l/mm su supporto magnetico isostatico, ottimizzato per il visibile.

- **Filtri Rayleigh**

- Set di filtri Rayleigh composto da non meno di 2 filtri di tipo edge per le radiazioni a 785 nm e a 532 nm con trasmissione a partire da 100 cm^{-1} ;
- Il cambio dei filtri deve essere motorizzato e controllato via software;
- Il cambio laser deve essere realizzato mediante semplice comando software senza bisogno di intervento manuale o riallineamento alcuno.

- **Filtri neutri**

Filtri neutri motorizzati e selezionabili via software per abbattere la potenza del laser sul campione almeno su 15 livelli di potenza da 0.00005 a 100%.

- **Laser**

- Laser a 785 nm, potenza in uscita di almeno 100 mW, dotato di filtro interferenziale per la "pulizia" del raggio. Il laser deve essere dotato di sistema di interlock per la sicurezza laser;
- Laser a 532 nm, potenza in uscita di almeno 50 mW, dotato di filtro interferenziale per la "pulizia" del raggio. Il laser deve essere dotato di sistema di interlock per la sicurezza laser;
- Lo strumento deve essere di classe laser 1;
- L'inserimento e la selezione dei filtri devono essere motorizzati e controllati dal software.

- **Imaging Raman 2D e 3D**

Il sistema deve permettere di ottenere immagini chimiche a partire da uno spettro Raman completo in modo ultrarapido grazie ad un detector potenziato e lenti cilindriche per focalizzazione in linea. Deve inoltre essere dotato di una tecnica di mapping, che permette di raggiungere risoluzioni spaziali fino a 250 nm con obiettivo 100x e eccitazione nel verde. Deve anche consentire un imaging volumetrico 3D.

Sono richieste le seguenti caratteristiche:

DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

- Imaging Raman 2D mediante illuminazione in linea cioè focalizzando il laser su un segmento lineare, con ottiche dedicate, e con raccolta del segnale Raman lungo la lunghezza della linea. Nella configurazione di scansione (imaging), la linea deve essere scansionata lungo la sua lunghezza, garantendo un'illuminazione uniforme di ogni punto del campione;
- Imaging Raman 2D mediante illuminazione puntuale avente risoluzione non inferiore a 300 nm.
- Imaging Raman di volume 3D e relativo software di visualizzazione delle immagini 3D con la possibilità di estrarre da esse anche immagini 2D, profili in linea e spettri da punti singoli;
- Il software di visualizzazione 3D deve permettere di inserire il valore dell'indice di rifrazione del materiale analizzato per una valutazione più accurata degli spessori;
- La dimensione delle immagini Raman deve essere limitata solo dalla corsa massima del tavolino motorizzato XYZ e non si accettano soluzioni in cui l'immagine totale sia la somma di immagini di dimensioni più piccole.

- **Interfaccia di accoppiamento Raman con SEM**

Lo strumento deve essere dotato di un sistema di accoppiamento opto-meccanico ed elettronico per poter realizzare misure Raman ed opzionalmente di fotoluminescenza e catodoluminescenza all'interno di un microscopio a scansione elettronica conservando la classe laser 1.

L'interfaccia di accoppiamento **deve essere compatibile con la configurazione SEM identificata** operante in alto vuoto e a pressione variabile.

L'interfaccia di accoppiamento Raman con SEM deve permettere l'acquisizione simultanea di immagini a elettroni secondari e di spettri Raman (opzionali spettri di fotoluminescenza e catodoluminescenza) all'interno della camera SEM, analizzando la medesima area del campione posizionato lungo l'asse del fascio elettronico.

L'interfaccia di accoppiamento deve permettere l'acquisizione sia di spettri singoli che di immagini all'interno della camera SEM.

L'interfaccia di accoppiamento deve permettere di effettuare misure colocalizzate Raman (opzionali analisi di fotoluminescenza e catodoluminescenza) con le misure EDS senza dover spostare il campione.

L'interfaccia di accoppiamento deve permettere di effettuare misure colocalizzate Raman (opzionali analisi di fotoluminescenza e catodoluminescenza) con l'acquisizione di immagini SE senza dover spostare il campione.

L'interfaccia di accoppiamento deve permettere di effettuare misure colocalizzate Raman (opzionali analisi di fotoluminescenza e catodoluminescenza) con l'acquisizione di immagini BE senza dover spostare il campione.

L'interfaccia di accoppiamento deve essere completamente retraibile quando non utilizzata in modo da non perturbare il funzionamento delle modalità SEM.

L'interfaccia di accoppiamento deve prevedere l'osservazione del campione mediante telecamera a colori in modalità di osservazione con e senza laser e l'acquisizione e salvataggio dell'immagine ottica. La dimensione dell'immagine salvata non deve essere limitata dal campo visivo sotteso dall'ottica di raccolta.

