CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Laboratorio per lo studio di Fuel Cell Stack e Systems nell'ambito del progetto "DHINAMIC"

INDICE

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO 1

OGGETTO 2
CARATTERISTICHE GENERALI DELLA FORNITURA 2
IMPORTO CONTRATTUALE 3
TERMINE PER L'ULTIMAZIONE DELLA FORNITURA – PENALE PER IL RITARDO 3
DIRETTORE DELL'ESECUZIONE, VERIFICA DI REGOLARE ESECUZIONE E ACCETTAZIONE 4
MODALITÀ DI PAGAMENTO 5
ANTICIPAZIONE DEL PREZZO 6
TRACCIABILITÀ DEI PAGAMENTI 6
CRITERIO DI AFFIDAMENTO DELL'APPALTO 7
- *Tabella A: Criterio di aggiudicazione 7*
- *Tabella B: Criteri di valutazione dell'offerta tecnica 7*

ALLEGATO 1 10

SPECIFICHE TECNICHE 10
- *Modulo di alimentazione dei gas 10*
- *Modulo di controllo dell'umidificazione dei gas 11*
- *Modulo di controllo della temperatura dei gas 11*
- *Modulo di raffreddamento stack 12*
- *Modulo di controllo del carico 12*
- *Sistema di protezione e allarme 13*
- *Modulo di acquisizione dati 13*
- *Software di gestione del banco prova 13*

CARATTERISTICHE ESSENZIALI PER L'ACCETTABILITÀ DELLA FORNITURA 14
- *Affidabilità 14*
- *Sicurezza 15*
- *Accessibilità 16*
- *Installazione del banco prova 16*
- *Periodo di assistenza e manutenzione 16*
- *Documentazione 17*

ALLEGATO 2 19

SPECIFICHE TECNICHE 19
- *Modulo di alimentazione idrogeno 19*
- *Modulo di controllo della temperatura (Stack) 20*
- *Modulo di controllo della temperatura (BOP) 20*
- *Modulo di gestione dei gas di scarico 20*
- *Modulo di controllo del carico 21*

- *Sistema di protezione e allarme* ... *22*
- *Modulo di acquisizione dati* ... *22*
- *Software di gestione del banco prova* ... *22*

CARATTERISTICHE ESSENZIALI PER L'ACCETTABILITÀ DELLA FORNITURA ... 23

- *Affidabilità* ... *23*
- *Sicurezza* ... *24*
- *Accessibilità* ... *25*
- *Installazione del banco prova* ... *25*
- *Periodo di assistenza e manutenzione* ... *26*
- *Documentazione* ... *26*

ALLEGATO 3 ... **28**

SPECIFICHE TECNICHE ... 28

ALLEGATO 4 ... **30**

COMMISSIONING SISTEMI DI TEST FUEL CELL STACK E FUEL CELL SYSTEM ... 30

- *VERIFICA DELL'INFRASTRUTTURA* ... *30*
- *VERIFICA STRUMENTAZIONE E ACQUISIZIONE DATI* ... *30*
- *VERIFICA DELLE PROCEDURE DI SICUREZZA* ... *31*
- *TEST DI FUNZIONALITÀ* ... *31*

OGGETTO

Il presente elaborato costituisce il Capitolato Tecnico per la fornitura di sistemi prototipali per il test di stack di celle a combustibile di tipo PEM (Proton Exchange Membrane Fuel Cell - PEMFC) e sistemi PEMFC al fine di costituire un laboratorio a supporto dell'integrazione del vettore idrogeno nella mobilità e, in particolare, nei settori del trasporto pesante su gomma e ferroviario. I sistemi prototipali per i test consentiranno la caratterizzazione, in termini di prestazioni, e la diagnostica di stack e interi sistemi fuel cell; inoltre, potranno consentire di verificare il funzionamento delle unità in prova in condizioni operative reali attraverso test dinamici. Infine, l'architettura di prova consentirà lo sviluppo e l'ottimizzazione delle strategie di gestione dell'energia per diverse tipologie di powertrain.

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA FORNITURA

L'appalto ha per oggetto la fornitura e messa in opera di sistemi prototipali che hanno lo scopo di testare stack e sistemi PEMFC. Tali laboratori sono a supporto delle attività di ricerca condotte nell'ambito del progetto Flagship dal titolo "Diagnostic train, Hydrogen-fueled for INspection And functional verification during Motion of the rail transport Infrastructures and

quality Control (DHINAMIC)", presentato dallo Spoke14 "Hydrogen and New Fuels" e finanziato dal Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile denominato MOST.

La fornitura in oggetto è costituita da:

- Sistema prototipale di test per stack PEMFC fino a 300kW;
- Sistema prototipale di test per sistemi PEMFC fino a 400kW;
- Un sistema prototipale PEMFC da 120kW.

Sono da considerarsi oggetto di fornitura anche tutti gli elementi per l'integrazione del sistema all'interno degli spazi dedicati ai laboratori anche se non specificatamente dichiarati.

Le specifiche tecniche e le caratteristiche generali delle forniture sono presentate nei rispettivi allegati, come da elenco seguente:

- Allegato 1: Sistema prototipale di test per stack PEMFC fino a 300kW;
- Allegato 2: Sistema prototipale di test per sistemi PEMFC fino a 400kW;
- Allegato 3: Sistema prototipale PEMFC da 120kW.

IMPORTO CONTRATTUALE

L'investimento complessivo a base di negoziazione dell'intera fornitura di cui al presente Capitolato ammonta, per la stazione appaltante, a:

- 1,100,000.00 € (Euro unmilionecentomila/00) oltre IVA.

La spesa graverà interamente sui fondi:

Progetto di Ricerca: Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile - CNMS - Codice progetto CN00000023 - PNRR - SPOKE 14 Prof. Marco Torresi

Scadenza: 28/02/2026

Cod. Id.: PNRR_CN_MOBILITA_SOSTENIBILE_SPOKE_14_Torresi

CUP: D93C22000410001

di cui è Responsabile Scientifico il Prof. Marco TORRESI

TERMINE PER L'ULTIMAZIONE DELLA FORNITURA – PENALE PER IL RITARDO

Il termine utile massimo per la consegna e la regolare ultimazione della installazione di tutta la

fornitura resta stabilito a 6 (sei) mesi dalla stipula del contratto, entro e non oltre il 31/07/2025.

La penale pecuniaria, per ogni giorno di ritardo sul termine come sopra stabilito, è fissata nella misura del 2 ‰ (due per mille) dell'importo contrattuale. La suddetta penale, in ogni caso, non potrà superare la misura del 1/10 dell'importo contrattuale. Nel caso in cui il ritardo superi il periodo di giorni 30 (trenta) sul termine di ultimazione, il Politecnico di Bari si riserva la facoltà di risolvere il Contratto, adottando ogni provvedimento necessario per il risarcimento di eventuali danni.

La Stazione Appaltante si riserva, inoltre, di sospendere il pagamento della penale nel caso di motivi ostativi alla consegna o alla installazione del sistema prototipale non imputabili all'Operatore Economico, tali per cui la Stazione Appaltante richieda di posticipare la consegna e l'installazione del sistema prototipale oltre gli 8 mesi, naturali e consecutivi, decorrenti dalla data di sottoscrizione del contratto.

