

**Procedura aperta per la fornitura di un Diffrattometro a
Raggi X per lo studio dei materiali per l'ingegneria
CIG 8039038804 - Gara telematica n. 84982**

CAPITOLATO PRESTAZIONALE

DEFINIZIONI

Aggiudicatario	Il Concorrente primo classificato nella graduatoria di valutazione delle Offerte ratificata da UniTrento.
Appaltatore	Il soggetto vincitore della Gara, con il quale UniTrento firmerà il Contratto.
Apparecchiatura / Sistema di misura	Diffrattometro a Raggi X per lo studio dei materiali per l'ingegneria
AVCPass	Banca dati nazionale istituita presso l'A.N.A.C. per la verifica del possesso dei requisiti generali e speciali per la partecipazione alla Gara.
Capitolato prestazionale	Il presente documento, che definisce le caratteristiche tecniche della Fornitura.
Capitolato Speciale	Il documento contenente le condizioni generali del Contratto che sarà stipulato fra UniTrento e l'Aggiudicatario.
Concorrente	Ciascuno dei soggetti, siano essi in forma singola o raggruppata/raggruppanda, che presenteranno Offerta per la Gara.
Contratto	Il contratto di appalto che sarà stipulato fra UniTrento e l'Aggiudicatario.
DICAM	Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università di Trento.
Direttore dell'esecuzione del Contratto	La persona fisica, all'uopo indicata da UniTrento, con il compito di gestione del rapporto contrattuale con l'Appaltatore.
Disciplinare di Gara	Il documento che fornisce ai Concorrenti le informazioni necessarie alla preparazione e presentazione dell'Offerta, nonché i criteri di valutazione e di aggiudicazione.
Documenti di Gara	I seguenti documenti: Bando di Gara, Disciplinare di Gara, Capitolato Speciale, Capitolato Prestazionale e loro allegati, che nel loro insieme

Capitolato prestazionale

	forniscono ai Concorrenti i criteri di ammissione alla Gara, le informazioni necessarie alla preparazione e presentazione dell'Offerta, i criteri di valutazione delle offerte e di scelta dell'Aggiudicatario. Detti documenti sono parte integrante del rapporto contrattuale.
Fornitura	L'oggetto dell'appalto.
Mandatario	Per i Concorrenti raggruppati o raggruppandi, il componente che assume il ruolo di capofila del gruppo costituito o costituendo.
Offerta	L'offerta tecnica ed economica che ciascun Concorrente deve presentare per partecipare alla Gara.
Opzione	Integrazione della fornitura.
Rappresentante del Concorrente	Colui che la legge o la volontà delle parti indica come rappresentante del Concorrente nel corso della Gara.
Responsabile dell'Appaltatore	La persona fisica indicata dall'Appaltatore per la gestione del Contratto con funzioni di coordinamento e di garanzia al buon funzionamento della Fornitura.
Responsabile del procedimento di gara	Dott.ssa Elisabetta Endrici; pec: ateneo@pec.unitn.it .
UniTrento	L'Università di Trento.

PREMESSA

Il sistema di misura – Diffrattometro a raggi X per lo studio dei materiali per l'ingegneria - è centrale per le attività che riguardano un ampio settore di ricerca, sviluppo e formazione nella scienza e tecnologia dei materiali per l'ingegneria. Tra i temi trattati, per citarne solo alcuni, in primis il settore dei materiali per l'energia (ad. es. assorbitori per celle fotovoltaiche a film sottile; catalizzatori metallici nanocristallini di nuova generazione per celle a combustibile; membrane ed elettrodi per celle a combustibile; materiali termoelettrici, ceramici avanzati per batterie e accumulatori), ma anche materiali per edilizia e risparmio energetico (cemento e calcestruzzo: per realizzazione di opere civili e accumulo termico; isolanti ceramici e polimerici), oltre che componenti meccanici strutturali (tubi, lamiere, altri profilati per opere ingegneristiche; componenti meccanici d'acciaio nella trasmissione di motori a combustione interna: effetto di taglio, lavorazione, trattamenti superficiali e diverse condizioni di impiego; rivestimenti protettivi). Il sistema di misura trova impiego in svariati altri settori della ricerca ingegneristica, così come in ambito fisico e chimico, secondo la vocazione fortemente interdisciplinare del laboratorio che ne fa richiesta, aperta alla collaborazione ed alle richieste di uso da parte dell'intero dipartimento. Infine, occorre sottolineare che il sistema di misura oltre ad assolvere alle molteplici necessità della ricerca, sia di carattere scientifico che in collaborazione con le aziende, per la terza missione dell'università, ha un ruolo primario anche nella formazione degli studenti, ad es., nel corso di laurea in Ing. Energetica, Ing. Dell'Ambiente e il territorio, Ing. Civile e nel corso di dottorato DICAM.

