

PROCEDURA APERTA SOPRA SOGLIA COMUNITARIA AI SENSI DELL'ART. 71 DEL D. LGS. N. 36/2023, PER L'AFFIDAMENTO DELLA FORNITURA DI UNA PIATTAFORMA PER L'ACCELERAZIONE DI MATERIALI E DISPOSITIVI "MATERIALS AND DEVICES ACCELERATION PLATFORM - MADAM" CON IL CRITERIO DELL'OFFERTA ECONOMICAMENTE PIÙ VANTAGGIOSA SULLA BASE DEL MIGLIOR RAPPORTO QUALITÀ/PREZZO NELL'AMBITO DEL PIANO NAZIONALE RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) MISSIONE 4, "Istruzione e Ricerca" - COMPONENTE 2, "dalla Ricerca all'Impresa" - LINEA DI INVESTIMENTO 3.1, "Rafforzamento e creazione di IR nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza" - NextGenerationEU - PROGETTO "iENTRANCE" - INFRASTRUCTURE FOR ENERGY TRANSITION AND CIRCULAR ECONOMY@ EURONANOLAB, PRESSO LA SEDE DI TITO SCALO (PZ) DELL'ISTITUTO DI STRUTTURA DELLA MATERIA - ATdR CNR POTENZA - CUP B33C22000710006 - CIG B324B15C36

CAPITOLATO TECNICO

1.	PREMESSE	3
2.	CARATTERISTICHE TECNICHE/FUNZIONALITÀ E DOTAZIONI MINIME DELLA FORNITURA	3
2.1.	DESCRIZIONE DELL'APPALTO	3
2.2.	AMBITO DELL'APPALTO	4
2.3.	CONFIGURAZIONE MINIMA DELLA FORNITURA	4
2.3.1.	AIC#1.....	4
2.3.2.	AIC#2.....	9
2.3.3.	AIC#3.....	11
2.3.4.	AIC#4.....	15
2.3.5.	MINIMA CAPACITÀ DI PRODUZIONE E CARATTERIZZAZIONE DI CELLE SOLARI DELLA PIATTAFORMA	18
2.3.6.	SOFTWARE E HARDWARE IT.....	18
2.3.7.	ALTRI REQUISITI.....	19
2.4.	ULTERIORI CARATTERISTICHE DELLA FORNITURA	20
2.4.1.	INSTALLAZIONE E AVVIO OPERATIVO	20
2.4.2.	FORMAZIONE	20
2.4.3.	GARANZIA	20
2.4.4.	ASSISTENZA TECNICA, SUPPORTO E MANUTENZIONE	20
3.	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA FORNITURA.....	21
3.1.	LUOGO DI CONSEGNA E INSTALLAZIONE	21
3.2.	TERMINI DI CONSEGNA E INSTALLAZIONE	21
4.	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL contratto	21
4.1.	AVVIO DELL'ESECUZIONE	21
4.2.	SOSPENSIONE DELL'ESECUZIONE	21
4.3.	TERMINE DELL'ESECUZIONE	21
5.	PENALI.....	22
6.	MODALITÀ DI RESA	23
7.	ONERI ED OBBLIGHI DELL'AGGIUDICATARIO	23
8.	SICUREZZA SUL LAVORO.....	24
9.	DIVIETO DI CESSIONE DEL CONTRATTO	24
10.	VERIFICA DI CONFORMITÀ DELLA FORNITURA.....	24
11.	FATTURAZIONE E PAGAMENTO	25
12.	TRACCIABILITÀ DEI FLUSSI FINANZIARI	26
13.	RISOLUZIONE DEL CONTRATTO	26

1. PREMESSE

La Stazione Appaltante Istituto di Struttura della Materia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISM-CNR) intende procedere mediante procedura di Gara Aperta sopra soglia all'affidamento della fornitura, installazione e resa operativa di una piattaforma per l'accelerazione della definizione di nuovi materiali e dispositivi, "*MAterials and Devises Aceleration PlatforM* - MADAM", da consegnare e installare presso la propria Sede di Tito Scalo (PZ) sita in C.da S. Loja - Area Industriale, 85050 Tito Scalo (PZ) – ITALIA, come al successivo paragrafo § 3.1.

Il Capitolato Tecnico della presente fornitura, rientra negli investimenti infrastrutturali di ricerca previsti per l'Unità Operativa con Sede in Tito Scalo (PZ) dell'Istituto di Struttura della Materia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISM-PZ), partecipante al progetto "*infrastructure for ENergy TRANSition and Circular Economy@EuroNanoLab – iENTRANCE@ENL*", finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca - Direzione Generale per l'Internazionalizzazione e la Comunicazione - Avviso Pubblico n. 3264 del 28/12/2021 per la presentazione di proposte progettuali per "Potenziamento e Creazione di Infrastrutture di Ricerca" - Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza - Missione 4, "Istruzione e Ricerca" - Componente 2, "Dalla Ricerca all'Impresa" - Linea di Investimento 3.1, "Fondo per la creazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione", Azione 3.1.1 (PNRR M4/C2/L 3.1.1) finanziata dall'Unione Europea - Next Generation EU.

Decreto di ammissione al finanziamento Prot. N. 128 del 21/06/2022 registrato con esito positivo dei controlli di regolarità da parte dell'Ufficio Centrale di Bilancio, Prot. 3652 del 28/06/2022, e della Corte dei Conti, Prot. n. 1929 del 20/07/2022.

2. CARATTERISTICHE TECNICHE/FUNZIONALITÀ E DOTAZIONI MINIME DELLA FORNITURA

L'offerta del concorrente deve rispettare tutte le caratteristiche tecniche, funzionalità e dotazioni minime della fornitura stabilite nel presente paragrafo, pena l'esclusione dalla procedura di gara.

2.1. Descrizione dell'appalto

Il presente appalto è volto alla fornitura, installazione e resa operativa di una piattaforma per accelerare la definizione di nuovi materiali e dispositivi, "*MAterials and Devises Aceleration PlatforM* - MADAM", da installare presso la Sede di Tito Scalo (PZ) dell'Istituto di Struttura della Materia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISM) sita in C.da S. Loja - Area Industriale, 85050 Tito Scalo (PZ) - ITALIA. La piattaforma è costituita da un insieme complesso di attrezzature robotiche automatizzate e sistemi di movimentazione ad alta precisione che consentono, in condizioni ambientali ben definite e controllate, la deposizione ad alta velocità dei vari strati dei materiali utilizzati e la loro caratterizzazione online, nonché di tutte le proprietà tecnologiche dei dispositivi ottenuti, con una riproducibilità > 95%.

La piattaforma MADAM dovrà garantire il raggiungimento di vantaggi significativi nella definizione sia delle proprietà di ogni materiale utilizzato e loro combinazione per la realizzazione di sistemi e dispositivi innovativi adatti alla conversione e all'accumulo di fonti energetiche rinnovabili, in particolare, in accordo con gli obiettivi principali del Next Generation EU, di quella solare. Ciò consentirà, con l'impiego successivo dell'Intelligenza Artificiale (*Artificial Intelligence* – AI) e dell'Autoapprendimento (*Machine Learning* – ML), che non sono oggetto della presente fornitura, una rapida correlazione tra i dati e i metadati di ogni singolo step di processo, insieme all'elaborazione delle proprietà funzionali dei sistemi prodotti, l'accelerazione, di circa un ordine di grandezza, sulla scala dei tempi ad oggi di riferimento, della scoperta e messa a punto di dispositivi tecnologici di conversione e accumulo di energia pulita.

La Stazione Appaltante è l'Istituto di Struttura della Materia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISM-CNR), che copre le competenze multidisciplinari di ricerca richieste da MADAM per lo sviluppo di celle solari a base di perovskite.

2.2. Ambito dell'appalto

L'oggetto del presente appalto riguarda la fornitura, installazione e resa operativa di una piattaforma automatizzata di ricerca di materiali altamente flessibile per l'elettronica stampata per dispositivi fotovoltaici di III generazione a base di sistemi organici o perovskiti ottenute da fase liquida, che prevede la preparazione dei materiali tramite pipettamento e miscelazione di quantità accurate di soluzioni/composti chimici che permettano la formazione/preparazione dei materiali/precursori da depositare nella forma di film sottili tramite spincoating e di ulteriori strati tramite deposizione fisica in fase vapore. Dovrà essere garantito il trasporto di almeno 64 campioni in 8h lavorative, la loro preparazione finemente customizzata e relativa caratterizzazione rapida e automatizzata online sia dei materiali depositati che della loro combinazione in strati successivi con alta risoluzione, accuratezza e riproducibilità, nonché il salvataggio dell'alto flusso dei relativi dati e metadati integrati di processo, leggibili da macchina e che rispettino i principi FAIR, che permettano di disporre di una completa ed esaustiva documentazione digitale al fine di predisporre l'interfaccia per una successiva elaborazione tramite AI e ML, che non sono oggetto della presente fornitura, per individuare le migliori condizioni di produzione per la qualificazione delle proprietà funzionali ricercate attraverso un approccio previsionale e di ottimizzazione closed-loop. La complessità della piattaforma non può prescindere dalle caratteristiche fondanti richieste costituite da un'alta flessibilità, adattabilità, accuratezza e riproducibilità oltre che da ulteriori future espansioni ed implementazioni, che dovranno essere garantite con la fornitura.

La piattaforma MADAM, oggetto della presente fornitura, dovrà prevedere un insieme di quattro Cabine Automatizzate operanti in ambiente Inerte (*Automated Inert Cabin* – AIC) corredate di raccordi (es. Airlock), accessori, strumentazioni scientifiche e sistemi robotici che: a) consentano la deposizione con alta omogeneità e riproducibilità nanometrica di film sottili di materiali organici, a base di perovskiti ed ibridi tramite spincoating e subnanometrica di sistemi inorganici per mezzo di sputtering RF ed evaporazione termica condotte in condizioni di vuoto; b) la caratterizzazione ottica, elettronica e funzionale dei sistemi depositati; c) una infrastruttura SW e HW per la gestione dell'intera piattaforma, dell'interazione uomo-macchina nonché per lo storage dei dati e metadati di processo e loro interfaccia per una successiva fase di elaborazione, anche tramite AI e ML, che non sono oggetto della presente fornitura, oltre a quelli delle caratterizzazioni eseguite, così da favorire, attraverso la scelta guidata, anche in modo automatizzato, dei correttivi da adottare per i vari parametri di processo e definire, quelli migliori da utilizzare per la realizzazione dei materiali e dispositivi in fase di sviluppo con le funzionalità e applicazioni più idonee tra quelle ottenibili secondo un approccio previsionale e di ottimizzazione closed-loop.

La fornitura dovrà prevedere l'installazione, la resa operativa e servizio di manutenzione ordinaria durante l'intero periodo di garanzia.

L'ingombro della linea di produzione della piattaforma MADAM della presente fornitura, composta da almeno 4 AIC e relativi raccordi di collegamento, Airlock e flange, dovrà essere disposta secondo una configurazione lineare senza superare le seguenti dimensioni (lunghezza: 12.5 m; larghezza: 2,5 m; altezza: 2,5 m). Tale linea di 4 AIC deve prevedere la sua possibile implementazione attraverso l'integrazione di un ulteriore AIC di dimensione non superiore ai 2 m in lunghezza e di 2,5 m in larghezza e altezza, mentre le specifiche tecniche richieste per ogni componente della piattaforma MADAM devono rispondere almeno a quelle minime qui di seguito riportate.