DIRETTORE DELL'ESECUZIONE, VERIFICA DI REGOLARE ESECUZIONE E ACCETTAZIONE

1. Dato che la fornitura si caratterizza per l'utilizzo di componenti ad alto contenuto tecnologico, dopo l'aggiudicazione è nominato un Referente per l'esecuzione.
2. Il Referente per l'esecuzione svolge attività di coordinamento, direzione e controllo tecnico-contabile dell'esecuzione del contratto in attuazione del Regolamento del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti recante: *"Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione",* emanato con D.M. 7 marzo 208 n. 49 e successive modificazioni.
3. Al Referente per l'esecuzione, dal momento dell'aggiudicazione fino alla verifica di regolare esecuzione finale, è precluso accettare nuovi incarichi professionali dall'impresa affidataria ed è onere dello stesso segnalare alla Stazione Appaltante eventuali rapporti con l'aggiudicatario.
4. Il Referente per l'esecuzione, sulla base delle indicazioni del Responsabile Unico del Procedimento (RUP), dopo che il contratto è divenuto efficace, dà avvio all'esecuzione della prestazione.
5. L'accettazione della fornitura è subordinata alla verifica di regolare esecuzione volta ad

accertare che l'oggetto del contratto in termini di prestazioni, obiettivi e caratteristiche tecniche, economiche e qualitative sia stato realizzato ed eseguito nel rispetto delle previsioni contrattuali e delle condizioni offerte in sede di aggiudicazione. In particolare, è verificato, tramite prove dedicate, che la fornitura presenti i requisiti richiesti dal capitolato d'appalto e dall'offerta tecnica.

6. Alla verifica di regolare esecuzione della fornitura sovraintende un'apposita Commissione. Il Referente per l'esecuzione collabora con il RUP, ai fini della trasmissione della documentazione necessaria alla Commissione incaricata dalla Stazione Appaltante della verifica di regolare esecuzione.
7. Alle operazioni di verifica dovranno assistere i rappresentanti del fornitore, il quale è tenuto a fornire tutta l'assistenza, il personale e i mezzi tecnici inclusi gli eventuali materiali di consumo, secondo le indicazioni fornite dalla Commissione.
8. I Commissari potranno eseguire tutte le verifiche a loro giudizio necessarie, senza alcuna possibilità di contestazione o pretesa da parte del fornitore.
9. La verifica di regolare esecuzione deve avvenire entro 30 (trenta) giorni dalla messa in funzione del Prototipo.
10. All'esito dell'attività di verifica il soggetto incaricato (Referente per l'esecuzione/Commissione) redige apposito verbale, che deve essere sottoscritto da tutti i soggetti intervenuti e trasmesso tempestivamente al RUP per gli adempimenti di competenza.
11. Il Referente per l'esecuzione controlla che il Prototipo, durante il suo funzionamento, soddisfi le caratteristiche migliorative offerte nell'ambito dell'offerta economicamente più vantaggiosa; controlla la qualità della fornitura e la regolarità del servizio di assistenza tecnica resa, sulla base dei criteri indicati nel presente Capitolato.

MODALITÀ DI PAGAMENTO

I pagamenti sono effettuati secondo lo schema riportato di seguito:

- 30% (trenta per cento) come anticipazione su richiesta dell'Operatore Economico selezionato.
- 40% (quaranta per cento) all'approvazione del certificato di pre-collaudo presso

l'Operatore Economico.

- 20% (venti per cento) all'avvenuta consegna della fornitura.
- 10% (dieci per cento) alla conclusione della fase di commissioning.
- Entro 7 (sette) giorni dall'esito positivo della verifica di collaudo di regolare esecuzione /verifica di conformità il Responsabile Unico del Procedimento rilascia il "certificato di pagamento" ai fini dell'emissione della fattura.
- Il certificato di pagamento non costituisce presunzione di accettazione dell'opera, ai sensi dell'art. 1666, secondo comma, del *codice civile.*

ANTICIPAZIONE DEL PREZZO

1. Sul valore del contratto di appalto verrà calcolato l'importo dell'anticipazione del prezzo pari al 30% (trenta per cento) da corrispondere all'appaltatore entro 15 giorni dall'effettivo inizio della prestazione.
2. L'erogazione dell'anticipazione è subordinata alla costituzione di garanzia fideiussoria 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.
3. L'importo della garanzia viene gradualmente e automaticamente ridotto nel corso della prestazione, in rapporto al progressivo recupero dell'anticipazione della Stazione Appaltante.
4. Il beneficiario decade dall'anticipazione, con l'obbligo di restituzione, se l'esecuzione della prestazione non procede, per ritardi a lui imputabili, secondo i tempi contrattuali.
5. Sulle somme restituite sono dovuti gli interessi legali con decorrenza dalla data di erogazione della anticipazione.

TRACCIABILITÀ DEI PAGAMENTI

1. L'aggiudicatario nonché ogni altra Impresa a qualsiasi titolo interessata al presente contratto, sono impegnati a osservare gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari in ottemperanza a quanto previsto dalla Legge 13 agosto 2010 n. 136 e s.m.i.
2. I soggetti di cui al paragrafo che precede sono obbligati a comunicare alla Stazione

Appaltante gli estremi identificativi dei conti correnti bancari o postali dedicati, anche se in via non esecutiva, alle movimentazioni finanziarie relative al presente contratto, unitamente alle generalità e al codice fiscale dei soggetti abilitati ad operare su tali conti correnti.

3. Tutte le movimentazioni finanziarie di cui al presente contratto devono avvenire – salve le deroghe previste dalla normativa citata – tramite bonifico bancario o postale (Poste Italiane S.p.A.) e riportare, relativamente a ciascuna transazione, il Codice Identificativo di Gara (CIG) e il Codice Unico Progetto (CUP) comunicati dalla Stazione Appaltante.
4. Il mancato assolvimento degli obblighi previsti dall'art. 3 della citata legge n. 136/2010 costituisce causa di risoluzione del contratto, ai sensi dell'art. 1456 cc e dell'art. 3, c. 8 della legge.

CRITERIO DI AFFIDAMENTO DELL'APPALTO

Fermo restando il rispetto del principio DNSH (Do No Significant Harm) che prevede che gli interventi previsti dai PNRR nazionali non arrechino nessun danno significativo all'ambiente, il criterio di aggiudicazione è quello dell'offerta economicamente più vantaggiosa individuata sulla base del miglior rapporto qualità/prezzo.

- **TABELLA A: CRITERIO DI AGGIUDICAZIONE**

La valutazione dell'offerta tecnica e dell'offerta economica sarà effettuata dalla Commissione giudicatrice in base ai seguenti punteggi:

	PUNTEGGIO MASSIMO
Offerta tecnica	70
Offerta economica	30
TOTALE	**100**

Nei moduli dell'offerta tecnica il concorrente dovrà indicare come intende eseguire la fornitura valorizzando i parametri su cui la Commissione giudicatrice effettuerà la valutazione tecnica secondo i criteri di seguito indicati.

- **TABELLA B: CRITERI DI VALUTAZIONE DELL'OFFERTA TECNICA**

Il **punteggio dell'offerta tecnica** è costituito sulla base dei criteri di valutazione elencati nella

sottostante tabella con la relativa ripartizione dei punteggi.

Nella colonna identificata dalla lettera **T** vengono indicati i **"Punteggi tabellari"**, vale a dire i punteggi fissi e predefiniti che saranno attribuiti o non attribuiti in ragione dell'offerta o mancata offerta di quanto specificatamente richiesto.

