

| | | | | |
|---|------------------------|------------------|-------------|---|
|  | DOCUMENT NUMBER | CIRA-DTS-21-2477 | REV | 2 |
| | ARCHIVE | INTS | | |
| | DISTRIBUTION STATEMENT | LIBERO | N. OF PAGES | 9 |

| | |
|-------------------------|---|
| TYPE | TYPE DETAIL |
| Technical Specification | Capitolato per i processi di approvvigionamento |

| | | | | |
|---------|------|-----|-------------|------|
| PROJECT | GENE | JOB | 19-COM-0035 | TASK |
|---------|------|-----|-------------|------|

TITLE

Specifica Tecnica per servizio di fornitura di un sistema di abbattimento delle emissioni di un getto supersonico di un motore a propellente solido

| | | | |
|------------|----------------------|------|------------|
| PREPARED | Leporanico Fabio | DATE | 22/10/2021 |
| APPROVED | De Filippis Federico | DATE | 22/10/2021 |
| AUTHORIZED | Marini Marco | DATE | 22/10/2021 |

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE

This Document is uncontrolled when printed. Before use, check the Document System to verify that this is the current version.
 Questo documento non è controllato quando viene stampato. Prima dell'uso, controllare il Sistema Documentale per verificare che questa sia la versione corrente.

By The Terms Of The Law In Force On Copyright, The Reproduction, Distribution Or Use Of This Document Without Specific Written Authorization Is Strictly Forbidden

A NORMA DELLE VIGENTI LEGGI SUI DIRITTI DI AUTORE QUESTO DOCUMENTO E' DI PROPRIETA' CIRA E NON POTRA' ESSERE UTILIZZATO, RIPRODOTTO O COMUNICATO TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE

| | | | |
|---|------------------------|------------------|---------------|
|  | DOCUMENT NUMBER | CIRA-DTS-21-2477 | REV 2 |
| | ARCHIVE | INTS | |
| | DISTRIBUTION STATEMENT | LIBERO | N. OF PAGES 9 |

TITLE:

Specifica Tecnica per servizio di fornitura di un sistema di abbattimento delle emissioni di un getto supersonico di un motore a propellente solido

ABSTRACT:

REV. 2

AUTHORS: Leporanico Fabio

APPROVAL REVIEWERS:

Tiseo Barbara; Schettino Antonio; Saccone Guido

APPROVER:

De Filippis Federico

AUTHORIZATION REVIEWERS:

AUTHORIZER:

Marini Marco

| | | | |
|--|------------------------|------------------|---------------|
|  Centro Italiano Ricerche Aerospaziali | DOCUMENT NUMBER | CIRA-DTS-21-2477 | REV 2 |
| | ARCHIVE | INTS | |
| | DISTRIBUTION STATEMENT | LIBERO | N. OF PAGES 9 |

DISTRIBUTION RECORD:

Borrelli Salvatore

INDICE

| | |
|--|----------|
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 2. SCOPO..... | 2 |
| 3. DOCUMENTI APPLICABILI..... | 3 |
| 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 3 |
| 5. DEFINIZIONI ED ACRONIMI..... | 3 |
| 6. DESCRIZIONE FUNZIONALE DEL DISPOSITIVO DA FORNIRE..... | 4 |
| 7. REQUISITI IMPIANTISTICI..... | 6 |
| 8. OGGETTO DELLA FORNITURA..... | 7 |
| 9. REQUISITI DEL FORNITORE..... | 8 |
| 10. DOCUMENTAZIONE, TRASPORTO, COLLAUDO E ACCETTAZIONE..... | 8 |
| 11. TEMPISTICA E OUTPUT..... | 9 |

1. PREMESSA

Nell'ambito del progetto PON Generazione E "Ricerca e sperimentazione di materiali, sistemi diagnostici e di controllo ambientale per i veicoli di trasporto spaziale di Generazione Evoluta" (cod. ARS01_01318, abbreviato in GENE), cofinanziato dal MUR e coordinato dal Distretto AeroSpaziale della Sardegna (DASS), di cui CIRA è soggetto attuatore, nell'ambito dell'obiettivo realizzativo OR3.2 è prevista la concezione, messa a punto e realizzazione di un prototipo in piccola scala di un dispositivo di abbattimento delle emissioni di un getto supersonico, prodotte da motori a propellente solido (*scrubber*).

In tale contesto CIRA (il Committente) intende avvalersi del supporto di un'azienda esterna (l'Assuntore) per la progettazione esecutiva e la fornitura del dispositivo.