2.3. Configurazione minima della fornitura

2.3.1. AIC#1

A seguito del caricamento in apposite unità di alloggiamento/storage dei substrati (es. vetri, quarzo con depositi di ossidi conduttivi quali Transparent Conductive Oxides -TCO, Fluorine doped Tin Oxide - FTO, e wafer di Silicio) da utilizzare per la realizzazione dei dispositivi, saranno depositati almeno tre strati di materiali Electron Transport Layer (ETL), Photoactive Layer (es. Perovskiti - PSK), Hole Transport Layer (HTL) variabili nell'intervallo 3-1000 nm, tramite spin coating e dalla deposizione di contatti metallici finali ottenuti per evaporazione fisica (termica/sputtering a Radio Frequenze – RF). Successivamente alla deposizione di ogni singolo strato ottenuto per

spin coating potrà seguire un trattamento termico, mentre la loro caratterizzazione visiva e spettroscopica di assorbanza UV-Vis e di resistività dovrà essere effettuata a seguito della formazione di ogni strato dopo eventuali trattamenti termici o speciali (e.g. *antisovent quenching*). Il sistema di movimentazione robotico e di pipettamento automatizzato dei componenti che costituiscono, a seguito di miscelazione, i precursori delle singole deposizioni, saranno posti in appositi autocampionatori per Vial, così come le caratterizzazioni visive, spettroscopiche e di resistività dovranno possedere le specifiche tecniche minime qui riportate, ovvero migliorative, come da disciplinare di gara. I parametri di controllo e i relativi dati e metadati acquisiti di processo e di caratterizzazione dovranno essere leggibili da macchina e gestiti secondo i principi FAIR.

AIC#1 – Specifiche tecniche minime per la preparazione e deposizione dei materiali, loro deposizione, trattamento, caratterizzazione visiva, spettroscopica ed elettrica e robot di trasporto dei campioni

N. 1 Cabina Automatizzata Inerte dotata da almeno 4 guanti su due lati e avente le seguenti specifiche tecniche:

- glovebox modulare in acciaio inox 1.4301, bifacciale a 8 guanti (4 guanti per lato):
 - spazio di lavoro: larghezza 2000 mm x altezza 900 mm x profondità 1200 mm ed espandibile a destra/sinistra con anticamera (Airlock) a T dotata di purificatore e fronte della glovebox inclinato o verticale che la collega alla AIC successiva (AIC#2) e una Mini-Airlock che consente il caricamento dei substrati; due finestre in policarbonato e rivestimento resistente all'usura e agenti chimici; n.8 (4+4) guanti circolari, diametro 220 mm incluso guanti in gomma butilica, spessore 0,4 mm, taglia L; illuminazione (montata sul lato anteriore); n. 2 filtri antipolvere HEPA H13 installati all'interno della camera per ingresso e uscita gas; n. 15 flange DN40KF (alluminio, monolaterali) per l'installazione ad es. di passaggi di alimentazione e linee di fornitura di sostanze (vuoto/gas/liquidi) dei sistemi di trasporto/robot e passaggio di alimentazione 220 V (1 fase); almeno N. 6 prese dotate di messa a terra; n. 3 piastre (171,5x231,5 mm) per il cablaggio sulla parete laterale di robot; una barriera fotoelettrica di sicurezza con relé di sicurezza.
 - Mini-Airlock che consente il caricamento manuale dei campioni dall'esterno alla glovebox: diametro 150 mm, lunghezza 300 mm. Tipo 1/3 all'interno e 2/3 all'esterno della glovebox con copertura incernierata su entrambi i lati operabile con una sola mano dotata di valvola a 3 vie per evacuazione e aerazione dell'Airlock corredato di vassoio estraibile in acciaio inossidabile 1.4301/AISI 304.
 - Sistema di purificazione a singola colonna, portata pari ad almeno 88 m³/h:
 - Purificazione del gas per la circolazione a ciclo chiuso nella glovebox;
 - Rimozione ossigeno e umidità <1 ppm (riferito alla glovebox con tasso di perdita ≤0,05 Vol%/h, secondo la norma ISO 10648-2);
 - Volume massima di purificazione: 5 m³ dotata di N. 1 filtro purificatore del gas a colonna;
 - Valvole principali: valvole elettropneumatiche controllate da PLC;
 - Capacità del filtro: 36 l di O₂ (ossigeno) e 1350 g H₂O (umidità);
 - Ventilatore di circolazione: fino a 88 m³/h con controllo in frequenza; ammortizzato dalle vibrazioni, senza generazione di carico termico (scambiatore di calore a raffreddamento ad acqua incluso);
 - Valvole della colonna del filtro: valvole elettropneumatiche;
 - Rigenerazione della colonna del filtro: programma di sequenziamento automatico
 - Unità di controllo: PLC;
 - Pannello touch a colori da 7 pollici;
 - Controllo automatico della pressione della camera con intervallo regolabile tra -15 e +15 mbar (la camera può operare sia in sovrappressione che sotto pressione);
 - Sensore di pressione per la glovebox incluso;
 - Pedale aggiuntivo per poter cambiare la pressione della camera durante il funzionamento;

- Display grafico sull'andamento per 24 ore e 180 giorni della pressione della camera, del valore di O_2 e H_2O (in combinazione con i relativi analizzatori);
 - Pompa da vuoto senza l'uso di alcun lubrificante;
 - Funzione di controllo della glovebox (AIC#1): evacuazione e riempimento semi-automatici controllati tramite pannello touchscreen e SW della piattaforma MADAM.
 - Sistema assorbitore di solventi ossia dotazione di un'unità con controllo automatico capace di rimuovere la contaminazione della glovebox dai vapori di solventi nocivi per il mantenimento dell'atmosfera desiderata dell'ambiente di lavoro
 - Adsorbimento con setaccio molecolare rigenerabile;
 - Rigenerazione con sequenza programmata e controllata da PLC;
 - Operazione tramite pannello touchscreen;
 - Modalità operative sia in linea con rimozione continua dei vapori dei solventi che con la deviazione verso l'unità adsorbente tramite valvole elettropneumatiche ovvero sua esclusione, ad esempio, durante la sostituzione dell'adsorbitore senza interrompere il processo di pulizia del gas;
 - Carico fino a 8,0 kg.
 - Sensore di solventi
 - Dotazione di un sensore a fotoionizzazione (PID) per Composti Organici Volatili (VOC) per rilevare e monitorare la concentrazione in ppm di eventuali VOC presenti nell'atmosfera della glovebox.
 - Funzione di flussaggio per la pulizia della glovebox con gas inerte (per la gestione efficace di contaminazioni eccezionali)
 - Sistema di purificazione della camera dotata di unità per inertizzare lo spazio di lavoro con gas inerte;
 - Funzionamento tramite pannello di controllo del purificatore del gas dotato di valvole controllate da PLC;
 - Portata: max. 200 l/min inclusivo di valvola di regolazione manuale per ridurre il flusso del gas;
 - Tempo massimo di purging programmabile (0-999 min);
 - Le concentrazioni di O_2 e H_2O devono essere leggibili/acquisibili in tempo reale dal SW della piattaforma MADAM durante tutto il processo di purging;
 - Set sensori O_2 , H_2O con controllo di tutte le funzioni e parametri di monitoraggio da PLC
 - Analizzatore di H_2O : intervallo di misura 0-500 ppm; trasduttore a stato solido e output di 0-10 V inclusivo di almeno 3m di cavo;
 - Analizzatore elettrochimico di ossigeno: intervallo di misura 0-1000 ppm; trasduttore a stato solido e output 0-10 V inclusivo di almeno 3m di cavo.
 - Sistema di collettamento degli esausti
 - L'uscita del gas di purging dal sistema di purificazione del gas, così come l'uscita del gas di rigenerazione e di uscita della pompa per vuoto, devono essere combinate in un'unica uscita di scarico. Il sistema di glovebox deve quindi essere collegato solo al sistema di scarico dei gas locali con una singola connessione. Il vapore acqueo dal gas di rigenerazione deve condensarsi in un contenitore di raccolta a controllo automatico per il suo svuotamento. L'emissione nell'ambiente del gas di rigenerazione contenente idrogeno deve categoricamente essere evitata.
- Caratteristiche pompe da vuoto

- sistema dotato di pompe a secco per evitare contaminazione da olio - Pompa Scroll: capacità di aspirazione nominale a piena potenza da almeno 10 m³/h, con filtro delle particelle a monte e silenziatore a valle della pompa; Peso: 25 kg; Potenza: 280 W.
- Modalità Ecologica “ECO mode” di funzionamento della glovebox, come sistemi di pompaggio e di pulizia, per un risparmio energetico, fino al 90%, e una riduzione significativa dell'inquinamento acustico degli ambienti di lavoro:
 - L'ECO mode deve prevedere: lo spegnimento del sistema di pompaggio del vuoto ossia quando le anticamere a vuoto (Airlock) non siano utilizzate per un periodo prolungato di tempo (es. > 4 h); la regolazione della sovrappressione senza che il sistema di pompaggio da vuoto sia in funzione; l'ottimizzazione della velocità del ventilatore per garantire un consumo ridotto di corrente; lo spegnimento automatico delle luci della glovebox.
- Dotazione, all'interno della glovebox, di una Pistola ad azoto fino a una pressione di 6 bar inclusa la connessione all'alimentazione del gas di purificazione.
- N.1 Airlock a T di grandi dimensioni (lunghezza 600 mm e diametro 390 mm) che permetta il trasporto automatizzato dei substrati dall'AIC#1 all'AIC#2.
- N. 4 unità di *storage* per l'alloggiamento, ognuno, di almeno 64 substrati, di cui N. 2 disposti all'inizio (entrata) e N. 2 posti alla fine (uscita) dell'AIC#1.
- Caratteristiche dei portacampioni per i substrati su cui realizzare i dispositivi:
 - poter alloggiare substrati vetro/quarzo - TCO/FTO e wafer Silicio di dimensioni nel piano (x,y) minime di 1,5 cm x 1,5 cm e massime di 2,0 cm x 2,0 cm e spessori minimi di 1,0 mm e massimi di 2,2 mm;
 - essere strutturati per poter consentire il completamento in 2 ore di lavoro di almeno 16 Celle Solari a base di Perovskiti – PSC, composte da tre strati ETL/PSK/HTL ed i relativi contatti metallici.
- Caratteristiche porta flaconi e flaconi/Vial dotati di tappi di chiusura:
 - Alloggiamento per N. 24 Vial;
 - volume Vial ≥ 3,4 ml.
- Specifiche della camera di ispezione visiva:
 - Risoluzione: 5 MPixel/s.
 - Software di riconoscimento immagini e valutazione qualitativa depositi;
 - Tempo massimo della caratterizzazione visiva incluso caricamento/scaricamento del singolo campione ≤ 25 s.
- Specifiche dei Robot di movimentazione:
 - il braccio robotico deve poter essere programmato in modo versatile per muoversi secondo tragitti x,y,z per raggiungere ogni posizione e oggetto di rilievo del ciclo di lavoro in modo automatizzato e garantire tutte le funzionalità di processo come: preparazioni, deposizioni e caratterizzazioni previste nell'AIC#1.
- Caratteristiche degli spincoater programmabili:
 - Numero minimo di spin coater: 3;
 - Dimensioni massime nel piano (x,y) = 200 mm x 200 mm;
 - Collegato a un sistema dotato di pompa da vuoto programmabile per spegnersi automaticamente a pressioni ≤ 15 mbar senza indurre vibrazioni che possano incidere sulla riproducibilità minima richiesta dei film sottili ottenibili;
 - Velocità ≥ 4.000 rpm con step incrementali di 100 rpm;
 - Accelerazione ≥ 4.000 rpm/s con step incrementali di 100 rpm/s.
- Specifiche degli agitatori delle soluzioni:

- Shaker: velocità ≥ 3000 rpm/min; orbita 2 mm; step incrementale di velocità = 1 rpm/min; accuratezza = ± 25 rpm/min; risoluzione minima alla posizione zero = $\pm 0,1$ mm;
 - Stirring magnetico - velocità 500 rpm;
 - $T_{\max}$ di esercizio: 100°C.
- Caratteristiche del sistema di autocampionamento/pipettamento delle soluzioni:
 - Apertura e chiusura automatica dei tappi delle Vial;
 - Sistema di pipettamento con controllo anti-gocciolamento e di presenza di bolle d'aria con segnalazione automatica dell'anomalia e possibilità decisionale predefinito dal SW della piattaforma;
 - Sistema di rilevazione di occlusioni (*clogging detection*);
 - Rilevamento del livello di liquido con le modalità pressione e conducibilità;
 - Accuratezza e precisione del modulo di pipettamento in tre intervalli di volume con l'ausilio di puntali monouso con liquidi di densità di $1\pm 0,01$ g/ml alla $T = 20^\circ\text{C}$ con misurazione su bilancia gravimetrica mediato su 10 misurazioni per volume:
 - a. volume di Test = 10 μl : precisione minima = 6,50%; accuratezza minima = 12,50%;
 - b. volume di Test = 100 μl : precisione minima = 1,25%; accuratezza minima = 2,75%;
 - c. volume di Test = 1000 μl : precisione minima = 1,25%; accuratezza minima = 1,50%.
- Specifiche delle piastre riscaldanti per il trattamento termico dei campioni:
 - Temperatura di annealing $\geq 300^\circ\text{C}$ con variazioni $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ a 100°C e velocità di riscaldamento ≤ 5 min, partendo da 25°C , per raggiungere i 100°C .
- Caratteristiche delle deposizioni dei materiali per spin coating e relativi processi correlati di annealing e di caratterizzazione ottica ed elettrica.
 - N. minimo di processi di deposizione materiali per spin coating: ripetuto almeno 3 volte;
 - N. minimo di annealing dei materiali depositati per spin coating: ripetuto almeno 3 volte;
 - N. minimo di caratterizzazioni spettroscopiche di assorbanza in UV-Vis dei materiali depositati per spin coating e sottoposti a successivi annealing: ripetuto almeno 3 volte;
 - N. minimo di misurazioni di resistività a 4 contatti dei materiali depositati per spin coating e sottoposti a successivi annealing: ripetuto almeno 3 volte;
 - Possibilità tramite SW di depositare strati di materiali per spin coating in modalità speciale:
 - a. *Quenching* tramite gas e/o solventi;
 - b. Deposizione successiva di precursori (*multistep solution spin coating*);
 - c. Spin coating da effettuare su strati di materiali ottenuti per via fisica e provenienti dall'AIC#3.
- Impiego di una Interfaccia Grafica Utente (Graphical User Interface) che consenta visivamente, via SW (*Visual-Design*), la scelta sia dei singoli step di lavorazione/caratterizzazione, ossia deposizione per spin coating, annealing, dei materiali ovvero trattamenti speciali, e relativa definizione spettroscopica di assorbimento UV-Vis e di resistività da eseguire a seguito alle diverse fasi di preparazione dei dispositivi. Il design dell'intero processo dovrà essere in sequenza e di facile utilizzo ossia basato sulla scelta successiva di tutte le lavorazioni disponibili a cui siano associati, e definibili sempre da SW, i relativi parametri di processo regolabili dall'operatore compresa la scelta del numero e tipologia delle caratterizzazioni da effettuare online e automaticamente.
- Presenza di un sistema di pulizia dei bordi dei substrati a seguito di ogni singola deposizione, per spin coating, di materiale.
- Il livello di riproducibilità dell'insieme dei processi di deposizione dovrà essere $\geq 95\%$.
- **Specifiche delle caratterizzazioni spettroscopiche di assorbimento UV-Vis:**
 - Tempo di acquisizione spettro < 10 s/sample;
 - Risoluzione spettrale ≤ 5 nm;
 - Tempo di integrazione ≤ 100 ms;

- Intervallo spettrale di acquisizione: 400-750 nm.
- **Specifiche misure di resistività a 4 contatti in linea per ogni singolo strato di materiale depositato ossia a seguito di eventuale annealing o lavorazione speciale:**
 - compensazione del fattore geometrico per la correzione automatizzata delle geometrie adottate nel ROI e nella sonda
 - intervallo tensione ± 10 V con risoluzione 100 nV;
 - intervallo corrente ± 3 A con risoluzione 100 fA.

2.3.2. AIC#2

I campioni provenienti dall'AIC#1 attraverso l'utilizzo di sistemi di trasporto integrati che non permettano ai campioni di essere contaminati dall'ambiente esterno, ossia attraversando automaticamente dei raccordi di collegamento posti tra AIC#1 e AIC#2 (Airlock) dovranno essere sottoposti a un insieme di caratterizzazioni ottiche-funzionali, flessibili nella loro programmazione e controllabili dalla stessa piattaforma di gestione di MADAM le cui caratteristiche di minima sono di seguito riportate e i cui parametri di controllo delle caratterizzazioni eseguite e i relativi dati e metadati acquisiti dovranno essere leggibili da macchina e gestiti secondo i principi FAIR.

AIC#2 – Specifiche tecniche minime dello stadio di caratterizzazione ottica-funzionale dei materiali depositati e robot di trasporto dei campioni

N. 1 Cabina Automatizzata Inerte dotata da almeno 4 guanti su due lati e avente le seguenti specifiche tecniche:

- glovebox modulare in acciaio inox 1.4301, bifacciale a 8 guanti (4 guanti per lato):
 - spazio di lavoro: larghezza 2000 mm x altezza 900 mm x profondità 1200 mm ed espandibile a destra/sinistra con anticamera (Airlock) a T dotata di purificatore e fronte della glovebox inclinato o verticale; due finestre in policarbonato e rivestimento resistente a chimici e urti; n.8 (4+4) guanti circolari, diametro 220 mm incluso guanti in gomma butilica, spessore 0,4 mm, taglia L; illuminazione (montata sul lato anteriore); n. 2 filtri antipolvere HEPA H13 installati all'interno della camera per ingresso e uscita gas; n. 15 flange DN40KF (alluminio, monolaterali) per l'installazione ad es. di passaggi di alimentazione e linee di fornitura di sostanze (vuoto/gas/liquidi) dei sistemi di trasporto/robot e passaggio di alimentazione 220 V (1 fase); almeno N. 6 prese dotate di messa a terra; n. 3 piastre (171,5x231,5 mm) per il cablaggio sulla parete laterale di robot; una barriera fotoelettrica di sicurezza con relé di sicurezza.
 - Sistema di purificazione a singola colonna, portata pari ad almeno 88 m³/h:
 - Purificazione del gas per la circolazione a ciclo chiuso nella glovebox;
 - Rimozione ossigeno e umidità <1 ppm (riferito alla glovebox con tasso di perdita $\leq 0,05$ Vol%/h, secondo la norma ISO 10648-2);
 - Volume massima di purificazione: 5 m³ dotata di N. 1 filtro purificatore del gas a colonna;
 - Valvole principali: valvole elettropneumatiche controllate da PLC;
 - Capacità del filtro: 36 l di O₂ (ossigeno) e 1350 g H₂O (umidità);
 - Ventilatore di circolazione: fino a 88 m³/h con controllo in frequenza; ammortizzato dalle vibrazioni, senza generazione di carico termico (scambiatore di calore a raffreddamento ad acqua incluso);
 - Valvole della colonna del filtro: valvole elettropneumatiche;
 - Rigenerazione della colonna del filtro: programma di sequenziamento automatico;
 - Unità di controllo: PLC;
 - Pannello touch a colori da 7 pollici;
 - Controllo automatico della pressione della camera con intervallo regolabile tra -15 e +15 mbar (la camera può operare sia in sovrappressione che sotto pressione);
 - Sensore di pressione per la glovebox incluso;

- Pedale aggiuntivo per poter cambiare la pressione della camera durante il funzionamento;
- Display grafico sull'andamento per 24 ore e 180 giorni della pressione della camera, del valore di O₂ e H₂O (in combinazione con i relativi analizzatori);
- Pompa da vuoto senza l'uso di alcun lubrificante;
- Funzione di controllo della glovebox (AIC#2): evacuazione e riempimento semi-automatici controllati tramite pannello touchscreen e SW della piattaforma MADAM.
- Funzione di flussaggio per la pulizia della glovebox con gas inerte (per la gestione efficace di contaminazioni eccezionali):
 - Sistema di purificazione della camera dotato di unità per inertizzare lo spazio di lavoro con gas inerte;
 - Funzionamento tramite pannello di controllo del purificatore del gas dotato di valvole controllate da PLC;
 - Portata: max. 200 l/min inclusivo di valvola di regolazione manuale per ridurre il flusso del gas;
 - Tempo massimo di purging programmabile (0-999 min);
 - Le concentrazioni di O₂ e H₂O devono essere leggibili/acquisibili in tempo reale dal SW della piattaforma MADAM durante tutto il processo di purging;
 - Set sensori O₂, H₂O con controllo di tutte le funzioni e parametri di monitoraggio da PLC;
 - Analizzatore di H₂O: intervallo di misura 0-500 ppm; trasduttore a stato solido e output di 0-10 V inclusivo di almeno 3m di cavo;
 - Analizzatore elettrochimico di ossigeno: intervallo di misura 0-1000 ppm; trasduttore a stato solido e output 0-10 V inclusivo di almeno 3m di cavo.
- Sistema di collettamento degli esausti:
 - L'uscita del gas di purging dal sistema di purificazione del gas, così come l'uscita del gas di rigenerazione e di uscita della pompa per vuoto, devono essere combinate in un'unica uscita di scarico. Il sistema di glovebox deve quindi essere collegato solo al sistema di scarico dei gas locali con una singola connessione. Il vapore acqueo dal gas di rigenerazione deve condensarsi in un contenitore di raccolta a controllo automatico per il suo svuotamento. L'emissione nell'ambiente del gas di rigenerazione contenente idrogeno deve categoricamente essere evitata.
- Caratteristiche pompe da vuoto:
 - sistema dotato di pompe a secco per evitare contaminazione da olio, Pompa Scroll: capacità di aspirazione nominale a piena potenza da a 10 m³/h, con filtro delle particelle a monte e silenziatore a valle della pompa; Peso: 25 kg; Potenza: 280 W.
- ECO mode di funzionamento della glovebox, come sistemi di pompaggio e di pulizia, per un risparmio energetico, fino al 90%, e una riduzione significativa dell'inquinamento acustico degli ambienti di lavoro:
 - L'ECO mode deve prevedere: lo spegnimento del sistema di pompaggio del vuoto ossia quando le anticamere a vuoto (Airlock) non siano utilizzate per un periodo prolungato di tempo (es. > 4 h); la regolazione della sovrappressione senza che il sistema di pompaggio da vuoto sia in funzione; l'ottimizzazione della velocità del ventilatore per garantire un consumo ridotto di corrente; lo spegnimento automatico delle luci della glovebox.
- Dotazione, all'interno della glovebox, di una pistola ad azoto fino a una pressione di 6 bar inclusa la connessione all'alimentazione del gas del gas di purificazione.
- N. 2 Airlock a T di grandi dimensioni (lunghezza 600 mm e diametro 390 mm) una dotata di un sistema di trasporto automatizzato per il caricamento nelle N. 2 unità di storage in entrata dell'AIC#2 dei campioni provenienti dalle N.2 unità di storage poste in uscita all'AIC#1 ed un'altra che consenta di trasportare i

campioni dalle N. 2 unità di storage in uscita dell'AIC#2 alle corrispondenti N. 2 unità di storage poste all'entrata della AIC#3.