Data la collocazione all'interno di un laboratorio di ricerca di un dipartimento caratterizzato da ampia eterogeneità di temi trattati, le attività da svolgere portano spesso ad effettuare misure in condizioni non standard, per casi e campioni ad hoc, su materiali diversi, spesso di composizione non nota, e diversi di volta in volta. Tutto ciò richiede massima flessibilità e

Capitolato prestazionale

rapida adattabilità della strumentazione, con una configurazione confacente l'esperienza più che trentennale del laboratorio proponente; ma al contempo, data la dichiarata vocazione verso la ricerca più avanzata, l'analisi del dato sperimentale va ordinariamente oltre gli aspetti qualitativi e le metodologie tradizionali.

A titolo di esempio, queste sono alcune misure spesso effettuate.

- (1) analisi di tensioni residue su componenti meccanici anche di volume/peso cospicuo, con geometrie di tilt ψ e ϕ , ma anche con geometria ω -tilt, su aree definibili riquadrando opportunamente il footprint della radiazione uscente dall'ottica policapillare (con slitte x-y);
- (2) analisi di fase e di tensione residua su film sottili, in condizioni di grazing angle (utilizzando fascio linea e ω -tilt);
- (3) misure di tessitura con fascio pseudoparallelo e tilt ψ, ϕ per ottenere figure polari da superfici di componenti massivi e/o strati sottili e rivestimenti;
- (4) misure di identificazione e quantificazione di fasi (ad es. austenite residua in componenti di acciaio) su aree ridotte, anche non piane, e particolari geometrici di componenti meccanici, utilizzando fascio punto opportunamente riquadrato dalle slitte x-y;
- (5) tradizionali misure di polveri e materiali policristallini (con le appropriate ottiche, fascio linea);
- (6) misure con tool per in-situ: ciò richiede il montaggio sulla culla del goniometro 4 cerchi di dispositivi (attachment) specifici, quali spinner per capillari, macchine per prove meccaniche e condizionamento dell'atmosfera e della temperatura.

1. CARATTERISTICHE GENERALI

Diffattometro a raggi X, con sorgente radiogena costituita da tubi sigillati ad anodo metallico e generatore ad alta tensione, con ottiche:

Capitolato prestazionale

- di tipo “punto” con policapillare (con slitte x-y con regolazione micrometrica a partire da $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$, fino ad almeno $4 \times 4 \text{ mm}^2$) per fascio pseudo-parallelo con divergenza non superiore a 0.35° ;
- di tipo “linea”, per fascio divergente, con tradizionali slitte equatoriali e di Soller per analisi di materiali policristallini e predisposizione per impiego diretto di ottiche a specchio parabolico (tipo multilayer o Goebel mirror).

La sorgente radiogena deve poter passare da “punto” a “linea” per semplice rotazione della cuffia, utilizzando tradizionali sealed X-ray tubes. Il goniometro, orizzontale o verticale, ma comunque a “4 cerchi”, in grado di movimentazioni θ e 2θ , tilt ψ con escursione almeno di 90° (meglio se da -90° a 90°) e rotazione ϕ di 360° , movimentazione x-y-z del campione. Il sistema dovrà essere in grado di movimentare campioni con peso fino ad almeno 1 Kg senza limitazione nella precisione dei movimenti. Sistema di puntamento meccanico, meglio se combinato con l’ottico (supportato da Laser e microscopio o telecamera). Rivelatore tipo strip – High Resolution Position Sensitive, o comunque a stato solido di tipo ibrido, lineare con possibilità 2D anche su porzione angolare limitata, risoluzione in energia elevata: non inferiore al 5-6% riferito alla radiazione Cu (In dettaglio: non peggiore di 450eV su 8000eV), così da limitare o eliminare del tutto segnali spuri. Predisposizione per l’impiego alternativo – sempre senza alcuna procedura di riallineamento – di un tradizionale rivelatore scintillatore con monocromatore sul fascio diffratto, anche se non richiesto/indispensabile nell’attuale fornitura.