Nella colonna identificata dalla lettera **D** vengono indicati i **"Punteggi discrezionali"**, vale a dire punteggi il cui coefficiente è attribuito in ragione dell'esercizio della discrezionalità spettante alla commissione giudicatrice.

Tabella dei criteri discrezionali (D) e tabellari (T) di valutazione dell'offerta tecnica

	Criterio di valutazione		PUNTI D MAX	PUNTI T	PUNTI T MAX	TOTALE PUNTEGGI
A	Estensione della garanzia oltre il requisito minimo richiesto dei 24 mesi con punteggi così ripartiti:	da 1 a 4 mesi		1	4	
		da 5 a 8 mesi		2		
		da 9 a 12 mesi		3		
		oltre 13 mesi		4		
B	Manutenzione ordinaria con punteggi così ripartiti:	da 1 a 4 mesi		1	4	
		da 5 a 8 mesi		2		
		da 9 a 12 mesi		3		
		oltre 13 mesi		4		
C	Pari opportunità generazionali e di genere		2			
D	Possesso della certificazione del Sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015				2	
E	Capacità tecnica degli operatori a cui sarà affidata la cura dello sviluppo e dell'installazione del prototipo		5			
F	Qualità e capacità prestazionali dei componenti e dei materiali accessori		25			
G	Esperienza in progetti di ricerca/forniture ad alto contenuto tecnologico		12			
H	Struttura organizzativa aziendale		4			
I	Migliorie Opzionali		12			
TOTALE			60		10	70

Non è prevista una soglia minima di sbarramento.

Di seguito si riporta il dettaglio di ciascun criterio elemento di valutazione:

C. – Pari opportunità generazionali e di genere (max 2 punti): questo punteggio verrà riconosciuto nel momento in cui l'operatore economico abbia, nell'ultimo triennio, rispettato i principi della parità di genere, anche tenendo conto del rapporto tra uomini e donne nelle assunzioni, nei livelli retributivi e nel conferimento di incarichi apicali o abbia, nell'ultimo triennio, adottato specifiche misure per promuovere le pari opportunità generazionali. Oppure il punteggio sarà attribuito nel momento in cui l'operatore economico si impegna ad assumere, oltre alla soglia minima percentuale prevista come requisito di partecipazione, donne per l'esecuzione del contratto o per la realizzazione di attività ad esso connesse o strumentali o si impegna ad assumere, oltre alla soglia minima percentuale prevista come requisito di partecipazione giovani di età inferiore a trentasei anni per l'esecuzione del contratto o per la realizzazione di attività ad esso connesse o strumentali.

E. – Capacità tecnica degli operatori a cui sarà affidata la cura dell'installazione del prototipo (max 5 punti): l'operatore economico dovrà esplicitare, allegando specifici *curricula*, le competenze tecniche e le professionalità del personale della squadra di lavoro che verrà incaricata di produrre il prototipo e di eseguire l'installazione della fornitura.

F. – Miglioramento della qualità e delle capacità prestazionali dei componenti e dei materiali accessori (max 25 punti): proposte migliorative relative alle prestazioni dei componenti e dei materiali da utilizzare per rendere più performante il prototipo da installare.

G. – Esperienza in progetti di ricerca/forniture ad alto contenuto tecnologico (max 12 punti): l'operatore economico dovrà descrivere forniture o progetti di ricerca ad alto contenuto tecnologico di cui è stato esecutore nel periodo antecedente alla indizione della presente procedura, dimostrando di avere già operato nel campo della ricerca.

H. – Struttura organizzativa aziendale (max 4 punti): l'operatore economico dovrà illustrare il proprio modello organizzativo aziendale.

I. – Migliorie opzionali (max 12 punti): proposte migliorative indirizzate fra quelle previste nel presente capitolato come opzionali. Più specificatamente l'operatore economico dovrà descrivere le eventuali forniture della Fuel Cell e dei sistemi prototipali di test.

Allegato 1

Sistema prototipale di test per stack PEMFC fino a 300kW

SPECIFICHE TECNICHE

Le caratteristiche di seguito indicate definiscono i requisiti minimi prestazionali da rispettare nella formulazione dell'Offerta da parte degli Operatori Economici e, in caso di aggiudicazione, nell'esecuzione della fornitura. Gli Operatori Economici concorrenti possono pertanto proporre varianti migliorative alle precitate caratteristiche che saranno oggetto di valutazione.

Le apparecchiature oggetto della fornitura dovranno essere complete di ogni onere e accessorio necessario alla realizzazione a regola d'arte del sistema prototipale, oltre che al suo allacciamento alla linea gas idrogeno, agli impianti elettrici e idrici.

La fornitura del sistema prototipale di test per stack PEMFC fino a 300kW, le cui specifiche sono descritte di seguito, deve includere:

- Modulo di alimentazione dei gas;
- Modulo di controllo umidificazione dei gas;
- Modulo di controllo temperatura dei gas;
- Modulo di raffreddamento stack;
- Modulo di controllo del carico;
- Sistema di protezione e allarme;
- Modulo acquisizione dati;
- Software di gestione del banco.

- MODULO DI ALIMENTAZIONE DEI GAS

Questa unità fornisce i gas H_2, N_2 e Aria necessari per la reazione elettrochimica del banco di prova delle celle a combustibile. Il flusso dei gas deve essere controllato da misuratori di portata massica (MFC). La pressione dei gas deve essere controllata nel range di 0-500kPa$_g$ e con una accuratezza di ±2kPa o inferiore.

Sia l'anodo che il catodo devono essere dotati di funzione di lavaggio con azoto e possono essere

trattati automaticamente. Lo spurgo dovrà avvenire quando la stazione di prova è spenta o tramite comando dell'operatore.

In Tabella 1 sono mostrati i requisiti riguardanti le portate dei gas e l'accuratezza richiesta per i MFC.

Tabella 1. Range di portata gas lato anodo e catodo e accuratezza dei controllori di portata.

Anodo		
H_2 MFC range	0 – 6.667E-02	Nm^3/s
N_2 MFC range	0 – 1.333E-01	Nm^3/s
Catodo		
Aria MFC range	0 – 4.000E-01	Nm^3/s
N_2 MFC range	0 – 2.000E-01	Nm^3/s
Accuratezza MFC		
Controllo portata H_2	±(0.8% RD + 0.2% FS)	
Controllo portata Aria	±(0.8% RD + 0.2% FS)	

- **MODULO DI CONTROLLO DELL'UMIDIFICAZIONE DEI GAS**

Il banco prova deve supportare il passaggio automatico tra gas secchi e umidi all'ingresso dello stack. I gas secchi e umidi devono essere fisicamente isolati da valvole solenoidi per garantire la protezione dei gas secchi. Gli utenti devono poter personalizzare e controllare la temperatura all'interno del serbatoio di umidificazione per ottenere un controllo preciso della temperatura del punto di rugiada del gas.

Il metodo di umidificazione deve essere capace di raggiungere un intervallo di umidificazione compreso tra 0 e 90% di umidità relativa (RH), con un aumento medio della temperatura del punto di rugiada di 2°C/min.