- N. 4 unità di *storage* per l'alloggiamento, ognuno, di almeno 64 campioni di cui N. 2 disposti all'inizio (entrata) e N. 2 disposti alla fine (uscita) dell'AIC#2.
- Specifiche dei Robot di movimentazione:
 - il braccio robotico deve poter essere programmato in modo versatile per muoversi secondo tragitti x,y,z per raggiungere ogni posizione e oggetto di rilievo del ciclo di lavoro in modo automatizzato e garantire tutte le funzionalità di processo come: preparazioni, deposizioni e caratterizzazioni previste nell'AIC#2.
- Mini-Airlock che consenta l'accesso dall'esterno all'ambiente di lavoro della glovebox: diametro 150 mm, lunghezza 300 mm. Tipo 1/3 all'interno e 2/3 all'esterno della glovebox con copertura incernierata su entrambi i lati operabile con una sola mano dotata di valvola a 3 vie per evacuazione e aerazione dell'Airlock corredato di vassoio estraibile in acciaio inossidabile 1.4301/AISI 304.
- **Sistema per la caratterizzazione di ogni singolo campione con spettroscopia di fotoluminescenza (Photoluminescence - PL) avanzata a temperatura variabile (5.0 - 85.0 °C) sia in *steady state* che risolta in tempo (Time Resolved PL – TRPL) ed avente le seguenti specifiche tecniche:**
 - Tempo di acquisizione spettro < 10 s/sample;
 - Risoluzione spettrale ≤ 5 nm;
 - Tempo di integrazione ≤ 100 μ s;
 - Stage termico con tecnologia Peltier per misure di PL risolte in temperatura nell'intervallo 5.0-85.0 ± 0.1 °C;
 - Lunghezza d'onda della sorgente di eccitazione per la fotoluminescenza nell'intervallo 450 $\pm$ 50 nm; durata dell'impulso nell'intervallo 50 $\pm$ 20 ps;
 - Frequenza massima di impulsi nell'intervallo 85 $\pm$ 10 MHz;
 - Intervallo spettrale di acquisizione: 400-750 nm;
 - Sistema di rivelazione a stato solido con range della Temperatura di esercizio: 10-30 °C; risoluzione temporale fotoni ≤ 400 ps (FWHM); diametro area attiva ≥ 100 mm; efficienza di rivelazione fotoni $\geq 60\%$ nell'intervallo 400-600 nm;
 - Per l'acquisizione di spettri di PL risolti in tempo garantire l'integrazione tra i punti di PL Steady State precedentemente descritti con il modulo Pico Harp 300 (*Time Correlated Single Photon Counting* - TCSPC) avente due canali indipendenti, risoluzione ≤ 5 ps, capacità di conteggi ≥ 10 Mcps (counts/s), intervallo istogrammi di misura 300-30 μ s) già in dotazione della Stazione Appaltante. L'integrazione dovrà prevedere la piena caratterizzazione dei profili di decadimento delle TRPL e loro archiviazione in modo sincrono al flusso dati della piattaforma.

2.3.3. AIC#3

Ogni campione indicizzato proveniente dall'AIC#2 e disposto, manualmente, nelle N. 2 unità di *storage* in entrata all'AIC#3, che consente, ognuno, l'alloggiamento di almeno 64 campioni, dovrà essere alloggiato in un sistema operante sottovuoto per la realizzazione di deposizioni per via fisica di film sottili di metalli e altri sistemi come ossidi dei metalli di transizione, ossia tramite processi di evaporazione termica e RF sputtering. Anche in questo caso le diverse fasi del processo di preparazione dei dispositivi dovranno essere completamente programmabili e monitorate con il SW della piattaforma. Vista la complessità della gestione dei processi dell'AIC#3 dovrà essere previsto, per le funzioni della glovebox, un controllo vocale. Il caricamento dei campioni nell'unità di evaporazione termica e di sputtering RF così come la loro successiva disposizione maniale nelle N. 2 unità di storage per l'alloggiamento, ognuno, di almeno 64 campioni, in uscita dall'AIC#3 potrà avvenire manualmente. I parametri di controllo e i relativi dati e metadati acquisiti di processo e di caratterizzazione dovranno essere leggibili da macchina e gestiti secondo i principi FAIR.

AIC#3 – Specifiche tecniche minime dello stadio di deposizione materiali per evaporazione termica e RF sputtering

- N. 1 Cabina Automatizzata Inerte composta da due moduli AIC#3.1 e AIC#3.2 dotate rispettivamente da almeno N. 3 e N. 2 guanti disposti su un lato. Le due componenti AIC#3.1 e AIC#3.2 dovranno rispondere almeno alle seguenti specifiche tecniche:
 - AIC#3.1 - glovebox modulare in acciaio inox 1.4301, con operatività da un solo lato con almeno 3 guanti:
 - Spazio di lavoro: larghezza 1500 mm x altezza 900 mm x profondità 780 mm dotata di purificatore e fronte della glovebox inclinato o verticale;
 - Una finestra in policarbonato e rivestimento resistente a agenti chimici e urti;
 - N.3 guanti circolari, diametro 220 mm incluso guanti in gomma butilica, spessore 0,4 mm, taglia L;
 - Illuminazione (montata sul lato anteriore);
 - N. 2 filtri antipolvere HEPA H13 installati all'interno della camera per ingresso e uscita gas;
 - N. 5 flange DN40KF (alluminio, monolaterali) per passanti di alimentazione campioni (vuoto/gas/liquidi) e passaggio di alimentazione 220 V (1 fase);
 - Almeno N. 6 prese dotate di messa a terra;
 - Connettori strip commutabili in tipo F.
 - AIC#3.2 - glovebox modulare in acciaio inox 1.4301, con operatività da un solo lato con almeno 2 guanti:
 - Spazio di lavoro: larghezza 1250 mm x altezza 900 mm x profondità 780 mm dotata di purificatore e fronte della glovebox inclinato o verticale;
 - Una finestra in policarbonato e rivestimento resistente a chimici e urti;
 - N.2 guanti circolari, diametro 220 mm incluso guanti in gomma butilica, spessore 0,4 mm, taglia L;
 - Illuminazione (montata sul lato anteriore);
 - N. 3 ripiani regolabili in altezza e posti sulla parete posteriore della glovebox;
 - N. 2 filtri antipolvere HEPA H13 installati all'interno della camera per ingresso e uscita gas;
 - N. 5 flange DN40KF (alluminio, monolaterali) per passanti di alimentazione campioni (vuoto/gas/liquidi) e passaggio di alimentazione 220 V (1 fase);
 - Almeno N. 6 prese dotate di messa a terra;
 - Connettori strip commutabili in tipo F.
 - Mini-Airlock che consenta l'accesso dall'esterno all'ambiente di lavoro della glovebox: diametro 150 mm, lunghezza 300 mm. Tipo 1/3 all'interno e 2/3 all'esterno della glovebox con copertura incernierata su entrambi i lati operabile con una sola mano dotata di valvola a 3 vie per evacuazione e aerazione dell'Airlock corredato di vassoio estraibile in acciaio inossidabile 1.4301/AISI 304.
 - Dotazione, all'interno della glovebox, di una Pistola ad azoto fino a una pressione di 6 bar inclusa la connessione all'alimentazione del gas di purificazione.
 - Sistema di purificazione a ciclo chiuso condiviso con AIC#4, portata pari ad almeno 88 m³/h:
 - Purificazione del gas per la circolazione a ciclo chiuso;
 - Rimozione: ossigeno e umidità <1 ppm (con tasso di perdita ≤0,05 Vol%/h, secondo la norma ISO 10648-2);
 - Volume massima di purificazione: 5 m³ dotata di N. 1 filtro purificatore del gas a colonna;
 - Valvole principali: valvole elettropneumatiche controllate da PLC;
 - Capacità del filtro: 36 l di O₂ (ossigeno) e 1350 g H₂O (umidità);

- Ventilatore di circolazione: fino a 88 m³/h con controllo in frequenza ammortizzato dalle vibrazioni, senza generazione di carico termico (scambiatore di calore a raffreddamento ad acqua incluso);
- Valvole della colonna del filtro: valvole elettropneumatiche;
- Rigenerazione della colonna del filtro: programma di sequenziamento automatico;
- Unità di controllo: PLC;
- Pannello touch a colori da 7 pollici;
- Controllo automatico della pressione della camera con intervallo regolabile tra -15 e +15 mbar (la camera può operare sia in sovrappressione che sotto pressione);
- Sensore di pressione per la glovebox incluso;
- Pedale aggiuntivo per poter cambiare la pressione della camera durante il funzionamento;
- Display grafico sull'andamento per 24 ore e 180 giorni della pressione della camera, del valore di O₂ e H₂O (in combinazione con i relativi analizzatori);
- Pompa da vuoto senza l'uso di alcun lubrificante (es. pompa Scroll) con capacità di evacuazione di 10 m³/h e riempimento semi-automatici controllati tramite pannello touchscreen e SW della piattaforma MADAM.
- Funzione di flussaggio per la pulizia della glovebox con gas inerte (per la gestione efficace di contaminazioni eccezionali):
 - Sistema di purificazione della camera dotato di unità per inertizzare lo spazio di lavoro con gas inerte;
 - Funzionamento tramite pannello di controllo del purificatore del gas dotato di valvole controllate da PLC;
 - Portata: max. 200 l/min inclusivo di valvola di regolazione manuale per ridurre il flusso del gas;
 - Tempo massimo di purging programmabile (0-999 min);
 - Le concentrazioni di O₂ e H₂O devono essere leggibili/acquisibili in tempo reale dal SW della piattaforma MADAM durante tutto il processo di purging;
 - Set sensori O₂, H₂O con controllo di tutte le funzioni e parametri di monitoraggio da PLC
 - Analizzatore di H₂O: intervallo di misura 0-500 ppm; trasduttore a stato solido e output di 0-10 V inclusivo di almeno 3m di cavo;
 - Analizzatore elettrochimico di ossigeno: intervallo di misura 0-1000 ppm; trasduttore a stato solido e output 0-10 V inclusivo di almeno 3m di cavo.
- Sistema di collettamento degli esausti:
 - L'uscita del gas di purging dal sistema di purificazione del gas, così come l'uscita del gas di rigenerazione e di uscita della pompa per vuoto, devono essere combinate in un'unica uscita di scarico. Il sistema di glovebox deve essere quindi collegato solo al sistema di scarico dei gas locali con una singola connessione. Il vapore acqueo dal gas di rigenerazione deve condensarsi in un contenitore di raccolta a controllo automatico per il suo svuotamento. L'emissione nell'ambiente del gas di rigenerazione contenente idrogeno deve categoricamente essere evitata.
- Caratteristiche pompe da vuoto:
 - sistema dotato di pompe a secco per evitare contaminazione da olio, Pompa Scroll: capacità di aspirazione nominale a piena potenza da 10 m³/h, con filtro delle particelle a monte e silenziatore a valle della pompa; Peso: 25 kg; Potenza: 280 W.
- ECO mode di funzionamento della glovebox, come sistemi di pompaggio e di pulizia, per un risparmio energetico, fino al 90%, e una riduzione significativa dell'inquinamento acustico degli ambienti di lavoro:

- L'ECO mode deve prevedere: lo spegnimento del sistema di pompaggio del vuoto ossia quando le anticamere a vuoto (Airlock) non siano utilizzate per un periodo prolungato di tempo (es. > 4 h); la regolazione della sovrappressione senza che il sistema di pompaggio da vuoto sia in funzione; l'ottimizzazione della velocità del ventilatore per garantire un consumo ridotto di corrente; lo spegnimento automatico delle luci della glovebox.
- Sistema a controllo vocale delle principali funzioni della glovebox:
 - sistema integrato e indipendente che non deve richiedere una connessione a Internet e che consenta di utilizzare in modo ergonomico le funzioni standard della glovebox senza interrompere il lavoro all'interno della stessa e senza dover togliere le mani dai guanti. Il controllo vocale include tutte le funzioni pratiche come il cambio della pressione di lavoro, l'accensione/spegnimento delle luci, il ciclo dell'anticamera, la modalità ECO, la circolazione e l'attivazione della funzione di purging, oltre al controllo delle altre principali funzioni della glovebox. I parametri relativi ai valori su ossigeno, umidità, temperatura di esercizio e altri valori specifici di lavoro della AIC#3 dovranno essere fornite anche tramite risposte vocali da parte del sistema. Il sistema deve essere integrato al pannello di controllo della piattaforma MADAM e la lingua di comunicazione potrà essere sia inglese che italiano.
- Sistema di deposizione per via fisica in condizioni di alto vuoto:
 - Camera da vuoto in acciaio inossidabile (dimensione interna minima: lunghezza 500 mm x larghezza 500 mm x altezza 600 mm) disposta e completamente integrata alla parete posteriore della componente AIC#3.1 e dotata di un sistema di evaporazione termica e di uno a RF;
 - Dotazione di portasubstrati rotanti (fino ad una dimensione massima per lato di 150x150 mm² ovvero 150 mm di diametro);
 - N. 2 porte di accesso di cui una interna scorrevole orizzontalmente con oblò DN100 ed esternamente con anta per accesso di servizio e manutenzione;
 - dotazione di una controparete interna alla camera da vuoto allo scopo di foderarla con una protezione schermante in acciaio inossidabile di semplice rimozione per facilitarne la sua pulizia;
 - presenza di un sistema di illuminazione interna alla camera dotata di passante da vuoto;
 - Caratteristiche sistemi di pompaggio e misura della camera;
 - Vacuometri di misurazione dalla pressione atmosferica ad un vuoto di almeno 5×10^{-9} mbar, la posizione di misurazione dovrà essere predisposta nelle vicinanze del posizionamento dei substrati su cui saranno effettuate le deposizioni;
 - Pompa di prevuoto: pompa Scroll con capacità di aspirazione nominale a piena potenza da 10 m³/h, con filtro delle particelle a monte e silenziatore a valle della pompa; Peso: 25 kg; Potenza: 280 W;
 - Pompa da alto vuoto: pompa turbo molecolare su cuscinetti magnetici con una velocità di pompaggio per N₂ di 685 l/s;
 - Controllo da SW della piattaforma del sistema di evaporazione per la regolazione accurata dello spessore del film da depositare attraverso la valutazione del tasso di evaporazione dei materiali e interfaccia PLC;
 - Microbilancia a cristallo di quarzo raffreddata ad acqua per il controllo del tasso di deposizione e dello spessore dei film sottili da depositare (Intervallo di frequenza: da 1 - 6,5 MHz e risoluzione $\pm 0,012$ Hz con 4 letture al secondo, risoluzione dello spessore dei film depositati: 0,015 Å);
 - numero di parametri di lavorazione programmabili da SW: fino a 100 tipologie di processo, fino ad una successione di 1000 tipologie di strati e fino a 50 materiali diversi da depositare;
 - Possibilità di depositare in sequenza fino a 4 film tramite:
 - a. Evaporatore Termico a doppia sorgente resistiva per la deposizione di metalli (es. con navette di Mo) con T di esercizio fino al massimo di 1800°C;
 - passanti di alimentazione elettrica (0-15 V, 0-200 A, max. 2 kVA) inclusi;

