

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA A.V. /A.C. TORINO-VENEZIA Tratta VERONA-PADOVA  
Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

VIADOTTI E PONTI

VIADOTTO "FIBBIO" DAL Km 9+958,67 AL Km 10+036,70

GENERALE

Pendini: Protocollo di prova

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA :	
<b>IL PROGETTISTA INTEGRATORE</b> ing. Claudio DE GIUDICI iscritto all'ordine degli ingegneri di Udine n. 1875 Data:		Consorzio <b>Iricav Due</b> ing. Paolo CARMONA Data:						-	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO	
IN17	12	E	12	CL	V101D5	003	A		DI

VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
Firma	Data
ing. <i>Alberto LEVORATO</i>	

Progettazione :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	A. Sganga	Marzo 2023	M. Vaccarezza	Marzo 2023	P. Maestrelli	Marzo 2023	Paolo Maestrelli 
B								
C								

Data: Marzo 2023

<b>CIG: 8377957CD1</b>	<b>CUP: J41E9100000009</b>	<b>File:</b> IN1712E12CLV101D5003A.DWG
		<b>Cod. origine:</b> CODICE



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

ID	Rev.	Date	TESTING PROCEDURE	
PPR-TSP-GEN-001	0	24/02/2023	TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA	Page 1 of 7



# PROVE FUNZIONALI PENDINI E PROVE DI QUALIFICA MATERIALE SNODO

## PROTOCOLLO DI PROVA

RFI DTC SI PS SP IFS 002 F

---

### TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA

---

JOB NUMBER: 220191

CLIENT: COSSI

PROJECT: VIADOTTO "FIBBIO " E "ILLASI", LINEA AV/AC TO – VE, tratta VR – PD, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

#### DISTRIBUTION:

The present document is subject to controlled distribution.

To the holders of "controlled copies" any eventual following revision will be distributed.

To the holders of "non-controlled copies" new editions will not be distributed.

Controlled copies are addressed to the "process responsible" in the Company; both in the Office and in the production plant.

Eventual further "controlled copies" will be defined and distributed from the Director of the Technical Department.

Any additional copy, not distributed as above, must be considered as "not controlled".

ID	Rev.	Date	Description	Made by	Verified by	Approved by
PPR-TSP-GEN-001	0	24/02/2023	Prima emissione	EG	LM	LM

ID	Rev.	Date	TESTING PROCEDURE	
PPR-TSP-GEN-001	0	24/02/2023	TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA	Page 2 of 7

## SOMMARIO

1. PREMESSA .....	3
2. SCOPO .....	3
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	3
4. ATTREZZATURA DI PROVA .....	3
5. DISPOSITIVI DA TESTARE.....	3
6. PROVE.....	4
6.1 VERIFICHE DIMENSIONALI .....	4
6.2 PROVA ASSIALE STATICA (Capitolato RFI §12.14.3.7.1).....	4
6.3 PROVA ASSIALE A FATICA (Capitolato RFI §12.14.3.7.3) .....	4
6.4 ROTAZIONE STATICA (Capitolato RFI §12.14.3.7.2) .....	4
6.5 VERIFICA DEGLI SNODI A USURA .....	5
7. ISPEZIONE FINALE.....	7

ID	Rev.	Date	TESTING PROCEDURE	
PPR-TSP-GEN-001	0	24/02/2023	TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA	Page 3 of 7

## 1. PREMESSA

TENSA lavora in conformità alla normativa EN ISO 9001:2015 che regola la definizione, implementazione e gestione di un Sistema di Gestione della Qualità in azienda, come certificato da Bureau Veritas doc. n° IT239333.

## 2. SCOPO

Il presente documento stabilisce la procedura per le prove di qualifica da eseguire sul TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA che TENSA deve fornire a COSSI per il Progetto VIADOTTO "FIBBIO " E "ILLASI", LINEA AV/AC TO – VE, tratta VR – PD, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza, numero commessa TENSA 220191. Tutte le prove descritte di seguito verranno eseguite e certificate dal laboratorio prove materiali del Politecnico di Milano.

## 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Di seguito sono elencate le Normative/Capitolati di riferimento e altri documenti utili alla definizione del protocollo di prova:

Manuale Qualità Tensa: MGQ rev.13 del 27/10/2016

Normativa prove: (1) RFI DTC SI PS SP IFS 002 F - CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 12 "PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA"

(2) EN1337-2 "Appoggi strutturali - Elementi a scorrimento"

Disegni: 17075K01-03-0-Costruttivo componenti

## 4. ATTREZZATURA DI PROVA

Le prove saranno eseguite su un prototipo di pendino presso il Laboratorio Prove Materiali (LPM) del Politecnico di Milano. Il prototipo dovrà essere in scala 1:1 con la sola eccezione della lunghezza della barra (1,0 ÷ 1,5metri).