- **MODULO DI CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DEI GAS**

La temperatura dei gas in entrata e in uscita dallo stack deve essere controllata tramite un sistema di riscaldamento elettrico e raffreddamento ad acqua con scambiatori di calore. Inoltre, è richiesto il controllo automatico del punto di rugiada del gas per evitare accumulo di condensa nell'unità in test.

Il sistema deve garantire il controllo della temperatura dei gas in un range tra 40-90°C, con una accuratezza di ±2°C (±1°C in stazionario).

- **MODULO DI RAFFREDDAMENTO STACK**

Il modulo di raffreddamento dello stack fuel cell deve smaltire il calore generato dallo stack tramite un circuito di raffreddamento a liquido.

In Tabella 2 sono mostrati i requisiti riguardanti il sistema di raffreddamento.

Tabella 2. Caratteristiche del sistema di raffreddamento

Sistema di raffreddamento stack		
	Range	**Accuratezza**
Portata	1.333E-03 - 1.333E-02 m^3/s	± 1% FS
Temperatura	5 - 90 °C	± 2°C, ± 1°C (in stazionario)
Pressione	0 - 300 kPa_g	± 2 kPa (in stazionario)

- **MODULO DI CONTROLLO DEL CARICO**

Deve essere previsto un carico elettronico di tipo a consumo programmabile (programmable consumption-type electronic load) ad alta precisione alimentato dalla rete elttrica, che consente quattro modalità: tensione costante (CV), corrente costante (CC) e potenza costante (CP). L'alimentazione esterna a basso consumo deve consentire esperimenti di polarità inversa. Le caratteristiche minime per le prestazioni nominali del modulo in oggetto sono presentate in Tabella 3.

Tabella 3. Prestazioni nominali per il sistema di controllo del carico.

Controllo elettronico del carico		
	Range	**Accuratezza**
Potenza massima	≧ 350 kW	± 0.2% FS
Corrente	0 - 1200 A	± 0.1% FS
Potenziale elettrico	24 - 1200 VDC	± 0.1% FS
Modalità di funzionamento	CC, CV, CP	

Il banco prova deve garantire che il flusso del gas reagente raggiunga il 90% del valore impostato in un intervallo compreso tra 0.5 e 2 secondi. Per quanto riguarda la risposta dinamica della corrente, il feedback del carico elettronico deve rispondere in meno di 1 ms per passare dal 10% al 90% del valore impostato. La risposta dinamica della tensione, e controllo della potenza, deve avere un feedback inferiore a 8 ms. Questi parametri devono essere garantiti dai settaggi dei controllori PID.

- **SISTEMA DI PROTEZIONE E ALLARME**

Il banco prova deve essere dotato di un sistema di allarme a quattro livelli di sicurezza (livello di sicurezza di sistema, livello di sicurezza operativa, livello di guasto, livello di avviso) altamente affidabile. Il livello di sicurezza di sistema deve trasmettere il segnale mediante un sistema di connessione cablata.

Il sistema di protezione e allarme deve includere almeno due rilevatori di H_2: uno posizionato nella cappa principale e uno nell'area di test del banco di prova. I rilevatori devono essere certificati CE ATEX.

- **MODULO DI ACQUISIZIONE DATI**

I sensori e i moduli di acquisizione per la temperatura, la pressione, la corrente, la tensione, ecc. sono in grado di soddisfare le esigenze in termini di accuratezza, sensibilità e stabilità dichiarate nelle precedenti sezioni.

Il sistema deve permettere l'esecuzione contemporanea di almeno 6 moduli di data logger personalizzabili dall'utente, permettendo di configurare il tasso di campionamento I/O in base alle reali esigenze operative.

Gli utenti devono poter configurare la frequenza di acquisizione dei dati. Un set completo di segnali deve poter essere registrato a una frequenza continua fino a 10 Hz, mentre per l'analisi di segnali specifici, la frequenza massima di registrazione deve raggiungere i 100 Hz.

La stazione di test deve consentire il monitoraggio della tensione per le singole celle (CVM), garantendo un minimo di 800 canali di acquisizione. La sensoristica prevista per il CVM dovrà misurare un range di ±2.5 V con un'accuratezza di ±1 mV e con una frequenza non inferiore a 10 Hz.

- **SOFTWARE DI GESTIONE DEL BANCO PROVA**

Il software di gestione del banco prova deve consentire le seguenti azioni all'operatore:

- Controllare tutti i parametri del banco di prova;
- Configurare i parametri di avviso e di allarme;
- Avviare ed eseguire i protocolli di prova (modalità manuale o automatica);
- Monitorare i parametri e le prestazioni dell'unità sottoposta al test;

- Creare funzioni e formule definite dall'utente;
- Impostare i parametri di acquisizione dei dati;
- Personalizzare le variabili utente, le visualizzazioni dei grafici, le serie di test;
- Impostazioni di archiviazione del database.

Il sistema, previa autorizzazione, deve consentire l'accesso remoto per una comoda assistenza ai clienti da parte di personale specializzato. Allo stesso tempo, deve poter inviare e-mail agli operatori e notificare lo stato di allarme del banco prova e lo stato del sistema. Il software deve consentire l'esecuzione di test accurati e affidabili, scrivendo e salvando i dati raccolti in un file per l'analisi dei dati.

In particolare, il set-up di prova deve consentire lo studio delle prestazioni dello stack PEMFC attraverso le seguenti tipologie di test:

1) Test di avvio e spegnimento;
2) Test di affidabilità e degrado delle prestazioni;
3) Curve di polarizzazione;
4) Test diagnostici, come la scansione dell'impedenza o la voltammetria ciclica/lineare;
5) Cicli dinamici di carico;

Come requisito opzionale è richiesta la possibilità di eseguire simulazioni Hardware in the Loop (HiL), per lo sviluppo e il collaudo di sistemi integrati a bordo veicolo. Quindi, consentire la comunicazione e il controllo, tramite CAN bus, di componenti industriali o automotive.

CARATTERISTICHE ESSENZIALI PER L'ACCETTABILITÀ DELLA FORNITURA

- **AFFIDABILITÀ**

Ogni componente deve essere testato per valutarne l'affidabilità. Per quanto riguarda le giunzioni saldate queste devono essere realizzate con saldatura al tungsteno schermata da gas inerte. Dopo la saldatura, oltre all'ispezione dell'aspetto del cordone di saldatura, devono essere eseguiti anche test non distruttivi, tra cui test radiografici e test di penetrazione. Inoltre, è richiesto di verificare le prestazioni del banco prova in condizioni operative e di completare i test in condizioni di lavoro estreme, tra cui prove dinamiche di pressione,

temperatura/umidità.

- **SICUREZZA**

È richiesta la compilazione di una matrice di sicurezza al fine di identificare e valutare i rischi. Si richiede che il sistema di sicurezza sia indipendente dal sistema di test dal punto di vista hardware e logico, consentendo l'interruzione del test anche nei casi più estremi. L'analisi della sicurezza proposta nel ISO12100 è di riferimento per identificare le aree ad alto rischio e adottare strategie di controllo di sicurezza ridondanti, riducendo notevolmente la probabilità di guasto del banco.

Per quanto riguarda la sicurezza elettrica, tutti i componenti elettrici devono essere selezionati attraverso la certificazione IEC di marchi nazionali e internazionali. Le principali apparecchiature elettriche, come l'alimentazione di controllo e i PLC, devono disporre di funzioni di allarme e autodiagnosi per garantire il funzionamento sicuro e affidabile del sistema elettrico.