2. REQUISITI TECNICI MINIMI DEL SISTEMA

Il presente documento descrive i requisiti minimi essenziali che dovrà presentare il sistema di misura. Il mancato rispetto anche di uno solo di tali requisiti minimi comporterà esclusione dell’offerta.

Capitolato prestazionale

È inoltre fondamentale incrementare ai massimi livelli commercialmente ottenibili le specifiche di sicurezza, per la presenza di diversi operatori attivi sulla macchina. Per questi motivi è indispensabile disporre di un'apparecchiatura con le caratteristiche specifiche elencate di seguito. Si precisa comunque che:

1. Tutte queste caratteristiche devono risultare da documentazione tecnica del produttore e non solo di eventuale rivenditore, con specifiche tecniche in originale;
2. L'apparecchiatura per misure di diffrazione dei raggi X (XRD) deve essere basata su un goniometro orizzontale (e relativa elettronica di controllo) a due assi (motorizzati) $\theta/2\theta$. Nel centro del goniometro deve essere installata una culla di Eulero a due assi (motorizzati e con relativa elettronica di controllo) ϕ e ψ . La culla dovrà prevedere un piatto portacampioni a tre gradi di libertà x, y e z (motorizzati e con relativa elettronica di controllo). Il sistema dovrà essere in grado di movimentare campioni con peso fino ad almeno 1 Kg senza limitazione nella precisione dei movimenti. Il montaggio dei campioni dovrà essere assistito da opportuno strumento per la misura del punto esatto di misura; a tale scopo il requisito minimo è uno strumento meccanico (Dial indicator, ovvero "tastatore" meccanico per determinare il punto e la quota della superficie da analizzare)
3. Il goniometro dovrà essere installato all'interno di un cabinet che risponda a tutte le norme italiane sulla sicurezza relativa alle radiazioni ionizzanti.
4. Il raggio del goniometro deve essere di almeno 250 mm.
5. L'alimentazione dell'apparecchiatura potrà essere mono o trifase con tensioni 220-230/380-400 V; il sistema di misura dovrà essere provvisto di cavo di alimentazione e dovrà essere in possesso di marchiatura CE.
6. Il sistema di misura dovrà essere provvisto di un generatore di raggi X basato su tecnologia allo stato solido, di potenza pari ad almeno 3kW; il generatore dovrà essere

Capitolato prestazionale

- opportunamente raffreddato, preferibilmente ad aria. Il generatore dovrà essere comandato in remoto attraverso il software dello strumento.
7. Il sistema di misura dovrà essere dotato di una cuffia (raffreddata a liquido) che permetta l'installazione dei più comuni tubi ceramici sigillati per generazione dei raggi X (Cu, Fe, Co).
 8. La cuffia dovrà consentire la rotazione del tubo per passare rapido e preciso da fascio punto a fascio linea e viceversa.
 9. Il sistema di misura dovrà essere fornito completo di tubo sigillato per generazione dei raggi X di tipo LLF (Long Line Focus) per radiazione da anodo di Cobalto.
 10. Il sistema di misura dovrà essere fornito completo dei filtri per la riduzione/eliminazione della componente $K\beta$ e riduzione della radiazione di fondo relativi alle comuni radiazioni (Cu, Cr, Fe, Co, Mo).
 11. Il sistema di misura dovrà essere fornito completo di ottica policapillare per fascio pseudo-parallelo (divergenza non superiore a 0.35°), idonea primariamente per misure XRSA e Texture (si veda oltre). Tale ottica dovrà prevedere la definizione della dimensione del fascio emergente tramite slitte x-y con regolazione micrometrica, quindi ortogonali tra loro ed al fascio di raggi X, con dimensione controllabile minima di 0.5mm x 0.5mm, fino all'apertura massima del policapillare.
 12. Il sistema di misura dovrà essere fornito completo di rivelatore (detector e relativa elettronica di gestione) basato su tecnologia allo stato solido per impiego 0D, 1D e 2D o equivalente (ovvero rivelazione puntuale, lineare o su area), con discriminazione elettronica dell'energia della radiazione, con possibilità aggiuntiva di impiegare monocromatore. Il sensore del rivelatore dovrà essere raffreddato ad aria.

