

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 1 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

TITLE **CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI**
TITOLO **SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI**
BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO
AD ELIO DI ITER

AUTHORS MARCO UTILI


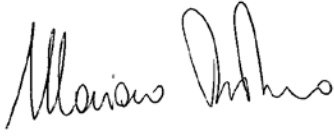

AUTORI

ENTE FSN-PROIN
EMITTENTE

ISSUED BY

SUMMARY *Nell'ambito dell'amendment n. 4 del contratto IO/20/CT/4300002226 - Assessment of the Implementation of Tritium Permeation Barriers in Helium-Coolant Pipes - finalizzato alla valutazione delle possibili barriere alla permeazione del trizio da applicare ai tubi dell'Helium Coolant System (HCS) del reattore ITER, è prevista l'esecuzione di una serie di caratterizzazioni metallografiche e di prove sperimentali finalizzate alla caratterizzazione del rivestimento superficiale realizzato dall'istituto di ricerca CIAE (China). Il presente documento ha lo scopo di descrivere i servizi richiesti per la caratterizzazione dei rivestimenti realizzati.*

SOMMARIO

REV.	WRITTEN / REDAZIONE	CHECKED / CONVALIDA	APPROVED / APPROVAZIONE
0	M. Utili 	M. Tarantino 	M. Tarantino 

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 2 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

LISTA REVISIONI

Revisione	Data	Oggetto della Revisione	Page
0	03/11/2022	Prima stesura	15
1	16/12/2023	Revisione diametro tubazioni mock-up	15

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 3 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

INDICE

LISTA REVISIONI	2
INDICE	3
INTRODUZIONE	5
1 OGGETTO DEL CONTRATTO	6
2 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI COATING	7
3 CARATTERIZZAZIONE METALLOGRAFICA DEI COATING	7
4 CARATTERIZZAZIONE DEL MOCK-UP DELL'HCS DI ITER	9
5 SALDATURE	11
6 PULIZIA	11
7 ESTENSIONE DELLA FORNITURA	11
8 LIMITI DI FORNITURA, ESCLUSIONE	12
9 CONTROLLI DIMENSIONALI E PROVE IN OFFICINA	12
10 ACCETTAZIONE	12
11 DURATA, PENALI, PAGAMENTI	13
REFERENCE	14
LISTA DI DISTRIBUZIONE	15

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 4 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

ELENCO FIGURE

Figura 1. Campioni per prove di permeazione, diametro 50mm. 7


ACRONIMI E DEFINIZIONI

CIAE	China Institute of International Studies
IO	ITER Organisation sometimes referred to as ITER
ITER	ITER Organisation, sometimes referred to as IO (ITER-Organisation)
HCPB	Helium Cooled Pebble Bed
HCS	Helium Coolant System
PRFe	Permeation Reduction Factor (effective)
PRFi	Permeation Reduction Factor (intrinsic)
QA	Quality Assurance
TBM	Test Blanket Module

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 5 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

INTRODUZIONE

Il consorzio ITER in seguito alla necessità, emersa recentemente, di caratterizzare i rivestimenti realizzati dal centro di ricerca CIAE (China) in grado di ridurre il flusso di trizio permeato attraverso le tubazioni dell'Helium Coolant System (HCS) del reattore, ha siglato con l'ENEA in data 26 Luglio 2022 un'estensione del contratto IO20CT4300002226ITER finalizzato alla valutazione della barriera alla permeazione del trizio da applicare ai tubi sviluppata da CIAE.

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	Titolo CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	Distribuzione CONFIDENZIALE	Emissione 16/12/2023	Pag. 6 di 15
		Ref. IT-T-S-642	Rev. 1	

1 OGGETTO DEL CONTRATTO

La presente specifica ha come oggetto la descrizione delle attività previste ai fini della valutazione della barriera alla permeazione del trizio da applicare ai tubi dell'Helium Coolant System (HCS) del reattore ITER [1].

Tali rivestimenti, di seguito denominati coating, dovranno minimizzare la permeazione di trizio attraverso il substrato, l'acciaio austenitico 1.4404, verso l'ambiente esterno considerando le geometrie e le caratteristiche di funzionamento dell'impianto.

Nell'ambito del contratto con ITER, per l'analisi del rivestimento si rende necessario eseguire:

1. caratterizzazione metallografica, meccanica (principalmente ciclaggi termici) e del rateo di permeazione intrinseco dei rivestimenti selezionati ai fini di verificare le performance dei rivestimenti;
2. qualifica sperimentale di mock-up dell'HCS nell'impianto HERMES [6], con rivestimento interno e almeno un giunto saldato, ai fini di validare la tecnologia selezionata e misurare il rateo di permeazione effettivo.