La sicurezza delle linee gas richiede una struttura di banco appositamente progettata, che favorisca la diffusione dell'idrogeno in caso di perdite accidentali. Devono essere installate unità di rilevamento dell'idrogeno ridondanti, con almeno due punti di rilevamento per ciascun dispositivo, e un design del circuito elettrico ridondante per garantire l'affidabilità del sistema di rilevamento. Dopo un arresto di emergenza, lo spurgo forzato con azoto deve essere attivato automaticamente, garantendo lo spurgo completo delle tubazioni senza bisogno di operazioni manuali.

In merito alla sicurezza antincendio, il banco di prova:

- deve essere costruito con materiali ignifughi, isolati e resistenti alle alte temperature;
- deve essere dotato di un'unità di monitoraggio antincendio, interfacciato con il sistema di controllo della sicurezza e il sistema di controllo principale, in modo che possano essere prese misure tempestive per evitare l'espansione di un incendio.

Per la sicurezza dell'operatore, la piattaforma software:

- deve offrire una gestione gerarchica completa degli utenti, informazioni dettagliate sugli allarmi e suggerimenti per la manutenzione;
- deve fornire un registro completo delle operazioni e una funzione di registrazione degli

eventi di allarme, rendendo ogni arresto imprevisto rintracciabile e permettendo di identificare rapidamente la causa primaria del guasto.

Inoltre, devono essere forniti manuali dettagliati di funzionamento e manutenzione, e il personale in loco deve essere formato sulle procedure di sicurezza per la gestione sicura del banco a valle della messa in funzione dello stesso.

Infine, per la sicurezza ambientale, il banco di prova deve utilizzare attrezzature e materiali ecocompatibili per garantire che, dall'installazione fino alla rottamazione, non vengano causati inquinamento o danni all'ambiente (secondo il principio DNSH, Do No Significant Harm).

- **ACCESSIBILITÀ**

Il banco prova deve permettere a un solo operatore di eseguire i test, gestendo più dispositivi contemporaneamente. Inoltre, è richiesto un software di post-elaborazione dei dati che possa generare report dei test effettuati.

Il banco prova deve possedere una funzione di autodiagnosi della qualità della rete di acquisizione, fornendo continuamente il flusso di dati in forma di grafici.

L'offerta, inoltre, deve includere non meno di due settimane di messa in servizio (on-site commissioning) e formazione del personale in loco.

- **INSTALLAZIONE DEL BANCO PROVA**

L'offerta deve prevedere il supporto alla fase di progettazione e configurazione delle linee secondarie per integrare il banco prova all'interno del locale dove verrà allestito il laboratorio. Successivamente è necessaria la valutazione della sicurezza sul sito e la previsione del programma di manutenzione.

- **PERIODO DI ASSISTENZA E MANUTENZIONE**

Per quanto riguarda le attività di manutenzione, è richiesto che venga garantito un'adeguata capacità di assistenza post-vendita (fornitura rapida di parti di ricambio e supporto post-vendita con personale qualificato) per evitare eventuali attese impreviste per lo svolgimento dei test.

Il periodo di garanzia deve essere di almeno un anno, durante il quale il personale deve essere disponibile online nei normali orari di ufficio rispondendo nell'arco di 8 ore e che, nel caso di

problemi, possa essere presente in loco entro 48 ore.

- **DOCUMENTAZIONE**

Devono essere fornite copie elettroniche della documentazione relativa ai componenti OEM e della seguente documentazione in lingua inglese:

- Manuale operativo dell'hardware del banco prova;
- Manuale del software per il sistema di controllo;
- Manuale di manutenzione del banco prova;
- Manuale di operazione, regolazione e risoluzione dei problemi.

Inoltre, devono essere forniti i seguenti documenti tecnici:

- Diagramma di processo e strumentazione (P&ID);
- Schema elettrico;
- Layout generale.

Tabella riassuntiva delle specifiche tecniche (requisiti minimi richiesti)

Oggetto	**Sistema prototipale di test per stack PEMFC fino a 300kW**			
Modulo di alimentazione dei gas	Regolazione pressione gas	0 – 500	kPa_g	±2kPa
	H_2 MFC (anodo)	0 – 6.667E-02	Nm^3/s	±(0.8% RD + 0.2% FS)
	N_2 MFC (anodo)	0 – 1.333E-01	Nm^3/s	
	Aria MFC (catodo)	0 – 4.000E-01	Nm^3/s	±(0.8% RD + 0.2% FS)
	N_2 MFC (catodo)	0 – 2.000E-01	Nm^3/s	
	Tempo per raggiungere 90% del valore settato	0.5 - 2	s	
Modulo di controllo umidificazione dei gas	Range	0 - 90% RH		
	Dinamica regolazione dew point	2°C/min		
Modulo di controllo temperatura dei gas		40 - 90	°C	±2°C (±1°C in stazionario)
Modulo di raffreddamento stack	Portata	1.333E-03 - 1.333E-02	m^3/s	± 1% FS
	Temperatura	5 - 90.	°C	± 2°C, ± 1°C (in stazionario)
	Pressione	0 - 300	kPa_g	± 2 kPa (in stazionario)

Modulo di controllo del carico	Modalità di funzionamento	CV, CC, CP		
	Potenza massima gestita	≧ 350	kW	± 0.2% FS
	Feedback potenza	< 8	ms	
	Corrente	0 - 1200	A	± 0.1% FS
	Tempo da 10% a 90% del carico massimo	1	ms	
	Potenziale elettrico	24 - 1200	VDC	± 0.1% FS
	Feedback tensione	< 8	ms	
Sistema di protezione e allarme	4 livelli di sicurezza almeno 2 rilevatori H_2 certificazione CE ATEX			
Modulo acquisizione dati	almeno 6 moduli I/O data logger			
	Frequenza acquisizione continua per set di segnali	10	Hz	
	Frequenza massima di acquisizione in registrazione	100	Hz	
	Prestazioni CVM (almeno 800 canali)	±2.5 10	V Hz	±1 mV

Allegato 2

Sistema prototipale di test per sistemi PEMFC fino a 400kW

SPECIFICHE TECNICHE

Le caratteristiche di seguito indicate definiscono i requisiti minimi prestazionali da rispettare nella formulazione dell'Offerta da parte degli Operatori Economici e, in caso di aggiudicazione, nell'esecuzione della fornitura. Gli Operatori Economici concorrenti possono, pertanto, proporre varianti migliorative alle precitate caratteristiche, che saranno oggetto di valutazione.

Le apparecchiature oggetto della fornitura dovranno essere complete di ogni onere e accessorio necessario alla realizzazione a regola d'arte del sistema prototipale, oltre che al suo allacciamento alla linea gas idrogeno, agli impianti elettrici e idrici del laboratorio.

Il banco di prova per sistemi PEM fuel cell è costituito da:

- Modulo di alimentazione idrogeno;
- Modulo di controllo temperatura (Stack);
- Modulo di controllo temperatura (BOP);
- Modulo di gestione dei gas di scarico;
- Modulo di controllo del carico;
- Sistema di protezione e allarme;
- Modulo acquisizione dati;
- Software di gestione del banco.