2. SCOPO

Il presente documento ha lo scopo di definire tutti gli elementi necessari all'Assuntore per realizzare e fornire un sistema di abbattimento delle emissioni di un getto supersonico di un motore a propellente solido.

Inoltre, poiché il presente elaborato rappresenta il documento di base e di guida per la formulazione di un'offerta tecnico-economica, scopo dello stesso è anche la definizione di tutte le condizioni a contorno che possono influire sull'offerta stessa.

3. DOCUMENTI APPLICABILI

[1] GENERAZIONE E, Capitolato Tecnico, ai sensi dell'art. 4 co. 10

[2] “Studio di Fattibilità Tecnico Economica “, CIRA-DTS-20-2847, Novembre 2020

4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[1] “GENERAZIONE E”, Relazione di Avanzamento delle Attività, 29 Febbraio 2020”, CIRA-DTS-20-0573, 19 Marzo 2020

[2] “GENERAZIONE E”, Relazione di Avanzamento delle Attività, 31 Agosto 2020”, CIRA-DTS-20-2591, 16 Ottobre 2020.

[3] “GENERAZIONE E”, Relazione di Avanzamento delle Attività, 15 Gennaio 2021”, CIRA-DTS-21-0097, 30 Novembre 2020

[4] GENERAZIONE E”, Relazione di Avanzamento delle Attività, 31 Maggio 2020”, CIRA-DTS-20-1527, 25 Giugno 2020.

[5] GENERAZIONE E”, Relazione di Avanzamento delle Attività, 28 Febbraio 2021”, CIRA-DTS-21-1118, 04 Aprile 2021.

[6] GENERAZIONE E”, Relazione di Avanzamento delle Attività, 31 Maggio 2021”, CIRA-DTS-21-2172, 3 Luglio 2021.

5. DEFINIZIONI ED ACRONIMI

CIRA Centro Italiano Ricerche Aerospaziali

DASS Distretto AeroSpaziale della Sardegna

D Diametro

Dexit Diametro sezione uscita ugello

PON Programma Operativo Nazionale

SRM Solid Rocket Motor

6. DESCRIZIONE FUNZIONALE DEL DISPOSITIVO DA FORNIRE

Il dispositivo di ricerca (sistema abbattimento emissioni) del quale è richiesta la fornitura è finalizzato all'abbattimento delle emissioni inquinanti rilasciate da un motore a razzo a propellente solido composto uscenti dall'ugello del motore ad altissima temperatura (intorno ai 2600 K) e velocità supersonica (intorno ai 2300 m/s).

Il getto dei gas esausti da depurare (*plume*) contiene HCl (sostanza fortemente corrosiva), gas ancora combustibili quali CO e H₂ e una considerevole quantità di particelle micrometriche (10÷100 µm di diametro aerodinamico medio) di Al₂O₃ il cui abbattimento quasi totale è l'obiettivo principale del dispositivo.

Le condizioni fluidodinamiche stimate alla sezione di uscita dell'ugello sono:

- T ≈ 2600 K
- Mach ≈ 2.57
- P ≈ 1 bar
- Velocità ≈ 2300 m/s

La composizione in termini di frazioni di massa della *plume* emessa dal motore a razzo a propellente solido composto è la seguente:

| Specie chimica | Frazione di massa |
|-----------------------------------|-------------------|
| Al ₂ O _{3(l)} | 0.357 |
| HCl | 0.203 |
| CO | 0.210 |
| H ₂ | 0.020 |
| Cl | 0.010 |
| H ₂ O _(v) | 0.088 |
| CO ₂ | 0.025 |
| N ₂ | 0.082 |

Si tenga presente che alla temperatura molto elevata (2600 K) a cui si trova il getto dei gas esausti immediatamente a valle dell'ugello del motore a razzo a propellente solido composto, l'allumina è in fase liquida. Tuttavia, essa tende rapidamente a raffreddarsi a temperature inferiori al punto di fusione (2323 K) per effetto del mescolamento e dell'*entrainment* aerodinamico con l'aria dell'ambiente esterno solidificandosi, per cui la corrente di materia entrante nel dispositivo di abbattimento si può considerare costituita da un sistema bifase gas-solido.

Il dispositivo di abbattimento non dovrà essere posizionato immediatamente all'uscita dell'ugello, ma ad una distanza di ≈ 1 m, dove si stima che il flusso sia diventato subsonico e la temperatura sia scesa ad un valore di ≈ 1500 K.