Il sistema deve prevedere una videocamera per l'acquisizione delle immagini integrate e completamente controllate da computer; illuminazione in luce bianca integrata e controllata attraverso computer che permetta la visualizzazione contemporanea dell'immagine del campione e dello spot laser.

**DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY**

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

Il controllo del passaggio fra la modalità di osservazione del campione e la modalità della raccolta dei dati deve essere automatica e gestita da software.

L'interfaccia di accoppiamento deve potere prevedere l'impiego di più sorgenti laser (per un minimo di 3) e garantire il passaggio fra le diverse eccitazioni mediante comandi software che non richiedono interventi manuali.

L'interfaccia di accoppiamento deve essere di classe Laser 1 e deve essere dotata di una sonda per spettroscopia a 532 nm e di una sonda per spettroscopia a 785 nm che utilizzino filtri Rayleigh con trasmissione a 130 cm⁻¹ e fibra ottica della lunghezza opportuna (almeno 5 metri). Il passaggio fra una sonda e l'altra deve essere automatico e controllato da software.

Il sistema deve permettere una commutazione rapida fra l'utilizzo del dispositivo accoppiato e il microscopio Raman per acquisizione di spettri Raman indipendenti.

Il ri-posizionamento accurato delle ottiche motorizzate del dispositivo permettere di acquisire immagini SEM (SE e BE), analisi X-ray e spettri Raman dalla medesima area del campione.

Il sistema deve offrire l'opzione di imaging 2D con passo di 100 nm o inferiore regolato da encoder e software di gestione delle mappe. L'area mappabile deve essere di almeno 500 micron x 500 micron.

L'interfaccia di accoppiamento deve essere dotata di un circuito di sicurezza di interblocco laser per evitare l'accidentale esposizione al fascio dell'operatore. Il circuito di interblocco deve comandare lo spegnimento del laser in concomitanza della ventilazione della camera per l'apertura dello sportello.

Il sistema di analisi deve inoltre presentare i seguenti requisiti:

- Deve essere garantito un rapido passaggio fra le diverse righe di eccitazione nella misura del medesimo punto del campione garantendo paracentricità.

- La risoluzione assiale delle misure Raman (eventualmente fotoluminescenza e catodoluminescenza) deve essere < 2 µm con le radiazioni a 532 nm.

- La risoluzione confocale delle misure Raman (eventualmente fotoluminescenza e catodoluminescenza) deve essere < 10 µm con le radiazioni a 532 nm.

- La potenza del laser deve poter essere modulata mediante controllo software, secondo una ampia gamma di livelli.

- Range spettrale delle misure Raman mediante eccitazione a 532 nm e 785 nm compreso fra 50 cm⁻¹ e 4000 cm⁻¹ (per la radiazione a 532 nm e 50 cm⁻¹ e 3300 cm⁻¹ (per la radiazione a 785 nm).

- Raman (eventualmente PL) mapping: devono poter essere raccolte mappe Raman (eventualmente PL) impiegando tutte le eccitazioni laser accoppiate mediante il dispositivo al SEM; scan range > 200 µm x 200 µm; scan step size 100 nm (controllo mediante encoder).

- **PC e Software**

Il sistema deve essere dotato di un PC adeguato al controllo strumentale e alla gestione dei dati, avente le seguenti caratteristiche minime:

- Processore i7; Memoria RAM 8 Gb; Hard disk di capacità non inferiore a 2 Tbyte; Monitor da 24"; Tastiera e mouse.

- Il software di controllo deve permettere la gestione completa dello strumento (hardware), l'acquisizione di spettri Raman e mappe 2D e 3D, il trattamento e l'elaborazione dei dati mediante le principali funzioni matematiche, come: sottrazione della linea di base, curve-

**DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY**

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

fitting, deconvoluzione degli spettri, operazioni algebriche, peak-picking, derivate, integrazioni, ecc.

- Il software per la generazione delle immagini 2D e 3D dovrà essere dotato dell'analisi a singola variabile ("signal to baseline", "signal to axis" ed "Intensity at a point" "Peak area", "Peak position", "Peak width", "Peak intensity", "Chi squared", ecc) e dell'analisi multivariata con algoritmi quali PCA, DCLS, MCR-ALS.

- **Database spettrali**

Il software deve essere dotato di librerie spettrali per poter realizzare la ricerca degli spettri in libreria e la creazione di librerie proprie. Le librerie spettrali di interesse dovranno contenere spettri di materiali inorganici, mineralogici, polimerici, forensi e pigmenti.