- presenza di interruttore per consentire l'operazione di deposizione in serie;
- sorgente dotata di raffreddamento ad acqua e schermatura individuale per evitare interferenze sia termiche che di materiale evaporato;
- sorgente preparata per riscaldatori standard (lunghezza di 75 mm);
- Specifiche minime riscaldatore per crogiolo (lunghezza 76 mm, larghezza 16 mm) 1,7 V, 191 A, 325 W, 1600°C;
- crogiolo in Al_2O_3 (dimensione: 12,7 mm per lato);
- sorgente dotata di otturatore rotante con lamelle ad aggancio rapido per la loro facile sostituzione e inclusiva di schermo termico;
- Omogeneità depositi ottenuti: $\pm 3\%$.

b. Sputtering:

- sputtering magnetronico da 3" RF/DC DC pulsato con target di spessore tra 1-3 mm e piastra di supporto tra 1/8" – 3 mm; sputtering non magnetronico con target di spessore da 1-6 mm; inclinazione fino a 45°; frequenza RF 13.56 MHz; potenza massima 750W (RF); 1,4 KW (DC/DC pulsato); chiusura pneumatica sorgente rotante, schermo elettrico;
 - Porta substrati, in acciaio inossidabile, dotato di doppio otturatore rotativo di separazione e capace di alloggiare N. 2 maschere di deposizione per substrati di dimensione fino a 166 x 166 mm², ovvero diametri di 223 mm, intervallo minimo di spessore del substrato 0,5-2,5 mm con zona di esclusione a bordo ≤ 2 mm;
 - Gas di Sputtering: Ar con regolazione tramite valvola a 2 posizioni a valle per la riduzione della velocità della pompa durante il processo di sputtering; flangia di connessione DN160 ISO-K; regolatore di flusso integrato (intervallo 0-100 sccm);
 - Predisposizione per l'utilizzo di altri gas di sputtering come O_2 e/o N_2 con intervallo di flusso: 0-20 sccm;
 - Omogeneità depositi ottenuti: $\pm 5\%$.
- N. 4 unità di *storage* per l'alloggiamento, ognuno, di almeno 64 campioni di cui N. 2 posti all'inizio (entrata) e N. 2 posti alla fine (uscita) dell'AIC#3.
 - N. 2 Airlock a T di grandi dimensioni (lunghezza 600 mm e diametro 390 mm) di cui uno per il caricamento dei campioni nelle N. 2 unità di storage poste all'entrata dell'AIC#3 ed un altro per l'alloggiamento dei campioni dalle unità di storage in uscita dell'AIC#3. Il caricamento/trasferimento dei campioni in entrata/uscita nella/dalla AIC#3 può essere effettuato manualmente.

2.3.4. AIC#4

I campioni trasferiti manualmente dall'AIC#3 all'AIC#4 non devono essere contaminati dall'ambiente esterno, ossia deve essere previsto un raccordo di collegamento (Airlock) posto tra i due AIC. I campioni nell'AIC#4 dovranno essere trasportati/posizionati all'interno della glovebox per effettuare un insieme di caratterizzazioni ottiche, elettriche e funzionali, flessibili nella loro programmazione e controllabili dalla stessa piattaforma di gestione di MADAM le cui caratteristiche di minima sono di seguito riportate e i cui parametri di controllo delle prove eseguite e i relativi dati e metadati acquisiti dovranno essere leggibili da macchina e gestiti secondo i principi FAIR.

AIC#4 – Specifiche tecniche minime dello stadio di caratterizzazione ottica, elettrica e funzionale dei materiali depositati

N. 1 Cabina Automatizzata Inerte dotata da almeno 4 guanti su due lati e avente le seguenti specifiche tecniche:

- glovebox modulare in acciaio inox 1.4301, bifacciale a 8 guanti (4 guanti per lato):

- Spazio di lavoro: larghezza 2000 mm x altezza 900 mm x profondità 1200 mm ed espandibile a destra/sinistra con anticamera (Airlock) a T dotata di purificatore e fronte della glovebox inclinato o verticale; due finestre in polycarbonato e rivestimento resistente a chimici e urti; n.8 (4+4) guanti circolari, diametro 220 mm incluso guanti in gomma butilica, spessore 0,4 mm, taglia L; illuminazione (montata sul lato anteriore); n. 2 filtri antipolvere HEPA H13 installati all'interno della camera per ingresso e uscita gas; n. 15 flange DN40KF (alluminio, monolaterali) per l'installazione ad es. di passaggi di alimentazione e linee di fornitura di sostanze (vuoto/gas/liquidi) dei sistemi di trasporto/robot e passaggio di alimentazione 220 V (1 fase); almeno N. 6 prese dotate di messa a terra; n. 3 piastre (171,5x231,5 mm) per il cablaggio sulla parete laterale di robot; una barriera fotoelettrica di sicurezza con relé di sicurezza.
- Sistema di purificazione a singola colonna, portata pari ad almeno 88 m³/h condivisa con (AIC#3) a cui le specifiche fanno riferimento ossia:
 - Purificazione del gas per la circolazione a ciclo chiuso nella glovebox;
 - Rimozione: ossigeno e umidità <1 ppm (riferito alla glovebox con tasso di perdita ≤0,05 Vol%/h, secondo la norma ISO 10648-2);
 - Volume massima di purificazione: 5 m³ dotata di N. 1 filtro purificatore del gas a colonna;
 - Valvole principali: valvole elettropneumatiche controllate da PLC;
 - Capacità del filtro: 36 l di O₂ (ossigeno) e 1350 g H₂O (umidità);
 - Ventilatore di circolazione: fino a 88 m³/h con controllo in frequenza; ammortizzato dalle vibrazioni, senza generazione di carico termico (scambiatore di calore a raffreddamento ad acqua incluso);
 - Valvole della colonna del filtro: valvole elettropneumatiche;
 - Rigenerazione della colonna del filtro: programma di sequenziamento automatico;
 - Unità di controllo: PLC;
 - Pannello touch a colori da 7 pollici;
 - Controllo automatico della pressione della camera con intervallo regolabile tra -15 e +15 mbar (la camera può operare sia in sovrappressione che sotto pressione);
 - Sensore di pressione per la glovebox incluso;
 - Pedale aggiuntivo per poter cambiare la pressione della camera durante il funzionamento;
 - Display grafico sull'andamento per 24 ore e 180 giorni della pressione della camera, del valore di O₂ e H₂O (in combinazione con i relativi analizzatori);
 - Pompa da vuoto senza l'uso di alcun lubrificante;
 - Funzione di controllo del sistema di pulizia della glovebox dell'AIC#4 condiviso con quello dell'AIC#3: evacuazione e riempimento semi-automatici controllati tramite pannello touchscreen e SW della piattaforma MADAM.
- Funzione di flussaggio per la pulizia della glovebox con gas inerte (per la gestione efficace di contaminazioni eccezionali) condivisa con (AIC#3) a cui le specifiche fanno riferimento ossia:
 - Sistema di purificazione della camera dotato di unità per inertizzare lo spazio di lavoro con gas inerte;
 - Funzionamento tramite pannello di controllo del purificatore del gas dotato di valvole controllate da PLC;
 - Portata: max. 200 l/min inclusivo di valvola di regolazione manuale per ridurre il flusso del gas;
 - Tempo massimo di purging programmabile (0-999 min);
 - Le concentrazioni di O₂ e H₂O devono essere leggibili/acquisibili in tempo reale dal SW della piattaforma MADAM durante tutto il processo di purging;
 - Set sensori O₂, H₂O con controllo di tutte le funzioni e parametri di monitoraggio da PLC

- Analizzatore di H₂O: intervallo di misura 0-500 ppm; trasduttore a stato solido e output di 0-10 V inclusivo di almeno 3m di cavo;
- Analizzatore elettrochimico di ossigeno: intervallo di misura 0-1000 ppm; trasduttore a stato solido e output 0-10 V inclusivo di almeno 3m di cavo.
- Sistema di collettamento degli esausti che prevede:
 - L'uscita del gas di purging dal sistema di purificazione del gas, così come l'uscita del gas di rigenerazione e di uscita della pompa per vuoto, devono essere combinate in un'unica uscita di scarico. Il sistema di glovebox deve quindi essere collegato solo al sistema di scarico dei gas locali con una singola connessione. Il vapore acqueo dal gas di rigenerazione deve condensarsi in un contenitore di raccolta a controllo automatico per il suo svuotamento. L'emissione nell'ambiente del gas di rigenerazione contenente idrogeno deve categoricamente essere evitata.
- Caratteristiche pompe da vuoto condivise con (AIC#3) a cui le specifiche fanno riferimento ossia
 - sistema dotato di pompe a secco per evitare contaminazione da olio, Pompa Scroll: capacità di aspirazione nominale a piena potenza da a 10 m³/h, con filtro delle particelle a monte e silenziatore a valle della pompa; Peso: 25 kg; Potenza: 280 W
- ECO mode di funzionamento della glovebox, come sistemi di pompaggio e di pulizia, per un risparmio energetico, fino al 90%, e una riduzione significativa dell'inquinamento acustico degli ambienti di lavoro
 - L'ECO mode deve prevedere: lo spegnimento del sistema di pompaggio del vuoto ossia quando le anticamere a vuoto (Airlock) non siano utilizzate per un periodo prolungato di tempo (es. > 4 h); la regolazione della sovrappressione senza che il sistema di pompaggio da vuoto sia in funzione; l'ottimizzazione della velocità del ventilatore per garantire un consumo ridotto di corrente; lo spegnimento automatico delle luci della glovebox.
- Dotazione, all'interno della glovebox, di una Pistola ad azoto fino a una pressione di 6 bar inclusa la connessione all'alimentazione del gas di purificazione.
- N.1 Airlock a T di grandi dimensioni (lunghezza 600 mm e diametro 390 mm) che permetta ai substrati posti all'uscita dell'AIC#3 il trasporto e posizionamento manuale dei campioni nelle N. 2 unità di storage poste all'entrata dell'AIC#4.
- N. 4 unità di *storage* per l'alloggiamento, ognuno, di almeno 64 substrati, di cui N. 2 disposti all'inizio (entrata) e N. 2 posti alla fine (uscita) dell'AIC#4.
- Specifiche dei Robot di movimentazione:
 - il braccio robotico deve poter essere programmato in modo versatile per muoversi secondo tragitti x,y,z per raggiungere ogni posizione e oggetto di rilievo del ciclo di lavoro in modo automatizzato e garantire tutte le funzionalità di processo come: preparazioni, deposizioni e caratterizzazioni previste nell'AIC#4.
- Mini-Airlock che consenta il prelievo dei campioni dalle N. 2 unità di storage poste all'uscita dell'AIC#4 per il loro trasporto manuale all'esterno alla glovebox. Diametro 150 mm, lunghezza 300 mm. Tipo 1/3 all'interno e 2/3 all'esterno della glovebox con copertura incernierata su entrambi i lati operabile con una sola mano dotata di valvola a 3 vie per evacuazione e aerazione dell'Airlock corredato di vassoio estraibile in acciaio inossidabile 1.4301/AISI 304.
- **Caratterizzazione ottica, elettronica e funzionale di ogni singolo campione:**
 - a. **Elettroluminescenza (EL) risolta spettralmente**
 - Acquisizioni nell'intervallo minimo di lunghezze d'onda: 400 - 750 nm;
 - Tempo di acquisizione spettro < 10 s/sample;
 - Risoluzione spettrale ≤ 5 nm;
 - Tempo di integrazione ≤ 100 μs;