Il banco di prova e le altre attrezzature utilizzate per l'esecuzione delle prove verranno descritte nei rapporti di prova ufficiali forniti dal Laboratorio.

## 5. DISPOSITIVI DA TESTARE

L'intero protocollo di prova (vedi Paragrafo 6) verrà eseguito su un prototipo di pendino ad eccezione della prova di usura dello snodo che sarà invece effettuata su campioni del materiale di scorrimento ElgoGlide.

ID	Rev.	Date	TESTING PROCEDURE	
PPR-TSP-GEN-001	0	24/02/2023	TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA	Page 4 of 7

## 6. PROVE

Tutte le prove devono essere eseguite a temperature ambiente. Alla fine di ciascuna prova, così come al termine di tutta la campagna sperimentale, il dispositivo deve essere rimosso dal banco di prova e smontato per effettuare l'ispezione dei singoli componenti. Qualsiasi difetto, danno, cricca/fessura o alterazione della funzionalità dei componenti deve essere documentato nel rapporto di prova ufficiale fornito dal Laboratorio.

Di seguito si riporta una Tabella di sintesi delle prove che dovranno essere eseguite sul prototipo di pendino.

test #	identificativo	descrizione
1	test P1	Verifiche dimensionali
2	test P2	Assiale statica
3	test P3	Rotazione statica
4	test P4	Assiale a fatica
5	test P5	Qualifica snodi a fatica

Tabella 1. Prove da eseguire.

### 6.1 VERIFICHE DIMENSIONALI

Prima di eseguire le prove meccaniche (P2, P3, P4, e P5) devono essere eseguiti i controlli dimensionali su ciascun componente del pendino per verificare che eventuali discrepanze siano comunque inferiori alle tolleranze riportate nel progetto costruttivo approvato da Italferr.

### 6.2 PROVA ASSIALE STATICA (Capitolato RFI §12.14.3.7.1)

Il pendino è sottoposto a 2 cicli di carico con le seguenti modalità (identiche per entrambi i cicli):

1. aumento del carico sino al valore massimo di 125% di  $N_{SLE}=1550kN$ , quindi fino al carico massimo di 1938kN, con passi di carico pari al 25%-50%-75%-100%-125% di  $N_{SLE}$ ;
2. mantenimento del carico al valore massimo per 15 min.;
3. rimozione del carico seguendo gli stessi passi della fase di carico.

### 6.3 ROTAZIONE STATICA (Capitolato RFI §12.14.3.7.2)

La prova deve essere eseguita applicando un carico assiale pari al 125% di  $N_{SLE}=1550kN$ , quindi pari a 1938kN. Successivamente, in tale condizione, deve essere applicata al pendino una rotazione pari a quella massima di progetto ( $\pm 0,5^\circ$ ) per n° 5 cicli, imponendo uno spostamento orizzontale alla base congruente.

### 6.4 PROVA ASSIALE A FATICA (Capitolato RFI §12.14.3.7.3)

Il pendino deve essere sottoposto a cicli di carico di forma sinusoidale con le seguenti modalità:

- Carico massimo  $N_{perm} = 850 kN$ ;
- Carico minimo  $N_{min, fat} = 850 kN$ ;
- Carico max  $N_{max, fat} = 1276 kN$ ;
- Carico medio fatica 1063 kN;
- Frequenza 3 Hz (durata stimata senza interruzioni 185 ore);
- Numero di cicli di carico pari a 2.000.000

Nota: Il calcolo è stato eseguito prendendo in esame come forza minima  $F_{min}=850kN$  (pari al permanente massimo su pendino) e come forza massima  $F_{max}=1276kN$  (calcolata sulla base del  $\Delta\sigma=2,26kN/cm^2$  riportata da Seteco a pagina 432 della loro relazione di calcolo IN1712EI2CLVI01D5001A ).

ID	Rev.	Date	TESTING PROCEDURE	
PPR-TSP-GEN-001	0	24/02/2023	TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA	Page 5 of 7

## 6.5 VERIFICA SNODO AD USURA

Si tratta di una prova addizionale non prevista dal Capitolato RFI ma richiesta dal RFI/Italferr per verificare il comportamento ad usura degli snodi del pendino. Si definisce un layout di prova equivalente dove lo scorrimento, anzichè avvenire lungo la superficie sferica dello snodo (Fig. 1, sinistra), avverrà su una superficie piana (Fig. 1, destra) secondo una cinematica equivalente in termini di ampiezze e distanza totale percorsa. Per l'esecuzione di questa prova si può far riferimento alle prescrizioni della EN1337-2 ("Appoggi strutturali - Elementi a scorrimento"). Il test verrà condotto presso il Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano mediante un banco di prova biassiale dedicato alle prove di attrito e usura sui materiali di scorrimento secondo EN1337-2 (Appendice D).