- MODULO DI ALIMENTAZIONE IDROGENO

Questa unità fornisce idrogeno (H_2) allo stato gassoso, necessario per la reazione elettrochimica, al banco di prova. Il flusso del gas deve essere controllato da un misuratore di portata massica (MFC). La regolazione della pressione del gas deve essere garantita in un range di 0-20 bar e con una accuratezza di ±0.02 bar o inferiore.

Il modulo in oggetto deve garantire il controllo della portata di idrogeno in un range da 8.333E-04 a 1.500E-01 Nm^3/s con una accuratezza minima di ±1% FS. Inoltre, il modulo di

alimentazione di idrogeno deve prevedere il lavaggio (lato anodo) con gas inerte (N_2). Lo spurgo dovrà avvenire quando la stazione di prova è spenta, tramite comando dell'operatore o automaticamente in caso di emergenza.

- **MODULO DI CONTROLLO DELLA TEMPERATURA (STACK)**

Il modulo di raffreddamento della fuel cell deve smaltire il calore generato dallo stack tramite un circuito di raffreddamento ad acqua deionizzata.

Tabella 4. Prestazioni nominali per il sistema controllo temperatura stack

Sistema di controllo temperatura stack		
Potenza massima	600	kW
Portata refrigerante	1.167E-03 - 1.500E-02	m^3/s
Temperatura operativa	20 - 90	°C
Accuratezza rilevamento temperatura	± 1°C	
Refrigerante	Acqua deionizzata	

- **MODULO DI CONTROLLO DELLA TEMPERATURA (BOP)**

Il modulo di raffreddamento BOP (Balance Of Plant) deve smaltire il calore al compressore aria, alla pompa di circolazione dell'idrogeno e ad altri componenti del sistema.

Tabella 4. Prestazioni nominali per il sistema controllo temperatura BOP

Sistema di controllo temperatura BoP		
Potenza massima	40	kW
Portata refrigerante	0 - 1.000E-03	m^3/s
Temperatura operativa	20 - 70	°C
Accuratezza rilevamento temperatura	± 1°C	
Refrigerante	Acqua deionizzata	

- **MODULO DI GESTIONE DEI GAS DI SCARICO**

La gestione dei gas allo scarico del sistema PEMFC deve garantire le seguenti funzioni:

- Separazione della condensa;
- Diluizione dei gas di scarico con N_2;
- Monitoraggio della concentrazione di H_2 allo scarico;

- Drenaggio automatico.

Inoltre, il sistema di monitoraggio della pressione allo scarico deve garantire la misura nel range 0-1 bar con una accuratezza minima di ±0.5% FS.

- **MODULO DI CONTROLLO DEL CARICO**

È previsto un carico elettronico di tipo a consumo programmabile (programmable consumption-type electronic load) ad alta precisione, che consente quattro modalità: tensione costante (CV), corrente costante (CC), resistenza costante (CR) e potenza costante (CP). L'alimentazione esterna a basso consumo deve consentire esperimenti di polarità inversa. Le caratteristiche minime per le prestazioni nominali del modulo in oggetto sono presentate in Tabella 5.

Tabella 5. Prestazioni nominali per il sistema di controllo del carico.

Controllo elettronico del carico		
	Range	**Accuratezza**
Potenza massima	≧450 kW	± 0.2% FS
Corrente	0 - 800 A	± 0.1% FS
Potenziale elettrico	0 - 1000 VDC	± 0.1% FS
Modalità di funzionamento	CC, CV, CR, CP	

Il banco prova deve garantire che il flusso del gas reagente raggiunga il 90% del valore impostato in un intervallo compreso tra 0.5 e 2 secondi. Per quanto riguarda la risposta dinamica della corrente, tensione e potenza, il feedback del carico elettronico deve rispondere in meno di 10 ms per passare dal 10% al 90% del valore impostato. Questi parametri devono essere garantiti dai settaggi dei controllori PID.

È richiesto, inoltre, l'installazione di una alimentazione elettrica programmabile in DC, collegata alla reta 380VAC. Le caratteristiche in output e i modi di funzionamento sono descritti in Tabella 6.

Tabella 6. Prestazioni nominali richiesta per l'alimentazione a bassa tensione.

Alimentazione DC programmabile		
	Range	**Accuratezza**
Potenza	0 - 5 kW	± 0.2% FS
Corrente	0 - 170 A	± 0.1% FS

Potenziale elettrico	0 - 80 VDC	± 0.1% FS
Modalità di funzionamento	CC, CV, CR, CP	
Caratterisica dinamica	10-90% in ≤30ms	

- **SISTEMA DI PROTEZIONE E ALLARME**

Il banco prova deve essere dotato di un sistema di allarme a quattro livelli di sicurezza (livello di sicurezza di sistema, livello di sicurezza operativa, livello di guasto, livello di avviso) altamente affidabile. Il livello di sicurezza di sistema deve trasmettere il segnale mediante un sistema di connessione cablata.

Il sistema di protezione e allarme deve includere almeno due rilevatori di H_2: uno posizionato nella cappa principale e uno nell'area di test del banco di prova. I rilevatori devono essere certificati CE ATEX.

- **MODULO DI ACQUISIZIONE DATI**

I sensori e i moduli di acquisizione per la temperatura, la pressione, la corrente, la tensione, ecc. sono in grado di soddisfare le esigenze in termini di accuratezza, sensibilità e stabilità dichiarate nelle precedenti sezioni.

Il sistema deve permettere l'esecuzione contemporanea di almeno 6 moduli di data logger personalizzabili dall'utente, permettendo di configurare il tasso di campionamento I/O in base alle reali esigenze operative.

Gli utenti devono poter configurare la frequenza di acquisizione dei dati. Un set completo di segnali deve poter essere registrato a una frequenza continua fino a 10 Hz, mentre per l'analisi di segnali specifici, la frequenza massima di registrazione deve raggiungere i 100 Hz.

La stazione di test deve consentire il monitoraggio della tensione per le singole celle (CVM), garantendo un minimo di 800 canali di acquisizione. La sensoristica prevista per il CVM dovrà misurare un range di ±2.5 V con un'accuratezza di ±1 mV e con una frequenza non inferiore a 10 Hz.

- **SOFTWARE DI GESTIONE DEL BANCO PROVA**

Il software di gestione del banco prova deve consentire le seguenti azioni all'operatore:

- Controllare tutti i parametri del banco di prova;
- Configurare i parametri di avviso e di allarme;
- Avviare ed eseguire i protocolli di prova (modalità manuale o automatica);
- Monitorare i parametri e le prestazioni dell'unità in test;
- Creare funzioni e formule definite dall'utente;
- Impostare i parametri di acquisizione dei dati;
- Personalizzare le variabili utente, le visualizzazioni dei grafici, le serie di test;
- Impostazioni di archiviazione del database.

È richiesta la possibilità di accesso remoto per una comoda assistenza ai clienti. Allo stesso tempo, può inviare e-mail agli operatori e notificare lo stato di allarme del banco prova e lo stato del sistema. Il software deve consentire l'esecuzione di test accurati e affidabili, scrivendo e salvando i dati raccolti in un file per l'analisi dei dati.

In particolare, il set-up di prova deve consentire lo studio delle prestazioni dello stack PEMFC attraverso le seguenti tipologie di test:

1) Test di avvio e spegnimento;
2) Test di affidabilità e degrado delle prestazioni;
3) Curve di polarizzazione;
4) Test diagnostici, come la scansione dell'impedenza o la voltammetria ciclica/lineare;
5) Cicli dinamici di carico;

La comunicazione tra banco prova e il sistema di controllo deve prevedere i seguenti protocolli di comunicazione: RS232, RS485, CAN, LAN.