- Dotazione di n. 1 Canale con source meter ad alta potenza $\pm 60V$ con risoluzione 100 nV e intervallo corrente $\pm 3 A$ con risoluzione 100 fA;
- Acquisizioni da dark JV-EL in modalità a scansione;
- Acquisizioni EL impulsata $\leq 100 \mu s$.
- b. Misure JV calibrate per calcolo dell'efficienza PCE:**
 - Pixel di acquisizione per campione ≥ 1 ;
 - Classificazione del simulatore solare AAA (ASTM E927-19) a tecnologia LED;
 - Tempo di vita sorgente $\geq 10.000 h$;
 - Banda spettrale simulatore solare 400-900 nm;
 - Dimensione spot simulatore solare $2 cm^2$;
 - Configurazione di acquisizione a 4 punte;
 - Intervallo tensione $\pm 60 V$ con risoluzione 100 nV;
 - Intervallo corrente $\pm 3 A$ con risoluzione 100 fA;
 - Acquisizioni dark JV integrate;
 - Possibilità di effettuare, a campione, misure in condizioni di Maximum Power Point Tracking - MPPT secondo il protocollo ISOS-L-1.
- c. Misure External Quantum Efficiency – EQE:**
 - Acquisizioni misure tramite demodulazione coerente (lock-in) nell'intervallo di frequenze regolato da software, 0.5-30 Hz con risoluzione 0.01 Hz;
 - Sorgente con lampade ad ampio spettro (es. a xenon oppure a miscelazione di LED) per consentire acquisizioni nell'intervallo minimo di lunghezze d'onda di 400 - 900 nm;
 - Acquisizione spettri in modalità a scansione tramite utilizzo di monocromatore con risoluzione $\pm 5.0 nm$;
 - Tempo di acquisizione spettro $< 120 s/sample$;
 - Dotazione di n. 1 Canale con source meter ad alta potenza $\pm 60V$ con risoluzione 100 nV e intervallo corrente $\pm 3 A$ con risoluzione 100 fA;
 - Intervallo spettrale minimo 400-900 nm.
- d. Spettroscopia di impedenza:**
 - IS - Impedenza elettrica
 - Impedenza elettrica intervallo 1 Hz to 100 kHz;
 - Generazione e acquisizione segnali elettrici nell'intervallo $\pm 5V$ e $\pm 50 mA$;
 - Luce di Bias nell'intervallo spettrale minimo 400-750 nm.
 - IM-VS/PS intensity modulated photoVoltage Spectroscopy/Photocurrent Spectroscopy
 - Impedenza elettrica intervallo 1 Hz to 10 kHz;
 - Sorgente di modulazione di intensità ottica tramite LED ad ampio spettro nell'intervallo spettrale minimo 400-750 nm;
 - Prevedere la possibilità di estendere l'offerta del LED ad ampio spettro nell'intervallo spettrale minimo 400-750 nm con altri monocromatici in modalità plug&play.

2.3.5. Minima capacità di produzione e caratterizzazione di celle solari della piattaforma

La piattaforma deve essere in grado di garantire, per un'operatività di 8h, la produzione di un numero minimo di 64 celle solari a base di perovskiti, composte da almeno tre strati ETL/PSK/HTL, provviste dei relativi contatti metallici e completamente caratterizzate.

2.3.6. Software e hardware IT

La piattaforma si basa su una infrastruttura SW e HW per la sua intera gestione compresa l'interazione uomo-macchina nonché per lo storage e l'interfaccia per successiva elaborazione, anche tramite AI e ML, che non fanno

parte della presente fornitura, dei dati e metadati di processo oltre a quelli delle caratterizzazioni eseguite, così da favorire, attraverso la scelta guidata, anche in modo automatizzato, dei correttivi da adottare per i vari parametri di processo e definire quelli migliori da utilizzare per la realizzazione dei materiali e dispositivi in fase di sviluppo con le funzionalità e applicazioni più idonee tra quelle ottenibili secondo un approccio previsionale e di ottimizzazione closed-loop.

Deve essere previsto l'uso di una Interfaccia Grafica Utente (Graphical User Interface) che consenta visivamente, via SW (*Visual-Design*), la scelta sia dei singoli step di lavorazione/caratterizzazione, ossia deposizione per spin coating, vaporizzazione termica o RF e relativi trattamenti speciali e definizione con le caratterizzazioni previste delle proprietà ottiche, elettriche e funzionali eseguite nelle diverse fasi di preparazione/deposizione dei film sottili e dei dispositivi finali.

Il design dell'intero processo deve essere in sequenza e di facile utilizzo, ossia basato sulla scelta successiva di tutte le lavorazioni disponibili a cui siano associati, e definibili sempre da SW, i relativi parametri di processo regolabili dall'operatore compresa la scelta del numero e tipologia delle caratterizzazioni da effettuare online e automaticamente.

Il Software, con interfaccia LabVIEW o Python, dedicato al controllo dell'intera piattaforma e del relativo database deve prevedere la possibilità di pianificare e monitorare ogni singolo step di processo.

Dotazione minima di N. 5 Personal Computer corredati di cui N. 1 PC dedicato al controllo dell'intera piattaforma e N. 4 PC dedicati al controllo di ognuna delle N.4 AIC al fine di garantire la loro operatività individuale oltre all'operatività integrata nell'intero sistema.

In sintesi:

- Uso *Graphical Use Interface* per la scelta visiva degli step di lavorazione via SW (*Visual-Design*);
- Metodo di scelta step di lavorazione/caratterizzazione di processo: in sequenza;
- Il Software, con interfaccia LabVIEW o Python;
- Comunicazione basata su rete Ethernet;
- Monitoraggio di processo tramite interfaccia grafica;
- N. 5 PC con configurazione minima: Processore Intel® Core™ i7-13700, Windows 11 Pro, RAM 32 GB DDR5, Archiviazione 1-TB-SSD;
- N. 10 monitor (min 24") di cui N. 2 per ogni PC;
- N. 1 struttura di archiviazione dati NAS da 2x8TB in RAID 1;
- Indicizzazione, registrazione e tracciamento di ogni singolo substrato e loro disposizione nelle coppie di unità di storage da 64 substrati ognuno.

2.3.7. Altri requisiti

- L'Operatore Economico dovrà garantire la completezza e l'omogeneità della fornitura indipendentemente dall'eterogeneità dei componenti dell'attrezzatura di base e delle migliorie proposte.
- L'Operatore Economico dovrà garantire il pieno rispetto della fornitura ai requisiti riferiti ai principi di DNSH.
- Tutte le attrezzature della fornitura nella configurazione minima devono avere caratteristiche tecniche non inferiori a quelle riportate nel presente capitolato.
- Tutte le attrezzature nella configurazione di base e i componenti opzionali devono essere nuove di fabbrica e costruite con pezzi nuovi.
- Le attrezzature devono essere consegnate e rese operative nel sito della Stazione Appaltante indicata.
- L'Operatore Economico dovrà certificare e garantire l'interoperabilità di tutti i componenti che costituiscono la fornitura.
- Una copia digitale dei manuali tecnici completi, curati dal produttore, deve essere fornita per ciascun componente della piattaforma.

- La documentazione deve essere in italiano o, se non disponibile, in inglese.
- La documentazione deve includere il piano di manutenzione preventiva e tutti i diagrammi elettrici, idraulici e meccanici.
- I parametri di controllo e i relativi dati e metadati acquisiti di processo e di caratterizzazione dovranno essere leggibili da macchina e gestiti secondo i principi FAIR.
- La documentazione deve includere anche una descrizione dettagliata del software (uso, installazione, backup e ripristino).

Ai sensi di quanto previsto nell'allegato II.5 del D.Lgs. 36/2023 (Codice) l'offerente dimostra, nella propria offerta, con qualsiasi mezzo appropriato, compresi i mezzi di prova di cui all'articolo 105 del Codice, che le soluzioni proposte ottemperano in maniera equivalente alle prestazioni, ai requisiti funzionali e alle specifiche tecniche prescritti nel presente documento.

2.4. Ulteriori caratteristiche della fornitura

2.4.1. Installazione e avvio operativo

La strumentazione oggetto della presente procedura dovrà essere installata all'interno del locale indicato dalla Stazione Appaltante provvedendo al trasporto e consegna, installazione, collaudo e l'assistenza durante le procedure di verifica di conformità (di cui al successivo paragrafo § 10). L'aggiudicatario deve garantire la fornitura esente da difetti e perfettamente funzionante.

2.4.2. Formazione

L'aggiudicatario dovrà garantire un programma di addestramento all'uso ed alla manutenzione ordinaria della strumentazione (formazione di base e tecnica applicativa) di durata minima effettiva di almeno N. 36 ore (N. 5 giornate lavorative) per almeno N. 4 unità di personale della Stazione Appaltante, fatta salva l'offerta migliorativa presentata in sede di gara come indicato nel disciplinare di gara, il programma dovrà essere tenuto preferibilmente on-site, presso la sede di consegna ed installazione della fornitura, da personale specializzato, secondo un calendario che dovrà essere concordato con la Stazione Appaltante. Detto programma dovrà essere avviato entro 30 (trenta) giorni solari dal superamento della verifica di conformità della strumentazione, salvo diverso accordo. Il corso e la documentazione di addestramento dovranno essere in lingua italiana e/o inglese.

2.4.3. Garanzia

La garanzia fornita dall'aggiudicatario dovrà coprire un periodo di almeno 12 (dodici) mesi dalla data dal superamento della verifica di conformità della strumentazione, fatta salva l'offerta migliorativa presentata in sede di gara. Tale garanzia deve comprendere le riparazioni o sostituzioni di parti (con esclusione delle parti c.d. "consumabili" chiaramente individuabili nella documentazione a corredo) necessarie al funzionamento ottimale della strumentazione. Devono ritenersi, inoltre, comprese nella garanzia le spese di trasferta ed i costi della manodopera dei tecnici presso la sede di consegna ed installazione. Per l'intero periodo di vigenza della garanzia, l'aggiudicatario dovrà impegnarsi a fornire gratuitamente gli eventuali upgrade alle licenze software.

2.4.4. Assistenza tecnica, supporto e manutenzione

In caso di guasto l'aggiudicatario dovrà essere in grado di intervenire tempestivamente dalla segnalazione effettuata a mezzo PEC, o altro mezzo ufficiale, entro un massimo di 15 (quindici) giorni lavorativi, fatta salva l'offerta migliorativa presentata come indicato nel disciplinare di gara. Tale intervento è finalizzato alla immediata assistenza ed al ripristino delle funzionalità della strumentazione o, nel caso in cui ciò non sia possibile, alla valutazione del guasto e degli interventi necessari. L'aggiudicatario dovrà garantire la disponibilità delle parti di ricambio almeno per 60 (sessanta) mesi successivi allo scadere della garanzia di legge.

3. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA FORNITURA

3.1. Luogo di consegna e installazione

L'apparecchiatura andrà installata nei laboratori della Sede di Tito Scalo dell'Istituto di Struttura della Materia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISM-CNR) sita presso l'ATdR CNR Potenza - C.da S. Loja, Zona Industriale, 85050 Tito Scalo (PZ) - ITALIA.