- **Tavolo ottico**

Tavolo ottico completo di sistemi di smorzamento attivo delle vibrazioni.

È necessario e opportuno che:

- la fornitura sia completata da una garanzia full risk di almeno 24 mesi estendibile per i successivi 36 mesi e da un servizio di assistenza disponibile in Italia.

- sia previsto un training adeguato di almeno 5 giorni per il sistema FESEM-EDS e di almeno 3 giorni per il sistema Raman.

3. Strumenti individuati e costi attesi

In relazione a quanto indicato nella relazione di valutazione predisposta Gruppo di Lavoro (GdL) nominata con Provvedimento n. 41 del 2021 (Prot. CNR-ISMN n. 1102/2021 del 25/03/2021), è stata effettuata una comparazione degli strumenti attualmente presenti sul mercato.

Sulla base dell'indagine conoscitiva effettuata dal GdL attraverso il reperimento di materiale informativo disponibile e/o fornito dalle ditte, sono state comparate le specifiche tecnico-scientifiche delle cinque strumentazioni individuate: **GEMINI 460 della Carl ZEISS, Apreo 2S della FEI - Thermo Fisher Scientific, SU7000 della Hitachi, JSM-IT800 della JEOL Ltd e MAGNA della Tescan Orsay Holding.**

Dall'indagine effettuata e dalla comparazione delle caratteristiche tecniche dichiarate dai produttori, il sistema di analisi FESEM, EDS e Raman integrato commercializzato dalla Tescan Orsay Holding è risultato l'unico al momento disponibile sul mercato che **presenta contemporaneamente tutti i requisiti minimi richiesti.** Per quanto riguarda il sistema Raman, risulta dall'indagine effettuata che lo spettrometro e l'interfaccia di accoppiamento prodotti dalla Renishaw sono potenzialmente in grado di soddisfare i requisiti richiesti e compatibili con le principali strumentazioni FESEM presenti sul mercato. In particolare, il sistema MAGNA UHR FESEM-EDS integrato con un microscopio confocale Raman Renishaw presenta tutte le seguenti caratteristiche:

- Ingrandimenti minimi di 2x senza distorsione delle immagini. Per caratterizzare la diversità composizionale e strutturale spesso tipica dei manufatti di natura storico-artistica-culturale, il GdL ritiene necessario un ingrandimento minimo di 2x in grado di consentire una visione il più possibile ampia del manufatto o di un suo frammento (ottenuto mediante un campionamento mirato). L'acquisizione di immagini FESEM a bassi ingrandimenti è di grande rilevanza considerando l'eterogeneità di alcune tipologie di manufatti/materiali e la maggiore rappresentatività di un'area analizzata che sia la più ampia possibile. Tale capacità operativa a bassi ingrandimenti è associata

DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY

T: +39.06 90 672 484 F: +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it W: www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 P.IVA: 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

alla possibilità inderogabile di raggiungere alti ingrandimenti con zoom in continuo fino a 2.000.000x ed un'alta risoluzione spaziale di almeno 0,6 nm a 15 kV e 0,9 nm a 1 kV (BDM) in alto vuoto con rivelatore di elettroni secondari. Queste caratteristiche rendono il sistema di analisi altamente versatile ed ideale per lo studio di materiali eterogenei e di nanomateriali.