Capitolato prestazionale

13. Il sistema di misura dovrà essere fornito completo di slitte di Soller (assiali) che garantiscano una divergenza non superiore a $2,5^\circ$.
14. Il sistema di misura dovrà essere fornito completo di ottiche primarie e secondarie per misure XRD per polveri (slitte da 4° , 2° , 1° , $0,5^\circ$, $0,25^\circ$, $0,125^\circ$ o equivalenti).

3. OPERAZIONI

L'apparecchiatura dovrà permettere di effettuare tutte le tipologie di analisi svolte da un laboratorio di XRD per lo studio dei materiali, quali:

- a) identificazione e quantificazione delle fasi cristalline, anche in presenza di frazioni amorfe, in campioni costituiti da polveri, aggregati, materiali massivi, rivestimenti e film sottili;
- b) determinazione della deformazione residua dalla misura accurata della posizione dei segnali di diffrazione in funzione dell'orientazione dei campioni rispetto al fascio di raggi X; tali misure devono permettere l'analisi della autotensioni residue (XRSA), anche su componenti meccanici di volume/peso cospicuo (come precisato in precedenza), con geometrie di tilt ψ e rotazione ϕ , ma anche con geometria ω -tilt, su aree definibili riquadrando opportunamente l'impronta della radiazione uscente dall'ottica policapillare mediante slitte x-y;
- c) analisi in condizioni di angolo radente, fino alla condizione di riflessione totale, per la geometria idonea a studiare film sottili, rivestimenti e strati superficiali (condizioni di *grazing angle*, utilizzando fascio linea e ω -tilt);
- d) misure di orientazione preferenziale delle fasi cristalline (tessitura o texture) con fascio pseudoparallelo e tilt ψ, ϕ per ottenere figure polari da superfici di componenti massivi e/o strati sottili e rivestimenti; misura di *rocking curve*;

Capitolato prestazionale

- e) tradizionali misure di polveri e materiali policristallini (con le appropriate ottiche, basate su fascio linea); misura accurata del profilo dei picchi di diffrazione su tutto l'intervallo angolare accessibile al goniometro $\theta/2\theta$;
- f) possibilità di misure con dispositivi (tool) per analisi in-situ: ciò richiede il montaggio sulla culla del goniometro 4 cerchi di dispositivi specifici, quali spinner per capillari, macchine per prove meccaniche, camere per condizionamento dell'atmosfera e della temperatura;
- g) procedure di allineamento e controllo non solo automatiche ma gestite, di base, dall'operatore

4. SISTEMA DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Il Sistema dovrà essere completo di adeguato sistema di acquisizione e gestione dei dati e controllo dell'apparecchiatura, oltre che gestire le procedure di allineamento e di controllo come specificato in precedenza. In particolare, si richiede che il software dell'Apparecchiatura consenta di:

- 1) visualizzare in tempo reale ed in *post-processing* le misurazioni durante l'acquisizione dati;
- 2) visualizzare la configurazione del sistema di misura ed esplicitare in modo chiaro la natura di eventuali errori/avvertimenti su malfunzionamenti del sistema di misura e su possibili conflitti causati nelle impostazioni fornite dall'utente.
- 3) gestire la strumentazione da remoto.