3.2. Termini di consegna e installazione

La fornitura dovrà essere consegnata, installata e resa operativa a completo carico dell'Aggiudicatario, in stretto e costante coordinamento con il personale tecnico indicato dalla Stazione Appaltante e in modo da soddisfare tutte le specifiche del presente Capitolato Tecnico.

La consegna della fornitura, comprensiva di ogni onere relativo ad imballaggio, trasporto e facchinaggio, dovrà avvenire nei seguenti termini e condizioni:

- entro e non oltre 240 (duecentoquaranta) giorni naturali e consecutivi decorrenti dalla data di stipula del contratto di appalto, ovvero dalla data di sottoscrizione del verbale di avvio anticipato dell'esecuzione del contratto;
- nel corso di tale periodo è consentito effettuare consegne parziali della fornitura fatto salvo il termine ultimo sopracitato per il suo completamento;
- presso i laboratori della Sede di Tito Scalo dell'ISM-CNR - ATdR CNR Potenza - C.da S. Loja, Zona Industriale, 85050 Tito Scalo (PZ) - ITALIA;
- prima della consegna, l'Operatore Economico, per concordare i dettagli logistici, deve prendere contatto, con un anticipo di almeno 20 giorni, con il seguente referente della Stazione Appaltante: Ing. Antonio Tartarisco - email: antonio.tartarisco@ism.cnr.it

Le attività di installazione della piattaforma MADAM, prima accensione e verifica della funzionalità, asporto dell'imballaggio e qualsiasi altra attività ad esse strumentali dovrà avvenire nei seguenti termini:

- entro e non oltre 30 (trenta) giorni naturali e consecutivi a decorrere dalla data di consegna della fornitura.

4. MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL CONTRATTO

4.1. Avvio dell'esecuzione

Il Direttore dell'esecuzione del contratto (DEC) – Ing. Antonio Tartarisco, sulla base delle disposizioni del Responsabile Unico del Progetto (RUP), darà avvio all'esecuzione del contratto, fornendo all'Aggiudicatario tutte le istruzioni e direttive necessarie e redigendo, laddove sia indispensabile in relazione alla natura e al luogo di esecuzione delle prestazioni, apposito verbale come meglio disciplinato all'art. 31, c.2, lett. c) dell'Allegato II.14 del D.Lgs. 36/2023. È ammesso l'avvio del contratto nelle more della verifica dei requisiti previsti dal disciplinare, ai sensi dell'art. 8, c.1, lett.a) della L.120/2020.

4.2. Sospensione dell'esecuzione

In tutti i casi in cui ricorrano circostanze speciali che impediscano in via temporanea l'esecuzione dell'appalto si applicano le disposizioni di cui all'art. 121 del D. Lgs. 36/2023 e s.m.i. e all'art.8 dell'Allegato II.14 del D.Lgs. 36/2023.

4.3. Termine dell'esecuzione

Ai sensi dell'art.31, c.2, lett.n) dell'Allegato II.14 del D.Lgs. 36/2023, dopo la comunicazione dell'esecutore di intervenuta ultimazione delle prestazioni, il DEC effettua, entro cinque giorni, i necessari accertamenti in contraddittorio e nei successivi cinque giorni elabora il certificato di ultimazione delle prestazioni, da inviare al RUP, che ne rilascia copia conforme all'esecutore.

5. PENALI

Per ogni giorno naturale e consecutivo di ritardo rispetto ai termini previsti per l'esecuzione dell'appalto, si applicherà una penale pari all'1‰ (uno per mille) dell'importo contrattuale, al netto dell'IVA e dell'eventuale costo relativo alla sicurezza sui luoghi di lavoro derivante dai rischi di natura interferenziale.

Nel caso in cui la prima verifica di conformità della fornitura abbia esito sfavorevole non si applicano le penali; qualora tuttavia l'Aggiudicatario non renda nuovamente la fornitura disponibile per la verifica di conformità entro i 20 (venti) giorni naturali e consecutivi successivi al primo esito sfavorevole, ovvero la verifica di conformità risulti nuovamente negativa, si applicherà la penale sopra richiamata per ogni giorno solare di ritardo.

Ai sensi dell'art.47, comma 6 del DL77/2021, convertito in L.108/2021, verrà applicata una penale calcolata in misura giornaliera pari all'1 ‰ (uno per mille) dell'ammontare netto contrattuale complessivo in caso di ritardo nella consegna della certificazione e della relazione che chiarisca l'avvenuto assolvimento degli obblighi previsti a carico delle imprese dalla Legge 12 marzo 1999, n. 68 rispetto alla scadenza dei sei mesi dalla conclusione del Contratto (per gli operatori tenuti a tale adempimento).

La violazione dell'obbligo di cui al comma 3 dell'art.47 L.108/2021, determina, altresì, l'impossibilità per l'Operatore Economico di partecipare, in forma singola ovvero in raggruppamento temporaneo, per un periodo di dodici mesi ad ulteriori procedure di affidamento afferenti agli investimenti pubblici finanziati, in tutto o in parte, con le risorse previste dal Regolamento (UE) 2021/240 del Parlamento europeo e del Consiglio del 10 febbraio 2021 e dal Regolamento (UE) 2021/241 del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2021, nonché dal PNC.

Nell'ipotesi in cui l'importo delle penali applicabili superi l'importo pari al 20%¹ (venti per cento) dell'importo contrattuale, al netto dell'IVA e dell'eventuale costo relativo alla sicurezza sui luoghi di lavoro derivante dai rischi di natura interferenziale, l'Ente risolverà il contratto in danno all'Aggiudicatario, salvo il diritto al risarcimento dell'eventuale ulteriore danno patito.

Gli eventuali inadempimenti contrattuali che daranno luogo all'applicazione delle penali sopra elencate saranno contestati al Fornitore per iscritto. Il Fornitore dovrà comunicare, in ogni caso, per iscritto, le proprie deduzioni, supportate da una chiara ed esauriente documentazione, nel termine massimo di 5 (cinque) giorni lavorativi dalla ricezione della contestazione stessa. Qualora le predette deduzioni non pervengano al Direttore dell'Esecuzione nel termine indicato, ovvero, pur essendo pervenute tempestivamente, non siano idonee, a giudizio del CNR, a giustificare l'inadempienza, saranno applicate al Fornitore le penali a decorrere dall'inizio dell'inadempimento.

La richiesta e/o il pagamento delle penali non esonera in nessun caso il Fornitore dall'adempimento dell'obbligazione per la quale si è reso inadempiente e che ha fatto sorgere l'obbligo di pagamento della medesima penale.

Ferma restando l'applicazione delle penali previste nei precedenti commi, il Committente si riserva di richiedere il maggior danno, sulla base di quanto disposto all'articolo 1382 cod. civ., nonché la risoluzione del presente Contratto nell'ipotesi di grave e reiterato inadempimento.

Fatto salvo quanto previsto ai precedenti commi, l'Impresa si impegna espressamente a rifondere al Committente l'ammontare di eventuali oneri che il CNR dovesse applicare, anche per cause diverse da quelle di cui al presente articolo, a seguito di fatti che siano ascrivibili a responsabilità della Impresa stessa.

Il Committente, per i crediti derivanti dall'applicazione delle penali di cui al presente articolo, potrà, a sua insindacabile scelta, avvalersi della cauzione definitiva senza bisogno di diffida o procedimento giudiziario, ovvero compensare il credito con quanto dovuto all'Impresa a qualsiasi titolo, quindi anche per i corrispettivi maturati; in questo caso il Fornitore dovrà emettere una nota di credito pari all'importo della penale o decrementare la fattura del mese in corso di un valore pari all'importo della penale stessa.

¹ Art. 50 del D. L. 77/2021

6. MODALITÀ DI RESA

Per operatori economici appartenenti a Stati membri dell'Unione europea, si applica la regola Incoterms 2020 - DPU (Delivered At Place Unloaded) presso il luogo di destinazione (sede di consegna) indicato al paragrafo § 3.1 del presente Capitolato Tecnico.

Per operatori economici non appartenenti a Stati membri dell'Unione europea, si applica la regola Incoterms 2020 - DDP² (Delivered Duty Paid) presso il luogo di destinazione (sede di consegna) indicato al paragrafo § 3.1 del presente Capitolato Tecnico.

In aggiunta l'Operatore Economico è tenuto a provvedere allo scarico della merce nel luogo di destinazione, a sua cura e spesa.

Tutti gli operatori economici sono obbligati, incluso nel prezzo contrattuale d'appalto:

- a stipulare un contratto di assicurazione per la parte di trasporto sotto la loro responsabilità;
- all'installazione della fornitura ed ai servizi aggiuntivi indicati nel presente Capitolato tecnico.

7. ONERI ED OBBLIGHI DELL'AGGIUDICATARIO

L'Aggiudicatario:

- Si impegna ad eseguire le prestazioni oggetto dell'appalto, senza alcun onere aggiuntivo, salvaguardando le esigenze della Stazione Appaltante e di terzi autorizzati, senza recare intralci, disturbi o interruzioni all'attività lavorativa in atto.
- Rinuncia a qualsiasi pretesa o richiesta di compenso nel caso in cui lo svolgimento delle prestazioni dovesse essere ostacolato o reso più oneroso dalle attività svolte dalla Stazione Appaltante e/o da terzi.
- È direttamente responsabile dell'inosservanza delle clausole che saranno contenute nel contratto anche se queste dovessero derivare dall'attività del personale dipendente di altre imprese a diverso titolo coinvolto.
- Deve avvalersi di personale qualificato in regola con gli obblighi previsti dai contratti collettivi di lavoro e da tutte le normative vigenti, in particolare in materia previdenziale, fiscale, di igiene ed in materia di sicurezza sul lavoro.
- Risponderà direttamente dei danni alle persone, alle cose o all'ambiente comunque provocati nell'esecuzione dell'appalto che possano derivare da fatto proprio, dal personale o da chiunque chiamato a collaborare. La Stazione Appaltante è esonerata da ogni responsabilità per danni, infortuni o qualsiasi altra cosa accadesse al personale di cui si avvarrà l'Aggiudicatario nell'esecuzione delle prestazioni relative all'appalto.
- Si fa carico, intendendosi remunerati con il corrispettivo contrattuale, di tutti gli oneri ed i rischi relativi alle attività ed agli adempimenti occorrenti all'integrale espletamento dell'oggetto contrattuale, ivi compresi, a mero titolo esemplificativo e non esaustivo, gli oneri relativi alle spese di trasporto, di viaggio e di missione per il personale addetto alla esecuzione della prestazione, nonché i connessi oneri assicurativi.
- Si impegna ad eseguire le prestazioni oggetto dell'appalto a perfetta regola d'arte e nel rispetto di tutte le norme e le prescrizioni tecniche e di sicurezza in vigore e di quelle che dovessero essere emanate nel corso della procedura di gara e fino alla sua completa conclusione, nonché secondo le condizioni, le modalità, i termini e le prescrizioni contenute negli atti di gara e relativi allegati.
- Si impegna a consegnare gli elaborati progettuali e tutte le dichiarazioni e/o certificazioni discendenti da specifici obblighi normativi e legislativi correlati con l'oggetto della prestazione.
- Si impegna a consegnare i certificati di omologazione "CE" per tutte le apparecchiature che lo richiedano.
- Si impegna a consegnare le schede tecniche e i manuali delle singole apparecchiature fornite, preferibilmente su supporto digitale.

² L'Operatore Economico ha l'obbligo di sdoganare la merce sia all'esportazione sia all'importazione, assumendosi il costo degli eventuali dazi all'importazione nonché delle spese accessorie. L'IVA rimane a carico della Stazione Appaltante.

- Si impegna a consegnare le eventuali schede di manutenzione ordinaria e straordinaria delle apparecchiature suddivise per interventi giornalieri, settimanali, mensili, ecc..

8. SICUREZZA SUL LAVORO

L'Aggiudicatario si assume la responsabilità per gli infortuni del personale addetto, che dovrà essere opportunamente addestrato ed istruito.

La valutazione dei rischi propri dell'Aggiudicatario nello svolgimento della propria attività professionale resta a carico dello stesso, così come la redazione dei relativi documenti e la informazione/formazione dei propri dipendenti.