Lo schema di prova (Fig. 1, destra) prevede:

- il campione di prova (1) è costituito da due dischi (diametro 75mm) che rappresentano i due materiali accoppiati alla superficie di scorrimento/rotazione dello snodo. Il primo disco (spessore complessivo 7.5mm) è composto dal materiale di scorrimento ElgoGlide avente spessore 0.5mm ed incorporato in resina sintetica che lo fissa rigidamente al metallo di supporto (Fig. 2). Il secondo campione (spessore 2mm) è composto invece dall'acciaio di base dello snodo sottoposto alle stesse lavorazioni di trattamento superficiale (es. lucidatura) previste dal Produttore;
- il secondo campione viene vincolato all'attuatore verticale (2) della macchina di prova mentre il primo all'attuatore orizzontale (3) che genera uno scorrimento relativo;
- l'attuatore oleodinamico verticale (2) genera una forza verticale costante, centrata sui campioni di prova, che simula la pressione di contatto richiesta dal protocollo di prova;
- l'attuatore orizzontale (3) è collegato ad una piastra (4) che si muove in direzione orizzontale alla velocità specificata scorrendo su una guida lubrificata (5) a bassissimo attrito (<0.1%). Lo scorrimento relativo tra i campioni di prova avviene in modo alternato in direzione orizzontale a velocità/frequenza controllata;
- la piastra orizzontale (4) è equipaggiata con un sistema di strumentazione in grado di misurare e registrare forza e spostamento orizzontale applicata ai campioni in prova;
- un sistema di controllo della temperatura alloggiato nel sistema di carico verticale consente di variare la temperatura effettiva alla superficie di scorrimento (raffreddamento mediante flusso di CO2 regolato da elettrovalvole e riscaldamento mediante resistenze elettriche)

Si definiscono di seguito i parametri di prova. La distanza cumulata  $\Delta s$  percorsa durante la vita in esercizio dello snodo è calcolata come:

$$\Delta s = n_{cycles} \cdot \frac{\pm \alpha_{FAT}}{360^\circ} \cdot 2\pi R_{SNODO} = 2 \cdot n_{cycles} \cdot \frac{\alpha_{FAT}}{360^\circ} \cdot 2\pi R_{SNODO} = 980000mm = 980m \rightarrow 1000m$$

in cui:

- $\alpha_{FAT} = \pm 0.10^\circ$  è la rotazione dello snodo attesa nella combinazione di carico a fatica (stimata 1/5 della massima rotazione di progetto SLU)
- $n_{cycles} = 2.000.000$  è il numero di cicli a fatica/usura secondo Capitolato RFI;
- $R_{SNODO} = 140mm$  è il raggio della superficie interna di scorrimento dello snodo.

La prova di usura verrà quindi eseguita secondo questi parametri:

- ampiezza pari a  $A = \pm(\alpha_{FAT}/360^\circ) \cdot (2\pi R_{SNODO}) = \pm 0.244mm \rightarrow \pm 0.25mm$ ;
- pressione di contatto media applicata al provino pari a quella massima  $p_{max} = 99.3MPa$  (secondo calcolo del produttore dello snodo) alle superfici interne dello scodo quando sottoposte al carico assiale a fatica di progetto  $N_{FAT}=1276kN$ , amplificata per un fattore 1.25. Pertanto la pressione di contatto durante il test di usura sarà pari a  $p_{test} = 125MPa$ ;

ID	Rev.	Date	TESTING PROCEDURE	
PPR-TSP-GEN-001	0	24/02/2023	TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA	Page 6 of 7

- i profili di temperatura e velocità adottati per la prova sono illustrati in Fig. 3 e si articolano in tre fasi: (1) fase iniziale A (caratterizzazione provino vergine) che prevede 22m di scorrimento complessivo eseguito a velocità di 0.4mm/s e temperatura variabile tra +35°C e -35°C; (2) fase B di usura con scorrimento complessivo di 1000m eseguita a velocità di 15mm/s e temperature costante di 21°C; (3) fase finale C (caratterizzazione provino post-usura) che, analogamente alla fase A, prevede 22m di scorrimento complessivo eseguito a velocità di 0.4mm/s e temperatura variabile tra +35°C e -35°C. Lo scorrimento complessivo sarà quindi pari a 1044m.