In tale ambito il presente contratto di servizio ha come oggetto la fornitura dei seguenti servizi:

- Acquisto di numero 3 tubazioni in AISI 1.4404 da 1300mm di lunghezza ciascuno, diametro esterno 101,6mm e spessore 8,08mm (scheda 80) da inviare a CIAE per la realizzazione del rivestimento interno;
- esecuzione di una serie di analisi metallografiche, di seguito dettagliate, di campioni in acciaio austenitico 1.4404 rivestiti;
- realizzazione del mock-up, di seguito dettagliato;
- misura del rateo di permeazione del mock-up, costituito da due tubazioni da 1000 mm rivestite e con giunto saldato per l'applicazione in questione;
- supporto alla preparazione dei report di progetto.

La presente Specifica Tecnica ha lo scopo di descrivere l'oggetto della fornitura, di stabilire i criteri generali per la caratterizzazione dei rivestimenti proposti e le misure di PRFe richieste.

ENEA DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	Titolo CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	Distribuzione CONFIDENZIALE	Emissione 16/12/2023	Pag. 7 di 15
		Ref. IT-T-S-642	Rev. 1	

2 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI COATING

I coating saranno realizzati su dischi in acciaio austenitico 1.4404, forniti da ENEA, caratterizzati da un diametro pari a 50 mm e uno spessore di 1mm circa. La geometria dei campioni da rivestire è visibile in Figura 1.

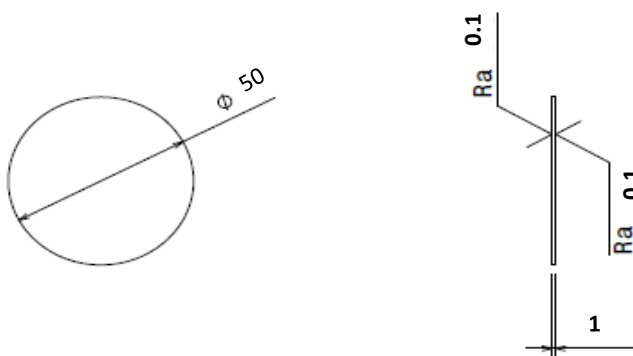


Figura 1. Campioni per prove di permeazione, diametro 50mm.

Ai fini di analizzare il comportamento a ciclaggio termico del coating che dovrà essere realizzato internamente alle tubazioni dell'HCS si richiede di sottoporre numero 4 dischi in AISI 1.4404 al seguente ciclaggio termico in atmosfera controllata (argon):

- Numero di cicli: 900
- Temperatura minima: 300°C
- Temperatura Massima: 500°C
- Rampa di salita: 10°C/min
- Rampa di discesa: 10°C/min

3 CARATTERIZZAZIONE METALLOGRAFICA DEI COATING

Ai fini di qualificare i rivestimenti forniti da CIAE si prevede da parte del fornitore la caratterizzazione microstrutturale dei coating *as-deposited* e *post-test* su una serie di campioni forniti da ENEA.

Le analisi metallografiche richieste comprendono almeno:

- analisi con microscopio ottico;
- analisi con microscopio elettronico a scansione con risoluzione maggiore o uguale a 1µm;
- analisi durezza del rivestimento;


 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 8 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

- analisi composizione chimica del rivestimento;

Il rivestimento sarà realizzato in Al_2O_3 mediante tecnica packed cementation su dei dischi e internamente a due tubazioni da 1000mm di lunghezza e diametro 101,6mm.

I dischi dovranno essere soggetti a ciclaggio termico. Si richiede la realizzazione delle analisi metallografiche sui seguenti campioni:

- 1 campione da 50mm di diametro *as-deposited* per prove permeazione;
- 1 campione da 50mm di diametro *post-test* prove ciclaggio termico;
- 1 campione da 50mm di diametro *post-test* prove di ciclaggio termico e permeazione

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	Titolo CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	Distribuzione CONFIDENZIALE	Emissione 16/12/2023	Pag. 9 di 15
		Ref. IT-T-S-642	Rev. 1	

4 CARATTERIZZAZIONE DEL MOCK-UP DELL'HCS DI ITER

In seguito della validazione, mediante prove di permeazione da parte di ENEA, del coating si procederà alla realizzazione e caratterizzazione di un mock-up per la qualifica del rivestimento per l'HCS di ITER.

Il mock-up sarà costituito da due tubazioni di diametro 3 1/2" schedula 80 (spesso pari a 8,08mm) e lunghezza pari a 1000mm ciascuna in acciaio austenitico 1.4404 rivestite e saldate tra di loro (giunto di testa).