5. TEST DI FUNZIONALITÀ ESEGUITI DALL'APPALTATORE

Dopo l'installazione, l'Appaltatore dovrà eseguire i test di funzionalità da effettuare alla presenza di personale designato da UniTrento. I risultati di detti test di funzionalità, che riguarderanno i requisiti minimi di cui al punto 2 e il raggiungimento delle risoluzioni richieste

Capitolato prestazionale

in tutte le modalità operative di cui ai punti 3 e 4, nonché tutte le funzionalità previste dai Documenti di gara, saranno riportati in idoneo documento che certifichi la corretta operatività dell'intero sistema e la conformità alle leggi. L'Appaltatore rilascerà al termine di questa fase il certificato di calibrazione del sistema.

6. VERIFICA DI CONFORMITA'

Il certificato verifica di conformità sarà emesso nei termini previsti dall'art. 102 del D.Lgs. 50/2016 dall'esecuzione con esito positivo dei test di funzionalità (di cui al punto 5 che precede) e riguarderà la verifica di tutti i requisiti minimi descritti in precedenza e le operazioni di cui al punto 3. La verifica sarà effettuata da UniTrento in presenza dei tecnici dell'Appaltatore.

7. FORMAZIONE DEL PERSONALE E DOCUMENTAZIONE TECNICA

L'Appaltatore dovrà addestrare all'utilizzo del Sistema il personale designato da UniTrento. L'Appaltatore è inoltre tenuto a fornire i manuali e ogni altra documentazioni tecnica, redatti in lingua italiana, ove esistenti, o inglese, idonei ad assicurare il funzionamento del sistema, i manuali di servizio (service manual), i manuali e le istruzioni concernenti le procedure di calibrazione e di lavoro, la diagnostica e l'utilizzo (avviamento, fermi, interventi per guasti, operazioni consentite in fase di elaborazione, ecc.).

La documentazione inerente alla sicurezza dovrà essere consegnata almeno in inglese.

8. GARANZIA/MANUTENZIONE

Manutenzione/riparazione minima garantita per almeno 48 mesi a decorrere dal certificato di verifica di conformità e con le modalità di cui al punto 8.1 e 8.2 che seguono. In particolare è richiesta una garanzia omnicomprensiva di almeno 24 mesi seguita da un servizio di

Capitolato prestazionale

manutenzione che inizia dal termine della garanzia omnicomprensiva fino al raggiungimento del 48esimo mese compreso.

8.1 GARANZIA OMNICOMPENSIVA di 24 mesi

L'Appaltatore deve garantire che il sistema fornito sia privo di vizi, difetti di fabbricazione o di funzionamento. L'Appaltatore è, pertanto, obbligato a eliminare a proprie spese senza alcun onere per UniTrento, tutti i vizi, i difetti, le imperfezioni e le difformità manifestatisi durante il periodo di garanzia sui beni oggetto della fornitura, ancorché dipendenti da vizi di costruzione o da difetto dei materiali impiegati e non rilevati in sede di verifica di conformità. Nelle suddette ipotesi l'Appaltatore dovrà intervenire con personale specializzato entro 10 giorni lavorativi dal ricevimento della chiamata inoltrata dal Direttore dell'esecuzione del contratto per la sostituzione delle parti non funzionanti e il ripristino della funzionalità del sistema. Ove si rendesse necessario l'Appaltatore dovrà provvedere al ritiro del sistema e alla sostituzione con uno nuovo e funzionante.

La garanzia di cui al presente paragrafo non esclude la responsabilità dell'Appaltatore secondo la disciplina di diritto civile relativa alla vendita.

Il servizio di garanzia dovrà prevedere le seguenti prestazioni:

- aggiornamento del software e relativa formazione del personale per le nuove versioni;
- supporto telefonico e/o da remoto da parte di personale tecnico specializzato in grado di comprendere e risolvere le problematiche connesse con l'utilizzo del sistema. Detto servizio deve essere garantito tutti i giorni lavorativi (5 giorni a settimana) per almeno 8 ore.

Illimitati interventi di assistenza presso UniTrento: nel caso in cui il supporto telefonico e/o da remoto non sia risolutivo, l'Appaltatore dovrà inviare presso UniTrento un idoneo tecnico specializzato entro e non oltre 10 giorni dalla prima richiesta di assistenza. L'intervento dovrà

Capitolato prestazionale

essere concluso positivamente entro e non oltre 15 giorni lavorativi dalla data del primo intervento del suddetto tecnico.