Il dispositivo richiesto di abbattimento dovrà consistere in un sottosistema di spray costituito da due stazioni concentrate di iniezione del liquido di *scrubbing*, situate ad una distanza relativa tra di esse di ≈ 1 metro.

La prima stazione, di *quenching*, dovrà essere finalizzata essenzialmente al raffreddamento e al rallentamento della *plume* supersonica, uscente dall'ugello del motore a propellente solido composito a temperature dell'ordine dei 2600 K. Essa si estende assialmente per ≈ 1 metro e distribuisce goccioline minutissime del diametro medio Sauter ottimale pari a $\approx 70 \mu\text{m}$.

Invece, la seconda stazione di *scrubbing* dovrà essere destinata principalmente all'abbattimento delle particelle solide e inquinanti di allumina (Al_2O_3) mediante i meccanismi di cattura del particolato solido per mezzo dei meccanismi di impatto inerziale e di intercettazione diretta. Essa si estende assialmente per ≈ 1 metro e opera con goccioline di liquido del diametro medio Sauter ottimale $\approx 2 \text{ mm}$.

Le portate del liquido dello spray da iniettare sia nella stazione di *quenching* che in quella di *scrubbing* sono pari $\approx 0.6 \text{ kg/s}$ per ciascuna stazione e quindi la portata totale è pari a $\approx 1.2 \text{ kg/s}$.

Il dispositivo di abbattimento dovrà essere concepito per un funzionamento sporadico della durata di $\approx 50 \text{ s}$.

Il *conceptual design* del sistema di abbattimento è schematizzato nella figura sottostante.

SCHEMA MONOUNITA' SEMI-APERTA

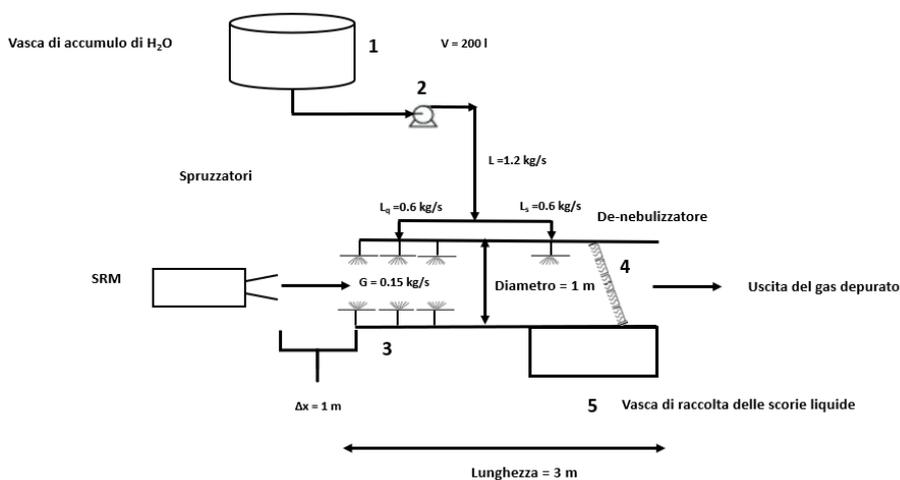


Figura 1. Conceptual design del sistema di abbattimento: serbatoio di alimentazione (1) per l'accumulo di acqua, energizzata da una pompa (2) e iniettata e atomizzata attraverso un sottosistema di spray all'interno di un condotto a sezione costante (3) dovrà essere dotato di una griglia di de-nebulizzazione (4) e di una vasca di raccolta dei reflui solido-liquidi (5).

Facendo riferimento alla Figura 1, il flusso di processo dovrà prevedere il prelievamento dalla vasca di accumulo della capienza di ≈ 200 l (1) della portata pari a ≈ 1.2 kg/s di liquido di *scrubbing* e dovrà essere ripartito in 2 sotto-portate da ≈ 0.6 kg/s mediante una pompa di rilancio (2).

La portata complessiva sarà ripartita simmetricamente in due sotto-portate da inviare alle due stazioni di iniezione, in modo da formare due spray con i quali investire il getto dei gas esausti di portata pari a ≈ 0.15 kg/s uscente dal motore a razzo (SRM) per raffreddarlo e rallentarlo nella stazione di *quenching* e per depurarlo nella stazione di *scrubbing*.

La configurazione da prevedere per il sistema di abbattimento dovrà essere di tipo mono-unità orizzontale semi-aperta e prevedrà solo un contenimento laterale a sezione costante rettangolare o circolare (3) con un diametro ($D \approx 1$ m) molto maggiore di quello di uscita dell'ugello del motore a razzo ($D_{\text{exit}} \approx 4$ cm), costituito da un materiale polimerico, leggero ed economico, installabile e smontabile in modo semplice e modulare e dotato di finestre ottiche trasparenti alla lunghezza d'onda di interesse per le indagini diagnostiche.