Il mock-up dovrà essere opportunamente strumentato e riscaldato ai fini di poter eseguire la caratterizzazione del flusso permeato con il coating alle seguenti condizioni operative:

- Pressione di progetto: 1barg
- Temperatura: 500°C
- Gas di processo: elio+ deuterio
- Pressione parziale del deuterio: 10, 50 e 200Pa.
- Numero di Test: il mock-up sarà caratterizzato per tre valori di pressioni parziali del deuterio a 10, 50 e 100Pa, ciascun test sarà ripetuto tre volte per verificare la riproducibilità dei risultati. Fissata la pressione parziale del deuterio, i test di permeazione saranno condotti a 500°C.

Tutte le misure previste saranno eseguite in flusso continuo, misurando quindi la concentrazione delle specie atomiche e molecolari permeate attraverso la tubazione rivestita e saldata mediante l'uso di uno spettrometro di massa a quadrupolo magnetico (di fornitura ENEA) mediante l'utilizzo della facility HERMES. Questo permette di avere una misura precisa della concentrazione, in modo discreto, del flusso permeato e di conseguenza un'accurata definizione del PRFe.

Ad ogni misura, raggiunto un grado di vuoto adeguato dell'ordine dei $5 \cdot 10^{-4}$ mbar, viene misurato prima il fondo e poi iniettato il deuterio all'intero del mock-up per la misura di permeazione.

Il PRFe è quindi ottenuto mediante il rapporto tra il flusso di deuterio permeato del relativo campione ricoperto e di quello nudo.

La strumentazione di misura, il sistema di riscaldamento e il gruppo di pompaggio del vuoto sarà di fornitura ENEA, mentre le bombole del deuterio saranno di fornitura del fornitore.

Le seguenti attività saranno incarico al fornitore:

- Acquisto e spedizione presso il centro di ricerca CIAE di numero 3 tubazioni da 3 1/2" schedula 80 in AISI 1.4404 con lunghezza ciascuna 1300mm;


 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 10 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

- Esecuzione della saldatura di due tubazioni da 3 1/2" rivestite con qualifica metallografica dei giunti;
- Realizzazione delle saldature necessarie alla realizzazione del mock-up e alla sua caratterizzazione;
- Esecuzione prove di permeazione.

Le tubazioni, le flange, e la raccorderia necessarie sono a carico del fornitore.

Le prove saranno condotte presso le officine del fornitore in seguito all'approvazione da parte di ENEA della matrice di prova e del piano operativo per la conduzione delle prove.

ENEA sarà presente durante le prove eseguite.

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	Titolo CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 11 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

5 SALDATURE

Le saldature dovranno essere realizzate secondo il riferimento normativo per quanto riguarda i giunti saldati, la Direttiva 97/23/CE (PED) e/o altra direttiva RCC-MRX richiesta da ITER IO.

Per le saldature necessarie alla realizzazione della sezione di prova è richiesta la verifica tramite liquidi penetranti in quanto la pressione massima di esercizio del componente sarà paria 1bar relativo.

Per la saldatura tra le due tubazioni che costituiranno il mock-up dovrà essere prodotto un documento che riporti:

- procedimento usato,
- qualifica saldatura,
- tipo di elettrodo e omologazione,
- qualifica del saldatore,
- controlli non distruttivi previsti.

6 PULIZIA

Particolare attenzione dovrà essere riservata alla pulizia dei manufatti, sia in fase di fabbricazione che durante il trasporto. Dovrà essere garantito un alto livello di pulizia necessario ad evitare che residui di lavorazioni meccaniche, scorie di saldatura, polvere, ecc., possano depositarsi all'interno dei componenti di impianto.

Tutti i giunti saldati realizzati dovranno essere rasati e quindi decapati.

7 ESTENSIONE DELLA FORNITURA

La fornitura comprende, oltre ai componenti descritti.

- Bulloneria di collegamento
- Flange di collegamento
- Guarnizioni di tenuta
- Giunti e raccordi per le tubazioni
- Componenti e accessori per l'esecuzione delle prove di tenuta.
- Carpenteria metallica, cavi elettrici per collegamento elementi scaldanti, connettori e quant'altro occorrente alla realizzazione della prova di qualifica del mock-up.
- Gas di processo per la realizzazione delle prove sui mock-up.

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	Titolo CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	Distribuzione CONFIDENZIALE	Emissione 16/12/2023	Pag. 12 di 15
		Ref. IT-T-S-642	Rev. 1	

8 LIMITI DI FORNITURA, ESCLUSIONE

Sono escluse dal presente contratto la conduzione dei seguenti test di caratterizzazione:

- Prove di permeazione su dischi

Sono esclusi dal presente contratto la fornitura dei seguenti componenti:

- Sistema di riscaldamento sezione di prova
- Strumentazione di misura del vuoto, della temperatura, della pressione e relativa unità di acquisizione dati
- Spettrometro di massa per la misura del flusso permeato.