Come requisito opzionale è richiesta la possibilità di eseguire simulazioni Hardware in the Loop (HiL), per lo sviluppo e il collaudo di sistemi integrati a bordo veicolo. Quindi, consentire la comunicazione e il controllo, tramite CAN bus, di componenti industriali o automotive.

CARATTERISTICHE ESSENZIALI PER L'ACCETTABILITÀ DELLA FORNITURA

- **AFFIDABILITÀ**

Ogni componente deve essere testato per valutarne l'affidabilità. Per quanto riguarda le giunzioni saldate queste devono essere realizzate con saldatura al tungsteno schermata da gas inerte. Dopo la saldatura, oltre all'ispezione dell'aspetto del cordone di saldatura, devono essere eseguiti anche test non distruttivi, tra cui test radiografici e test di penetrazione. Inoltre, è richiesto di verificare le prestazioni del banco prova in condizioni operative e di completare i test in condizioni di lavoro estreme, tra cui prove dinamiche di pressione, temperatura/umidità.

- **SICUREZZA**

È richiesta la compilazione di una matrice di sicurezza al fine di identificare e valutare i rischi. Si richiede che il sistema di sicurezza sia indipendente dal sistema di test dal punto di vista hardware e logico, consentendo l'interruzione del test anche nei casi più estremi. L'analisi della sicurezza proposta nel ISO12100 è di riferimento per identificare le aree ad alto rischio e adottare strategie di controllo di sicurezza ridondanti, riducendo notevolmente la probabilità di guasto del banco.

Per quanto riguarda la sicurezza elettrica, tutti i componenti elettrici devono essere selezionati attraverso la certificazione IEC di marchi nazionali e internazionali. Le principali apparecchiature elettriche, come l'alimentazione di controllo e i PLC, devono disporre di funzioni di allarme e autodiagnosi per garantire il funzionamento sicuro e affidabile del sistema elettrico.

La sicurezza delle linee gas richiede una struttura di banco appositamente progettata, che favorisca la diffusione dell'idrogeno in caso di perdite accidentali. Devono essere installate unità di rilevamento dell'idrogeno ridondanti, con almeno due punti di rilevamento per ciascun dispositivo, e un design del circuito elettrico ridondante per garantire l'affidabilità del sistema di rilevamento. Dopo un arresto di emergenza, lo spurgo forzato con azoto deve essere attivato automaticamente, garantendo lo spurgo completo delle tubazioni senza bisogno di operazioni manuali.

In merito alla sicurezza antincendio, il banco di prova:

- deve essere costruito con materiali ignifughi, isolati e resistenti alle alte temperature;
- deve essere dotato di un'unità di monitoraggio antincendio, interfacciato con il sistema di controllo della sicurezza e il sistema di controllo principale, in modo che possano

essere prese misure tempestive per evitare l'espansione di un incendio.

Per la sicurezza dell'operatore, la piattaforma software:

- deve offrire una gestione gerarchica completa degli utenti, informazioni dettagliate sugli allarmi e suggerimenti per la manutenzione;
- deve fornire un registro completo delle operazioni e una funzione di registrazione degli eventi di allarme, rendendo ogni arresto imprevisto rintracciabile e permettendo di identificare rapidamente la causa primaria del guasto.

Inoltre, devono essere forniti manuali dettagliati di funzionamento e manutenzione, e il personale in loco deve essere formato sulle procedure di sicurezza per la gestione sicura del banco a valle della messa in funzione dello stesso.

Infine, per la sicurezza ambientale, il banco di prova deve utilizzare attrezzature e materiali ecocompatibili per garantire che, dall'installazione fino alla rottamazione, non vengano causati inquinamento o danni all'ambiente (secondo il principio DNSH, Do No Significant Harm).

- **ACCESSIBILITÀ**

Il banco prova deve permettere a un solo operatore di eseguire i test, gestendo più dispositivi contemporaneamente. Inoltre, è richiesto un software di post-elaborazione dei dati che possa generare report dei test effettuati.

Il banco prova deve possedere una funzione di autodiagnosi della qualità della rete di acquisizione, fornendo continuamente il flusso di dati in forma di grafici.

L'offerta, inoltre, deve includere non meno di due settimane di messa in servizio (on-site commissioning) e formazione del personale in loco.

- **INSTALLAZIONE DEL BANCO PROVA**

L'offerta deve prevedere il supporto alla fase di progettazione e configurazione delle linee secondarie per integrare il banco prova all'interno del locale dove verrà allestito il laboratorio. Successivamente è necessaria la valutazione della sicurezza sul sito e la previsione del programma di manutenzione.

- **PERIODO DI ASSISTENZA E MANUTENZIONE**

Per quanto riguarda le attività di manutenzione, è richiesto che venga garantito un'adeguata capacità di assistenza post-vendita (fornitura rapida di parti di ricambio e supporto post-vendita con personale qualificato) per evitare eventuali attese impreviste per lo svolgimento dei test.

Il periodo di garanzia deve essere di almeno un anno, durante il quale il personale deve essere disponibile online nei normali orari di ufficio rispondendo nell'arco di 8 ore e che, nel caso di problemi, possa essere presente in loco entro 48 ore.

- **DOCUMENTAZIONE**

Devono essere fornite copie elettroniche della documentazione relativa ai componenti OEM e della seguente documentazione in lingua inglese:

- Manuale operativo dell'hardware del banco prova;
- Manuale del software per il sistema di controllo;
- Manuale di manutenzione del banco prova;
- Manuale di operazione, regolazione e risoluzione dei problemi.

Inoltre, devono essere forniti i seguenti documenti tecnici:

- Diagramma di processo e strumentazione (P&ID);
- Schema elettrico;
- Layout generale.

Tabella riassuntiva delle specifiche tecniche (requisiti minimi richiesti)

Oggetto	**Sistema prototipale di test per sistemi PEMFC fino a 400kW**			
Modulo di alimentazione idrogeno	Regolazione pressione	0-20	bar	±0.02 bar
	Portata idrogeno	8.333E-04 - 1.500E-01	Nm^3/s	±1% FS
	Deve essere previsto il lavaggio con N_2			
Modulo di controllo temperatura (Stack)	Potenza massima	600	kW	
	Portata refrigerante	1.167E-03 - 1.500E-02	m^3/s	
	Temperatura operativa	20 - 90	°C	
	Accuratezza rilevamento temperatura	± 1°C		
	Refrigerante	Acqua deionizzata		