L'Aggiudicatario è tenuto a garantire il rispetto di tutte le normative riguardanti l'igiene e la sicurezza sul lavoro con particolare riferimento alle attività che si espletano presso l'Ente.

In relazione alle risorse umane impegnate nelle attività oggetto del presente contratto, l'Aggiudicatario è tenuto a far fronte ad ogni obbligo previsto dalla normativa vigente in ordine agli adempimenti fiscali, tributari, previdenziali ed assicurativi riferibili al personale dipendente ed ai collaboratori.

Per quanto riguarda i lavoratori dipendenti, l'Aggiudicatario è tenuto ad osservare gli obblighi retributivi e previdenziali previsti dai corrispondenti CCNL di categoria, compresi, se esistenti alla stipulazione del contratto, gli eventuali accordi integrativi territoriali.

Gli obblighi di cui al comma precedente vincolano l'Aggiudicatario anche qualora lo stesso non sia aderente alle associazioni stipulanti gli accordi o receda da esse, indipendentemente dalla struttura o dimensione del medesimo e da ogni altra qualificazione giuridica, economica o sindacale.

9. DIVIETO DI CESSIONE DEL CONTRATTO

È vietata la cessione del contratto ai sensi dell'art. 119, comma 1 del D. Lgs. 36/2023 e ss.mm.ii.

Per quanto riguarda le ristrutturazioni societarie, che comportino successione nei rapporti pendenti riguardanti l'Aggiudicatario, si applicano le disposizioni di cui all'art. 120, c.1 lett. d) del D. Lgs. 36/2023 e ss.mm.ii.

L'Aggiudicatario è tenuto a comunicare tempestivamente alla Stazione Appaltante ogni modificazione intervenuta negli assetti proprietari e nella struttura organizzativa.

10. VERIFICA DI CONFORMITÀ DELLA FORNITURA

La fornitura sarà oggetto di verifica di conformità da svolgersi conformemente a quanto previsto nell'art. 36 dell'Allegato II.14 del D. Lgs. 36/2023 e ss.mm.ii., al fine di accertarne la regolare esecuzione, rispetto alle condizioni e ai termini stabiliti nel contratto, alle eventuali leggi di settore e alle disposizioni del codice. Le attività di verifica hanno, altresì, lo scopo di accertare che i dati risultanti dalla contabilità e dai documenti giustificativi corrispondano fra loro e con le risultanze di fatto, fermi restando gli eventuali accertamenti tecnici previsti dalle leggi di settore.

La verifica di conformità è avviata entro trenta giorni dall'ultimazione della prestazione, salvo un diverso termine esplicitamente previsto dal contratto ed è conclusa entro il termine stabilito dal contratto e comunque non oltre sessanta giorni dall'ultimazione della prestazione. È effettuata direttamente dal RUP o dal Direttore dell'esecuzione del contratto.

Durante le suddette operazioni, la Stazione Appaltante ha altresì la facoltà di chiedere all'Aggiudicatario tutte quelle prove atte a definire il rispetto delle specifiche tecniche e strumentali dichiarate e quant'altro necessario a definire il buon funzionamento della fornitura.

Sarà rifiutata la fornitura difettosa o non rispondente alle prescrizioni tecniche richieste dal Capitolato tecnico e accettate in base all'offerta presentata in sede di gara dall'Aggiudicatario. L'esito positivo della verifica non esonera l'Aggiudicatario dal rispondere di eventuali difetti non emersi nell'ambito delle attività di verifica di conformità e successivamente riscontrati; tali difetti dovranno essere prontamente eliminati durante il periodo di garanzia.

Il certificato di verifica di conformità è sempre trasmesso dal soggetto che lo rilascia al RUP. Il RUP, ricevuto il certificato di verifica di conformità definitivo, lo trasmette all'esecutore, il quale lo sottoscrive nel termine di quindici giorni dalla sua ricezione, ferma restando la possibilità, in sede di sottoscrizione, di formulare eventuali contestazioni in ordine alle operazioni di verifica di conformità. Il RUP comunica al soggetto incaricato della verifica le eventuali contestazioni fatte dall'esecutore al certificato di conformità. Il soggetto incaricato della verifica di conformità riferisce, con apposita relazione riservata, sulle contestazioni fatte dall'esecutore e propone le soluzioni ritenute più idonee, ovvero conferma le conclusioni del certificato di verifica di conformità emesso.

11. FATTURAZIONE E PAGAMENTO

Ai fini del pagamento del corrispettivo contrattuale il Fornitore, se stabilito e/o identificato ai fini IVA in Italia, dovrà emettere fattura elettronica ai sensi e per gli effetti del Decreto del Ministero dell'Economia e delle Finanze N. 55 del 3 aprile 2013, inviando il documento elettronico al Sistema di Interscambio che si occuperà di recapitare il documento ricevuto alla Stazione Appaltante. Il Consiglio Nazionale delle Ricerche è soggetto all'applicazione del meccanismo dello "Split Payment". In caso di Fornitore straniero la fattura dovrà essere in formato cartaceo.

È prevista un'anticipazione sul prezzo contrattuale pari al trenta (30%) da corrispondere all'aggiudicatario, previa emissione di fattura, entro quindici giorni dall'effettivo inizio della prestazione, sul conto corrente dedicato di cui alla tracciabilità dei flussi finanziari. L'erogazione dell'anticipazione è subordinata alla costituzione di garanzia fidejussoria bancaria o assicurativa di importo pari all'anticipazione maggiorato del tasso di interesse legale applicato al periodo necessario al recupero dell'anticipazione stessa secondo il cronoprogramma della prestazione, rilasciata da imprese bancarie autorizzate ai sensi del decreto legislativo 1° settembre 1993, n. 385, o assicurative autorizzate alla copertura dei rischi ai quali si riferisce l'assicurazione e che rispondano ai requisiti di solvibilità previsti dalle leggi che ne disciplinano la rispettiva attività. La garanzia può essere, altresì, rilasciata dagli intermediari finanziari iscritti nell'albo degli intermediari finanziari di cui all'articolo 106 del decreto legislativo 1° settembre 1993, n. 385. L'importo della garanzia è gradualmente e automaticamente ridotto nel corso della prestazione, in rapporto al progressivo recupero dell'anticipazione da parte delle stazioni appaltanti. Il beneficiario decade dall'anticipazione, con obbligo di restituzione, se l'esecuzione della prestazione non procede, per ritardi a lui imputabili, secondo i tempi contrattuali. Sulle somme restituite sono dovuti gli interessi legali con decorrenza dalla data di erogazione della anticipazione.

È prevista la possibilità di effettuare pagamenti intermedi (stati di avanzamento delle prestazioni - SAP) fino ad un massimo pari all'ottantacinque (85%) del prezzo contrattuale da corrispondere all'aggiudicatario previa, per ogni SAP previsto da contratto, consegna, emissione di fattura e relativa verifica di conformità.

Nel caso in cui l'Aggiudicatario abbia ottenuto l'anticipazione sul prezzo contrattuale, fino all'85% dell'importo dell'anticipazione sarà recuperato sulla fattura del SAP.

Secondo quanto disposto dall'art.37, c.6 dell'Allegato II.14 al D. Lgs. 36/2023, il pagamento della rata di saldo e lo svincolo della cauzione definitiva, di cui all'articolo 117 del codice, saranno effettuati a seguito della consegna, resa operativa e relativo collaudo, eseguito presso il sito della Stazione Appaltante, ed emissione del certificato definitivo di verifica di conformità, e solo dopo la risoluzione delle eventuali contestazioni sollevate dall'esecutore. I prezzi si intendono fissi ed invariabili per l'intera durata contrattuale.

Le fatture dovranno contenere i seguenti dati:

- Intestazione: Istituto Struttura della Materia Sede di Tito Scalo;
- Il Codice Fiscale 80054330586;
- La Partita IVA 02118311006 (solo per Aggiudicatari stranieri);
- Il Riferimento al contratto (N° di protocollo e data);
- Il CIG [B324B15C36];
- Il CUP B33C22000710006;
- Il CUU (Codice Univoco Ufficio) dell'Ente: LII612 (solo per i soggetti stabiliti e/o identificati ai fini IVA in Italia);

- L'importo imponibile (solo per i soggetti stabiliti e/o identificati ai fini IVA in Italia);
- L'importo dell'IVA (solo per i soggetti stabiliti e/o identificati ai fini IVA in Italia);
- Esigibilità IVA "S" scissione dei pagamenti (solo per i soggetti stabiliti e/o identificati ai fini IVA in Italia);
- L'importo totale;
- L'intestazione del contratto;
- Il codice IBAN del conto corrente dedicato;
- Il "Commodity code" (solo per Aggiudicatari stranieri).

Ai fini del pagamento del corrispettivo la Stazione Appaltante procederà alle verifiche di legge.

In caso di inadempienza risultante dal documento unico di regolarità contributiva relativo a personale dipendente dell'affidatario o del subappaltatore o dei soggetti titolari di subappalti e cottimi, impiegato nell'esecuzione del contratto, il CNR tratterà l'importo corrispondente all'inadempienza per il successivo versamento diretto agli enti previdenziali e assicurativi, ai sensi dell'articolo 11, comma 6 del D. Lgs. n. 36/2023.

In attuazione dell'articolo 48-bis del DPR n. 602/1973 e ss.mm.ii., recante disposizioni in materia di pagamenti da parte delle Pubbliche Amministrazioni, i pagamenti di importo superiore ad € 5.000,00 saranno effettuati previa verifica presso Agenzia delle Entrate-Riscossione del regolare pagamento delle cartelle esattoriali eventualmente notificate all'Impresa.

Nell'ipotesi di raggruppamenti temporanei di imprese o di consorzi, la liquidazione del corrispettivo avverrà esclusivamente a favore della mandataria o designata quale capogruppo o del consorzio stesso.

In sede di liquidazione delle fatture potranno essere recuperate le spese per l'applicazione di eventuali penalità (di cui al paragrafo § 5); la Stazione Appaltante potrà sospendere, ferma restando l'applicazione delle eventuali penali, i pagamenti all'Aggiudicatario cui sono state contestate inadempienze nell'esecuzione della fornitura, fino al completo adempimento degli obblighi contrattuali.

12. TRACCIABILITÀ DEI FLUSSI FINANZIARI

L'Aggiudicatario assume tutti gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari di cui all'art. 3 della legge 13 agosto 2010 n. 136 e successive modificazioni ed integrazioni.

Il mancato utilizzo del bonifico bancario o postale ovvero degli altri strumenti di incasso o pagamento idonei a consentire la piena tracciabilità delle operazioni costituisce causa di risoluzione del contratto ai sensi dell'art. 3, comma 9-bis, della legge 13 agosto 2010 n.136.

L'Aggiudicatario si impegna a dare immediata comunicazione alla Stazione Appaltante ed alla prefettura ufficio territoriale del Governo della provincia di Roma della notizia dell'inadempimento della propria controparte (subappaltatore/subcontraente) agli obblighi di tracciabilità finanziaria.

13. RISOLUZIONE DEL CONTRATTO

In adempimento a quanto previsto dall'art. 122 del D. Lgs. 36/2023 e s.m.i. la Stazione Appaltante risolverà il contratto nei casi e con le modalità ivi previste.

Per quanto non previsto nel presente paragrafo, si applicano le disposizioni di cui al Codice civile in materia di inadempimento e risoluzione del contratto.

In ogni caso si conviene che la Stazione Appaltante, senza bisogno di assegnare previamente alcun termine per l'adempimento, potrà risolvere di diritto il contratto ai sensi dell'art. 1456 c.c., previa dichiarazione da comunicarsi all'Aggiudicatario tramite posta elettronica certificata nei seguenti casi:

- mancata reintegrazione della cauzione eventualmente escussa entro il termine di 10 (dieci) giorni lavorativi dal ricevimento della relativa richiesta da parte della Stazione Appaltante;
- nel caso in cui l'UTG competente rilasci la comunicazione/informazione antimafia interdittiva;

- nei casi di cui ai precedenti paragrafi relativi a:
 1. Penalità;
 2. Oneri ed obblighi dell'Aggiudicatario;
 3. Sicurezza sul lavoro;
 4. Divieto di cessione del contratto.