Inoltre, la realizzazione di tutti i rivestimenti saranno a carico dell'ENEA.

9 CONTROLLI DIMENSIONALI E PROVE IN OFFICINA

Il Cliente si riserva, in accordo con il Fornitore, di eseguire visite presso l'officina dello stesso durante la fabbricazione del Mock-up al fine di controllarne l'andamento, mediante l'esecuzione di controlli dimensionali e ispezioni visive per verificare la congruità dei componenti con quanto indicato nella specifica tecnica.

10 ACCETTAZIONE

L'accettazione della fornitura avverrà a seguito dell'approvazione del Responsabile Unico di Procedimento, sulla base della qualità del lavoro eseguito e della documentazione fornita.

Le attività oggetto del presente contratto dovranno essere svolte secondo le seguenti tempistiche:

Task	Descrizione attività	Tempistica fornitura
T1	Analisi metallografiche su dischi as-deposited	T0+2 mesi
T2	Analisi metallografiche su dischi dopo ciclaggio termico e prove di permeazione	T0+6 mesi
T3	Prove di caratterizzazione del mock-up	T0+6 Mesi

T0 = data firma contratto.

Nell'ambito del contratto saranno emessi numero tre rapporti tecnici come di seguito dettagliati:

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	Titolo CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	Distribuzione CONFIDENZIALE	Emissione 16/12/2023	Pag. 13 di 15
		Ref. IT-T-S-642	Rev. 1	

- a conseguimento dei Task 1 dovrà essere emesso un rapporto tecnico (D1), redatto in lingua inglese, riportanti i risultati dell'analisi metallografiche effettuate sui dischi as-deposited;
- a conseguimento del Task 2 sarà emesso il rapporto tecnico (D2), redatto in lingua inglese, contenente i risultati dell'analisi metallografiche effettuate sui dischi post ciclaggio termico e post prove di permeazione.
- a conseguimento del Task 3 sarà emesso il rapporto tecnico (D3), redatto in lingua inglese, contenente i risultati dei test di permeazione sul mock-up.

La fornitura include, inoltre, il dossier di fine lavori (in formato elettronico), dove sono raccolti tutti i documenti riguardanti:

- la descrizione delle saldature ed i controlli effettuati;
- i controlli dimensionali effettuati;
- la procedura di sgrassatura e decapaggio adottata;
- l'approvvigionamento dei materiali e i relativi certificati.

11 DURATA, PENALI, PAGAMENTI

Il presente contratto avrà una durata complessiva di 6 mesi. I pagamenti saranno effettuati, a fronte di presentazione di regolare fattura posticipata, come di seguito riportato:

- 50% dell'ammontare totale a esito positivo dell'accettazione del deliverable D1
- 50% dell'ammontare totale a esito positivo dell'accettazione del deliverable D2 e D3;

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 14 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

REFERENCE

- 1 Technical Specifications for the assessment of the implementation of Tritium Permeation Barriers in Helium-coolant Pipes, IDM UID 3FRSZ3, version 24 Jul 2020 / 1.0 / Signed.
- 2 ITER_D_YNEEE5 - D4-5.3.5 2D CAD Isometric Drawings for line 56A2HE Inlet.
- 3 ITER_D_YNEFPR - D4-5.3.6 2D CAD Isometric Drawings for line 56A2HE Outlet.
- 4 ITER_D_VT3SDZ - D2-7.3.3 2D CAD Isometric Drawings for line 56B4HE Inlet.
- 5 ENEA-UTFUS MAQ-E 01 QUALITY MANUAL, rev.4 11/07/2014.
- 6 ENEA- REPORT D9 AT THE END OF THE TASK 2.3 CS IO/20/CT/4300002226 SUMMARISING THE MOCK-UP CHARACTERISATION RESULTS.

 DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA NUCLEARE SEZIONE PROGETTI INNOVATIVI	<u>Titolo</u> CARATTERIZZAZIONE DI RIVESTIMENTI SUPERFICIALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI BARRIERE ANTIPERMEAZIONE PER IL CIRCUITO AD ELIO DI ITER	<u>Distribuzione</u> CONFIDENZIALE	<u>Emissione</u> 16/12/2023	<u>Pag.</u> 15 di 15
		<u>Ref.</u> IT-T-S-642	Rev. 1	

LISTA DI DISTRIBUZIONE

D. Diamanti	ENEA	dario.diamanti@enea.it
M. Tarantino	ENEA	mariano.tarantino@enea.it
M. Utili	ENEA	marco.utili@enea.it

Archivio FSN-PROIN