Tali servizi di assistenza sono comprensivi di spese di viaggio, spese di soggiorno, mano d'opera, attrezzi, di parti di ricambio (ad esclusione degli elementi di consumo, detector e Generatore HT) necessari all'intervento e relative spese di spedizione.

Qualora l'Appaltatore provasse che i guasti o i malfunzionamenti fossero stati determinati per dolo del personale appartenente a UniTrento o da questa incaricato, le spese di riparazione, che l'Appaltatore è comunque tenuto a eseguire nei termini stabiliti nel presente comma, sono a carico di UniTrento.

8.2 CONTRATTO DI MANUTENZIONE

Durante il periodo di manutenzione l'Appaltatore dovrà eseguire, a proprio carico:

- supporto telefonico e/o da remoto da parte di personale tecnico specializzato in grado di comprendere e risolvere le problematiche connesse con l'utilizzo del sistema. Detto servizio deve essere garantito tutti i giorni lavorativi (5 giorni a settimana) per almeno 8 ore.
- un intervento annuo di manutenzione ordinaria dell'Apparecchiatura preventiva, più una seconda visita in caso di necessità/emergenza per riparazione.

Durante l'intervento annuo di manutenzione ordinaria preventiva il tecnico qualificato dovrà verificare il corretto funzionamento delle componenti hardware e software utilizzate per effettuare le misure, al fine di evitare il decadimento nel tempo delle prestazioni dell'Apparecchiatura. Fino al secondo intervento annuale il servizio di manutenzione è comprensivo di tutti gli oneri: spese di viaggio, spese di soggiorno, mano d'opera, attrezzi, parti di ricambio (ad esclusione degli elementi di consumo, detector e Generatore HT) necessari all'intervento per il ripristino del sistema.

Capitolato prestazionale

Dal terzo intervento (Opzione) in poi gli oneri di intervento (quali spese di viaggio, spese di soggiorno, mano d'opera) saranno a carico di UniTrento e dovranno essere scontati di almeno il 20% rispetto al prezzo di Listino del dell'Appaltatore in vigore al momento della richiesta.

L'Appaltatore è comunque tenuto a eseguire gli interventi di riparazione nei termini stabiliti nel precedente comma 8.1.

9. OPZIONE MANUTENZIONE

Al termine dei 48 mesi di garanzia/manutenzione (punto 8) o eventuale altro termine addizionale offerto, l'Appaltatore dovrà garantire di poter fornire un servizio, non più di garanzia omnicomprensiva, ma di assistenza e di manutenzione per un periodo di almeno 1 anno sui beni oggetto della fornitura. Il servizio fornito dovrà rispecchiare quanto esposto al punto 8.2.

Sempre in Opzione si prevede inoltre, al termine del periodo di garanzia:

1. interventi aggiuntivi imprevisti.
2. La sostituzione della lampada radiogena (tubo a raggi X).

10. OPZIONE ACCESSORI

UniTrento si riserva la possibilità di acquistare, entro 36 mesi dalla stipula del contratto, i seguenti pacchetti aggiuntivi (Goebel Mirror):

- Goebel Mirror – ottica multistrato per radiazione Cobalto;
- Goebel Mirror – ottica multistrato per radiazione Cu;
- Goebel Mirror – ottica multistrato per radiazione Mo.

11. RITIRO ATTREZZATURA IN USO

Su richiesta di UniTrento l'Appaltatore dovrà provvedere al ritiro e allo smaltimento del Diffratometro Panalytical (ex Philips) X'Pert MRD (anno installazione 1996) attualmente in uso presso il DICAM. L'Appaltatore dovrà fornire idonea documentazione di avvenuto ritiro e corretto smaltimento della vecchia apparecchiatura.

Ogni onere per lo smontaggio, il trasporto e lo smaltimento e quant'altro necessario per il ritiro dell'attrezzatura in uso sarà a completo carico dell'Appaltatore.