Modulo di controllo temperatura (BOP)	Potenza massima	40	kW	
	Portata refrigerante	0 - 1.000E-03	m^3/s	
	Temperatura operativa	20 - 70	°C	
	Accuratezza rilevamento temperatura	± 1°C		
	Refrigerante	Acqua deionizzata		
Modulo di gestione dei gas di scarico	Deve includere le seguenti funzioni:			
	Separazione della condensa			
	Diluizione dei gas di scarico con N_2;			
	Monitoraggio della concentrazione di H_2 allo scarico			
	Drenaggio automatico			
	Monitoraggio pressione allo scarico	0 - 1	bar	±0.5% FS
Modulo di controllo del carico	Modalità di funzionamento	CV, CC, CP, CR		
	Potenza massima gestita	≧ 450	kW	± 0.2% FS
	Feedback potenza	< 10	ms	
	Corrente	0 - 1200	A	± 0.1% FS
	Tempo da 10% a 90% del carico massimo	< 10	ms	
	Potenziale elettrico	24 - 1200	VDC	± 0.1% FS
	Feedback tensione	< 10	ms	
	Alimentazione LV DC:			
	Potenza	0 - 5	kW	± 0.2% FS
	Corrente	0 - 170	A	± 0.1% FS
	Potenziale elettrico	0 - 80	VDC	± 0.1% FS
	Modalità di funzionamento	CC, CV, CR, CP		
	Caratterisica dinamica 10-90%	≤30	ms	
Sistema di protezione e allarme	4 livelli di sicurezza			
	almeno 2 rilevatori H_2			
	certificazione CE ATEX			
Modulo acquisizione dati	almeno 6 moduli I/O data logger			
	Frequenza acquisizione continua per set di segnali	10	Hz	
	Frequenza massima di acquisizione in registrazione	100	Hz	
	Prestazioni CVM (almeno 800 canali)	±2.5 10	V Hz	±1 mV

Allegato 3

Sistema prototipale PEMFC da 120kW

SPECIFICHE TECNICHE

Il sistema PEMFC deve poter erogare una potenza nominale di 120 kW e garantire una efficienza nominale almeno del 37% e una efficienza massima almeno del 57%. Per il sistema PEMFC è richiesto l'avvio a freddo con una temperatura esterna fino a -30°C, una vita utile di almeno 18,000 ore e un livello di protezione minimo IP67.

Il sistema fuel cell deve essere costituito da:

- PEMFC stack;
- Sistema di ricircolo H_2;
- Sistemi di raffreddamento a liquido, di alta e bassa temperatura (con i relativi radiatori e pompe);
- Sensori di portata Aria e H_2;
- Filtro aria;
- Connessione CAN 2.0;
- Output a 24V per ausiliari;
- Output di potenza da 500V a 750V.

La fornitura in oggetto deve comprendere le parti di ricambio presentate in Tabella 7. Queste sono le richieste minime da rispettare nella formulazione dell'Offerta da parte degli Operatori Economici e, in caso di aggiudicazione, nell'esecuzione della fornitura. Gli Operatori Economici concorrenti possono pertanto proporre varianti migliorative che saranno oggetto di valutazione.

Tabella 7. Parti di ricambio richieste nella fornitura.

Oggetto	Quantità
Cell Voltage Monitor (CVM)	1
Valvola di distribuzione	1
Valvola di shut-off	1

Convertitore DC/DC	1
Umidificatore	1
Controllore del compressore aria	1
Sensore di concentrazione H_2	1
Pompa di ricircolo H_2	1
Cartuccia deionizzatore	5
Filtro aria	5
Sensore temperatura refrgerante	1
Sensore pressione refrigerante	1

Allegato 4

Procedure di collaudo (commissioning)

Al termine di ogni commissioning è richiesto di redigere un documento di validazione finale, che certifichi la conformità dell'impianto alle specifiche di progetto e agli standard di sicurezza.

I seguenti paragrafi descrivono le verifiche essenziali da rispettare durante la fase di ultimo collaudo da parte dell'Operatore Economico selezionato. Pertanto, gli Operatori Economici concorrenti possono proporre varianti migliorative alle precitate procedure di verifica che saranno oggetto di valutazione.

COMMISSIONING SISTEMI DI TEST FUEL CELL STACK E FUEL CELL SYSTEM

- **VERIFICA DELL'INFRASTRUTTURA**

Verifica dell'integrità, tramite ispezione visiva, dei circuiti idraulici, tubazioni gas e delle linee di scarico/condensa.

Verifica, tramite ispezione dell'impianto e della documentazione relativa, che l'intera infrastruttura del sistema di test rispetti la configurazione presentata nel progetto, con particolare attenzione a:

- valvole di venting.
- pompe, scambiatori di calore e sensori di umidità.
- protezioni contro sovracorrenti e cortocircuiti (fusibili, interruttori magnetotermici).
- circuito di umidificazione.

Esecuzione di test di tenuta (leak test) sulle linee gas per evitare fughe di idrogeno e/o aria.

- **VERIFICA STRUMENTAZIONE E ACQUISIZIONE DATI**

Verifica, tramite ispezione dell'impianto e della documentazione relativa, che i sistemi di controllo e misura rispettino la configurazione presentata nel progetto, con particolare attenzione a:

- voltmetri, amperometri e misuratori di tensione di cella singola (Cell Voltage Monitoring – CVM).

- termoresistenze, manometri, manometri differenziali e sensori di umidità.

Test dell'integrità del cablaggio e assenza di rumori elettrici/interferenze. Configurazione del software di logging (frequenze di campionamento, formati di registrazione, protocolli di comunicazione). Verifica della sincronizzazione temporale dei vari canali di acquisizione.

Controllo dell'eventuale integrazione con database o software di supervisione per la registrazione a lungo termine dei dati.

- **VERIFICA DELLE PROCEDURE DI SICUREZZA**

Verifica dei protocolli di sicurezza (arresto automatico in caso di sovraccarico o sovratemperatura).

Test del funzionamento di allarmi acustici e visivi in caso di:

- Perdita di idrogeno (sensori H_2).
- Alta pressione o sovrapressione nelle linee gas.
- Temperatura eccessiva nello stack o nei componenti critici.

Verifica dell'interfaccia uomo-macchina (HMI) per la gestione delle emergenze (messaggi di allarme, pulsanti di arresto, avvisi di sicurezza).

Controllo delle procedure di evacuazione e ventilazione forzata (venting). Verifica che in condizioni di anomalia (fuga di gas, sovrapressione, sovratemperatura) i sistemi di alimentazione e potenza vengano scollegati automaticamente (Emergency Shut Down).

- **TEST DI FUNZIONALITÀ**

Prova a vuoto (dry-run):

Eseguire cicli di start-up e shut-down senza idrogeno o utilizzando un gas inerte (ad esempio azoto/elio) per verificare la corretta sequenza di avvio/arresto. Convalidare il funzionamento del software di controllo e degli algoritmi di regolazione di flusso, temperatura e umidità. Monitorare i parametri di funzionamento e confermare l'assenza di anomalie nei sensori.

Prova con stack dummy o cella simulata:

Utilizzo di uno stack "dummy" o di dispositivi che simulino il comportamento elettrico di uno stack reale. In questa fase del collaudo, per il sistema di test Fuel Cell system, è richiesta

l'installazione e la prova della fuel cell compresa nell'offerta.

Verifica che tensione, corrente e potenza lette siano coerenti con i valori attesi.

Test di eventuali procedure di polarizzazione iniziale e controlli di umidificazione o raffreddamento.

Verifica delle modalità di controllo (potenza costante, corrente costante, tensione costante).

Comunicazione con dispositivi esterni (sistema di test Fuel Cell system):

Test dei protocolli di comunicazione (Modbus, CAN, Ethernet) per l'interfacciamento con apparecchiature di test esterne o sistemi SCADA. Verifica dei comandi remoti (start, stop, setpoint, cambio di profilo di carico, ecc.) e della trasmissione dei dati in tempo reale.