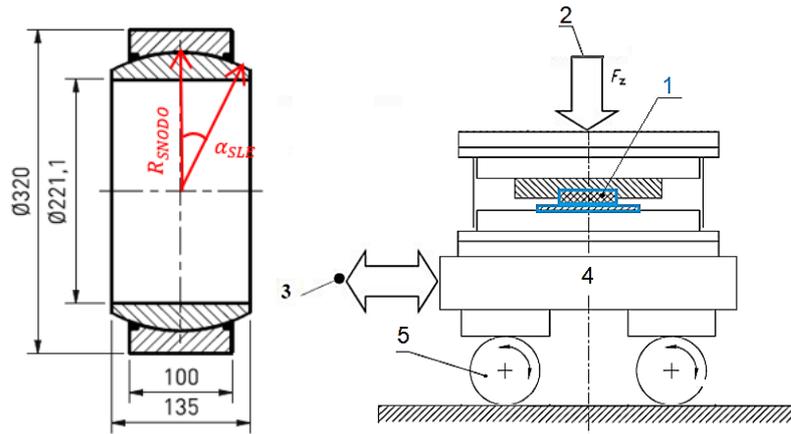


Fig. 1. Cinematica dello snodo (sinistra) e schema di prova equivalente (destra) per la prova ad usura.

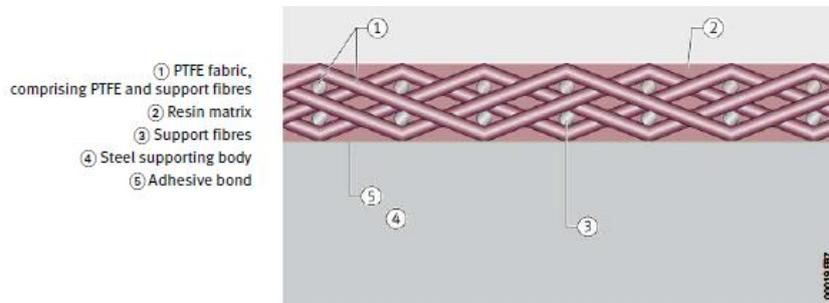


Fig. 2. Stratigrafia del materiale di scorrimento Elgoglide (immagine presa della brochure tecnica del produttore).

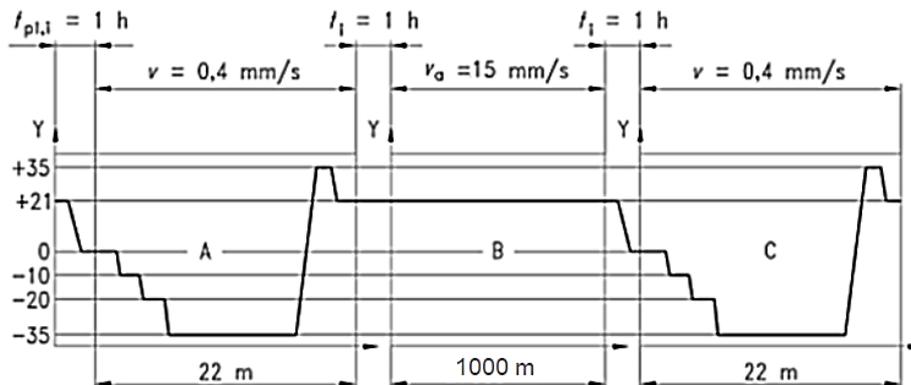


Fig. 3. Profili di controllo della temperatura e della velocità durante le tre fasi della prova di usura.

ID	Rev.	Date	TESTING PROCEDURE	
PPR-TSP-GEN-001	0	24/02/2023	TSP – TENS SISTEMA PENDINATURA	Page 7 of 7

### **Criteri di accettazione**

Per la verifica funzionale dello snodo si fa riferimento alla EN1337-2 che definisce i criteri di accettazione della prova di attrito a lungo termine, definiti in termini valori di massimo attrito ammissibile e di spessore residuo del materiale di scorrimento a valle della massima distanza di scorrimento accumulata durante il test.

Per i limiti per il coefficiente di attrito massimo misurato alle varie temperature del Test-A finale si prende come riferimento quanto stabilito dalla EN1337-2 (§4.2.2) per i materiali compositi (vedi Tabella 2).

Per quanto riguarda l'usura, lo spessore residuo del materiale scorrevole ElgoGlide al termine della prova non dovrà essere inferiore a 0,4mm (ovvero massima variazione ammessa -20% rispetto allo spessore iniziale).

Temperature	Total slide path 2 066 m
	$\mu_T$
-35°C	0,200
-20°C	0,150
0°C	0,100
+21°C	0,075

*Tabella 2. Limiti per il coefficiente di attrito massimo registrato durante il Test A conclusivo della prova di usura.*

## **7. ISPEZIONE FINALE**

Al termine di ogni prova, il pendino deve essere rimosso dal banco di prova e smontato per effettuare l'ispezione dei singoli componenti. Qualsiasi difetto, danno, cricca/fessura o alterazione della funzionalità di un componente deve essere documentato nel rapporto di prova ufficiale fornito dal Laboratorio.