- Massima altezza del campione di 95 mm con elemento di rotazione e di 136 mm senza elemento di rotazione. La possibilità di inserire in camera oggetti di grandi dimensioni è dirimente per l'analisi di materiali, dispositivi e manufatti eterogenei che non possano essere campionati. Ad esempio, i manufatti che fanno parte del nostro patrimonio culturale per il loro valore artistico, storico o sociale hanno spesso un valore unico ed inestimabile. In molti casi, non è possibile prelevare dal manufatto una o più porzioni di materiale da analizzare poiché questo indurrebbe delle alterazioni irreversibili. L'inserimento dell'intero oggetto all'interno della camera di analisi presenta un duplice vantaggio: da un lato si evitano i danni indotti da un eventuale campionamento e dall'altro lato permette di estendere l'analisi ad un maggior numero di aree di interesse. Inoltre, l'operazione di campionamento oltre a danneggiare in modo irreversibile il materiale può generare delle alterazioni e contaminare il materiale oggetto di indagine. L'esigenza di introdurre all'interno della camera di analisi oggetti di grandi dimensioni è di particolare rilevanza non solo per il settore dei beni culturali ma anche per le indagini condotte su oggetti unici e di grande valore.
- Tavolino traslatore compocentrico motorizzato su 5 assi con escursioni sugli assi X e Y di 130 mm, sull'asse Z di 95 mm e con tilt da -60° a +90°. La movimentazione del campione può essere effettuata con ampie escursioni in modo continuo e senza interruzioni causate da fermi meccanici. Questo facilita notevolmente lo studio di oggetti ingombranti. Inoltre, come discusso al punto precedente, l'ampia escursione lungo l'asse Z rende possibile l'analisi di oggetti con altezza massima fino a 95 mm in presenza dell'elemento di rotazione.
- Sostanzioso rendering grafico in 3D ed in tempo reale dello spostamento del tavolino portacampioni all'interno della camera del SEM utile per evitare collisioni accidentali tra il campione ed i rivelatori presenti in camera. Tale opzione risulta di particolare importanza in un sistema di analisi dotato di molteplici rivelatori. Le collisioni accidentali tra campione e rivelatori potrebbero danneggiare sia il campione che il sistema di analisi compromettendone la funzionalità. Il rendering grafico in 3D consente quindi di preservare l'integrità della piattaforma analitica e degli oggetti analizzati. Tale azione è inoltre coadiuvata da un sensore che blocca il movimento del tavolino quando il campione tocca una qualsiasi parte della camera di lavoro.
- Sistema attivo di smorzamento delle vibrazioni ambientali a tecnologia piezoelettrica, totalmente integrato nello chassis del SEM. I motori piezoelettrici integrati nello chassis della colonna compensano ad altissima velocità le vibrazioni lette dagli accelerometri integrati. Questo permette di smorzare le vibrazioni ambientali migliorando le condizioni di analisi e minimizzando le eventuali interferenze esterne anche quando si opera ad altissimi ingrandimenti.
- Corrente di fascio minima di 2 pA o inferiore e corrente di fascio massima di almeno 400 nA. La possibilità di utilizzare valori di corrente di fascio modificabili in un ampio intervallo consente di selezionare la modalità analitica più adatta alla natura del campione. L'utilizzo di bassi valori di corrente di fascio permette di minimizzare eventuali problemi di caricamento e modifiche del materiale analizzato. Alti valori di corrente di fascio rappresentano un vantaggio nell'analisi quantitativa di elementi a bassa concentrazione, come nel caso delle leghe metalliche.
- Algoritmo per il calcolo in tempo reale della forma del fascio elettronico e relativa ottimizzazione in base ai parametri selezionati dall'utente. Controllo e modulazione in continuo della corrente di

DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY

T: +39.06 90 672 484 **F:** +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it **W:** www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 **P.IVA:** 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma - Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372

fascio e della dimensione dello spot elettronico. Tale requisito consente di modificare in continuo, semplicemente via software, la geometria del fascio, adattandolo alle condizioni di imaging o analisi richieste dall'operatore. Inoltre, vista l'assenza di aperture meccaniche nella colonna, non si hanno fenomeni di contaminazioni delle stesse, prima causa di astigmatismo.

Sulla base delle informazioni disponibili online sui siti ufficiali dei potenziali fornitori e/o da loro fornite, risulta che gli altri strumenti presi in considerazione, pur essendo dei microscopi elettronici a scansione ad ultra-alta risoluzione, non possiedono contemporaneamente tutte le specifiche richieste e sopra elencate.

4. Conclusioni

Dall'esame comparativo delle caratteristiche dei cinque microscopi risulta che, allo stato attuale, il Microscopio Elettronico con il sistema di analisi MAGNA UHR FESEM-EDS integrato con un microscopio confocale Raman Renishaw, commercializzato dalla Tescan Orsay Holding, rappresenta al momento l'unica soluzione presente sul mercato che per ragioni di natura tecnica sia in grado di soddisfare al meglio e contemporaneamente tutti i requisiti minimi richiesti.

Il costo stimato a disposizione dell'amministrazione per l'acquisto del Microscopio Elettronico MAGNA UHR FESEM-EDS della Tescan Orsay Holding integrato con il microscopio confocale Raman Renishaw è di € 737.000,00 (Euro Settecentotrentasettemila/00), incluso trasporto ed installazione.

DIREZIONE VIA SALARIA KM 29,300 - 00015
MONTEROTONDO STAZIONE (ROMA) ITALY

T: +39.06 90 672 484 **F:** +39.06 90 672 372

E: segreteria@ismn.cnr.it **W:** www.ismn.cnr.it

C.F.: 80054330586 **P.IVA:** 02118311006

BOLOGNA

Via Piero Gobetti, 101
40129 Bologna - Italy

T: +39.051 639 8513

F: +39.051 639 8540

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153
90146 Palermo - Italy

T: +39.091 680 9360

F: +39.091 680 9399

ROMA SAPIENZA

P.le Aldo Moro, 5
00185 Roma- Italy

T: +39.06 90 672 484

F: +39.06 90 672 372