Il sistema di abbattimento dovrà essere completato da una griglia di de-nebulizzazione (4) in opportuno materiale metallico o ceramico-metallico, finalizzata a favorire la coalescenza e l'agglomerazione fra loro delle goccioline di liquido dopo la cattura del particolato solido di Al_2O_3 e la loro precipitazione per gravità all'interno della vasca di raccolta delle scorie (5) di capienza pari a ≈ 200 l destinata a contenere la soluzione costituita dal liquido di *scrubbing* e dal particolato di allumina catturato dalle gocce dello spray.

7. REQUISITI IMPIANTISTICI

L'impianto dovrà rispettare i seguenti requisiti:

- i. Strutturalmente non dovrà richiedere alcun supporto inamovibile, pertanto dovrà essere composto da strutture facilmente assemblabili e disassemblabili da alloggiare su pavimentazione esterna. La dimensione dovrà essere contenuta entro i 4 m lineari e 2 m di larghezza. Non ci sono requisiti specifici circa l'altezza.
- ii. L'impianto dovrà essere strutturato in modo da non consentire perdite di qualsiasi liquido sul pavimento.
- iii. Le alimentazioni delle utenze dovranno essere ridotte al minimo quindi elettricità con potenza max. di 3 kW e aria compressa alla pressione massima di 7 bar.
- iv. Il numero, la tipologia, la geometria interna degli ugelli atomizzatori e l'architettura generale del sottosistema di nebulizzazione nella stazione di *quenching* dovranno garantire mediante l'iniezione di uno *spray* di gocce del diametro medio Sauter di ≈ 70 μm il raffreddamento della *plume* a temperature dell'ordine dei 370 K e il suo rallentamento a velocità non superiori a ≈ 200 m/s a una distanza non superiore a ≈ 1 m dall'ingresso del dispositivo.

- v. Il sottosistema di *spray* sia nella stazione di *quenching* che di *scrubbing* dovrà essere configurato in modo da evitare tassativamente il contatto tra la *plume* e la superficie laterale di contenimento.
- vi. L'impianto dovrà essere composto da diversi moduli facilmente trasportabili preferibilmente di formato *euro-pallet*, che una volta assemblati e allacciati alle utenze, costituiranno l'impianto funzionante, senza ulteriori necessità.
- vii. Esso dovrà assicurare, secondo le specifiche CIRA, una stazione di raffreddamento composta da ugelli spruzzanti acqua o liquidi di soluzione chimica da definire e di una ulteriore stazione di abbattimento particelle fisiche, sia attraverso una ulteriore barriera di spruzzatura attraverso ugelli, di una soluzione simile alla precedente stazione, sia attraverso una barriera fisica che lasci passare il flusso gassoso e/o vapore che sia e trattienga le particelle fisiche presenti nello *stream* di scarico.
- viii. I serbatoi di contenimento delle soluzioni sia di carico che di scarico, dovranno far parte dell'impianto nel suo insieme e non dovranno essere componenti separati. Anche per questi elementi si dovrà prevedere il contenimento di eventuali perdite.
- ix. Il materiale della carenatura esterna del sistema di abbattimento dovrà presentare una trasmittanza ottica, almeno nello spettro del visibile, pari o superiore all'85% in modo da consentire l'osservazione diretta e mediante apposita strumentazione diagnostica (videocamere) di tutte le correnti di materia liquido-solido-gassose e delle interazioni *plume/spray* che si instaureranno al suo interno. Inoltre, il materiale della carenatura esterna dovrà essere di tipo polimerico a base di policarbonato (ad esempio Lexan[®]), leggero, in grado di resistere a temperature pari ad almeno 200 °C, infrangibile e capace di assorbire eventuali onde d'urto senza frantumarsi o scheggiarsi.

8. OGGETTO DELLA FORNITURA

Fornitura di un sistema di abbattimento delle emissioni di un getto supersonico di un motore a propellente solido e trasporto articolato secondo le seguenti 2 fasi consecutive:

- Fase 1- trasporto presso CIRA, dove il sistema sarà montato, installato, collegato alla rete idrica ed elettrica e collaudato attraverso “*una prova in bianco*”, ovvero senza alcuna *plume*;
- Fase 2 - trasporto e consegna presso l'impianto per motori a razzo di AVIO S.p.a. a Colleferro (RM).

L'installazione dell'impianto presso CIRA sarà un'attività eseguita dal personale delle aziende che gestiscono il supporto operativo al CIRA con la supervisione del fornitore, ragion per cui a corredo della presente fornitura, l'Assuntore dovrà fornire:

- precise e dettagliate istruzioni operative per un'installazione a regola d'arte, corretta ed in sicurezza del sistema ivi compreso (manuale di installazione);
- eventuali “*Special Tools*” necessari alle attività di installazione.

La messa in opera del sistema presso AVIO S.p.A. a Colleferro sarà un'attività svolta esclusivamente dal personale tecnico di AVIO S.p.A. con la supervisione di CIRA

Per la fornitura di detto sistema di abbattimento l'Assuntore dovrà autonomamente procedere alla progettazione dello stesso, all'approvvigionamento dei materiali/componenti, alla realizzazione di questi, ai test funzionali, all'integrazione, al successivo trasporto del sistema, incluse le verifiche funzionali "in factory" ritenute necessarie alla presenza della Committente, in particolare:

- Test del flusso di processo del liquido di *scrubbing* comprensivo dell'approvvigionamento della portata di esercizio dalla vasca di accumulo, la sua pressurizzazione mediante la pompa di rilancio, l'iniezione e l'atomizzazione del liquido dello spray in entrambe le stazioni sia di *quenching* che di *scrubbing* e lo scarico della portata di uscita nella vasca di raccolta delle scorie,
- Test di tenuta ermetica del contenimento laterale e di assenza di *leakage* del liquido di *scrubbing*.
- Test di tenuta strutturale della carenatura esterna.
- Misurazione della portata di liquido e delle sue ripartizioni alle stazioni di *quenching* e di *scrubbing*.
- Misurazione del diametro medio Sauter delle gocce alle stazioni di *quenching* e di *scrubbing*.
- Misurazione della potenza assorbita dalla pompa di rilancio.
- Test di riempimento della vasca di raccolta delle scorie.

L'Assuntore rilascerà tutta la documentazione progettuale appena prodotta al personale tecnico CIRA, che ne prenderà visione viste le caratteristiche strettamente di ricerca del dispositivo.

L'Assuntore procederà alle fasi successive di realizzazione solo dopo aver avuto dal personale tecnico CIRA l'autorizzazione a procedere.

9. REQUISITI DEL FORNITORE

Il fornitore dovrà dimostrare nella documentazione allegata all'offerta di:

- Essere in possesso di esperienza pregressa e documentata su lavori di tipologia simile.
- Essere in possesso di certificazioni di qualità per il servizio in oggetto (ISO 9001 o superiore).

10. DOCUMENTAZIONE, TRASPORTO, COLLAUDO E ACCETTAZIONE

L'Assuntore consegnerà alla Committente tutta la documentazione progettuale, comprensiva di istruzioni operative e manuale di installazione del dispositivo.

Successivamente, l'Assuntore trasporterà il dispositivo presso CIRA e supervisionerà il collaudo/accettazione che sarà eseguito dal personale delle aziende che gestiscono il supporto operativo al CIRA collegando il sistema alla rete idrica ed elettrica ed eseguendo una "prova in bianco", ovvero senza alcuna *plume*.

Il corretto funzionamento del dispositivo in tutti i suoi componenti sarà verificato dalla Committente in fase di accettazione.

Ad esito positivo, sarà redatto in contraddittorio il verbale di accettazione della fornitura.

Il sistema sarà poi trasportato dall'Assuntore presso la sede di AVIO S.p.A. a Colleferro (RM) per l'installazione. Tale attività sarà svolta esclusivamente dal personale tecnico di AVIO S.p.A. con la supervisione della Committente.

11. TEMPISTICA E OUTPUT

I tempi di consegna non devono superare i 60 giorni lavorativi dal ricevimento e firma dell'ordine.

In linea con le regole di rendicontazione relative ai PON R&I 2014-2020 a cui afferisce il progetto per il quale si richiede la prestazione in oggetto, è necessario specificare nelle fatture del fornitore le seguenti indicazioni:

- Riferimento Progetto/Codice Domanda: ARS01_01318
- Titolo Progetto: GENERAZIONE-E Ricerca e Sperimentazione di Materiali, sistemi Diagnostici e di Controllo ambientale per i veicoli di trasporto spaziale di Generazione Evoluta
- CUP: B96G18000560005
- COR: 602460
- CIG
- Progetto Finanziato dal: PON "R&I" 2014-2020.