

**Progetto Mo.S.E.**  
**Considerazioni sulla RELAZIONE TECNICA**  
**per la stima della vita residua degli steli tensionatori della Bocca di Lido Treporti**  
**(a cura del CVN con la consulenza specialistica del Prof. C. Mapelli) datata maggio 2017**

**Considerazioni sulla RELAZIONE TECNICA**  
**per la stima della vita residua degli steli tensionatori**  
**della Bocca di Lido Treporti**  
**(a cura del CVN con la consulenza specialistica del Prof. C. Mapelli)**  
**datata maggio 2017**

Gli scriventi, quali Esperti di Codesto Ufficio, espongono nel presente documento le loro considerazioni tecniche sulla suddetta relazione. Alcuni commenti sono analoghi a quanto già espresso per la relazione a cura dei Collaudatori statici, Proff. Brutti e Mascia, come verrà evidenziato e motivato nel seguito del presente documento.

Pur rilevando in questo caso un diverso approccio, per certi versi più scientifico, al problema, gli Esperti del Provveditorato non possono fare a meno di notare che il presupposto corrosionistico su cui si bada la relazione CVN e Prof. Mapelli è lontano dallo scenario in cui sono inseriti i tensionatori di Treporti. Più precisamente tale relazione prende come riferimento la Norma ISO UNI EN 9223 e UNI EN 9224.

*Queste Norme si riferiscono chiaramente:*

- a) alla corrosione atmosferica, cioè generalizzata;*
- b) in ambienti esterni, notoriamente ventilati.*

Circa *la corrosione atmosferica* degli steli in esame, che pure è presente, sappiamo che essa non è la sola a indurre degrado, né quella prevalente, essendo contemporaneamente attive *quella galvanica* e quella per *aerazione differenziale*, che però il Prof. Mapelli non prende minimamente in considerazione. Pertanto, trascurare le azioni più aggressive e considerare solo quella generalizzata significa *non considerare puntualmente lo scenario reale* e, conseguentemente, *ottenere conclusioni molto discutibili e parziali*.

Riguardo alla seconda condizione, *l'ambiente d'impiego*, sappiamo che gli steli di Treporti sono installati in locali angusti e chiusi, e quindi in precarie condizioni di aerazione; anche sotto questo aspetto *l'ambiente aggressivo preso a riferimento risulta alterato* rispetto a quello reale.

Diamo atto agli autori della relazione del CVN di avere correttamente identificato la vera natura della lega oggetto di corrosione, cioè l'acciaio basso legato, che risulta coerente con la Norma di corrosione considerata, anche se l'aver trascurato la protezione di nichel

**Progetto Mo.S.E.**  
**Considerazioni sulla RELAZIONE TECNICA**  
**per la stima della vita residua degli steli tensionatori della Bocca di Lido Treporti**  
**(a cura del CVN con la consulenza specialistica del Prof. C. Mapelli) datata maggio 2017**

ha nascosto un meccanismo di corrosione probabilmente preponderante nelle failure evidenziatesi: *la corrosione galvanica*.

Ciò premesso vengono di seguito evidenziati puntualmente alcuni specifici aspetti della relazione, dai quali gli Esperti dissentono o manifestano perplessità.

Iniziamo con la scelta della corrosione generalizzata in atmosfera esterna, modellata dall'espressione  $s = k \cdot t^{0,6}$ , che a nostro avviso lascia aperta la porta ad alcuni interrogativi.

- a) La prima obiezione sta nel fatto che a Treporti è stata condotta un'intensa attività ispettiva, con analisi e indagini strumentali effettuate da Mated s.r.l. (rapporto 2016 04014 rev0) analizzate e relazionate dalla Prof. Zanella (nel rapporto "Relazione Tecnica. Indagine sull'ossidazione presente sui gruppi di aggancio, identificazione di meccanismi, cause, azioni correttive e preventive. 6.4.2016"). Quindi risulta poco comprensibile la scelta di non utilizzare quella documentazione, come sarebbe stato logico (a meno che non s'intenda contestarla), e sentire l'esigenza di effettuare l'ispezione di un solo tensionatore.
- b) La corrosione generalizzata, secondo gli estensori della relazione in oggetto, è l'unico meccanismo corrosivo agente sui tensionatori. Come già espresso, non si ritiene corretto non aver cercato di quantificare anche l'effetto del/degli altro/i meccanismo/i, tenendo conto che accanto all'ossidazione ne esistono altri altrettanto attivi.

Una corrosione di tipo generalizzato non può generare crateri ulceriformi, questo è noto. Probabilmente considerando anche l'attacco da corrosione galvanica che si concentra sull'area anodica (o da areazione differenziale), *si sarebbe meglio rappresentata la realtà morfologica del danno*.

- c) Anche volendosi concentrare solo nello studio sul tensionatore ispezionato non è assolutamente corretto ricavare la costante  $k$  della relazione riportata a pag. 5 ( $s = k \cdot t^{0,6}$ ), usando la profondità di 1,5 mm dell'ulcera individuata dal Prof. Mapelli. *Si poteva far riferimento alla profondità di 3 mm trovata dalla Prof.ssa Zanella*, come da citata relazione: entrambe le ulcerazioni sono state ottenute dopo 1,5 anni di vita nello stesso ambiente (bocca di Treporti).
- d) Comunque l'affermazione riportata nel paragrafo 3 a pagina 5 "Questo tasso è quello iniziale, che è noto essere sempre molto più elevato di quello che si manifesterà su un periodo più lungo. Infatti col passare del tempo avverrà un decadimento del tasso corrosivo, in quanto le incrostazioni che si formano sullo stelo tenditore proteggeranno quest'ultimo dal contatto con l'elettrolita che partecipa al processo corrosivo.

*Si potrebbe ipotizzare un tasso di corrosione massimo pari a 1mm/anno sia per il*

## Progetto Mo.S.E.

### Considerazioni sulla RELAZIONE TECNICA

per la stima della vita residua degli steli tensionatori della Bocca di Lido Treporti  
(a cura del CVN con la consulenza specialistica del Prof. C. Mapelli) datata maggio 2017

*primo periodo di esercizio sia per gli anni successivi", non può essere condivisa dagli Esperti del Provveditore. Poiché ancora una volta non si tiene conto delle altre componenti di attacco localizzato; ad esempio la corrosione galvanica che non troverà attenuazione di sorta se ci si trova in presenza di elettrolita ed ossigeno.*

- e) Ovviamente si dissente totalmente con quanto riportato anche a pagina 6 dello stesso paragrafo; *soprattutto con la tabella.*
- f) Se abbiamo ben compreso il procedimento applicato, prima si è ricavata una riduzione di sezione dello stelo per corrosione generalizzata, poi si è dimostrato che tale sezione indebolita è comunque in grado di sopportare gli sforzi costanti e ciclici gravanti su di esso. *Non si concorda con questa impostazione poiché probabilmente ciò che andava considerato avrebbe dovuto tener conto di un'azione sinergica elettrochimica/meccanica, cioè di un effetto congiunto delle componenti di corrosione e degli sforzi (costanti e ciclici).*
- g) A pag. 8 della relazione si menziona un coefficiente d'intaglio  $K_t = 1 + 2 \cdot a/b = 3$ , dove  $a$  rappresenta la profondità dell'ulcera superficiale e  $b$  il diametro medio dell'ulcera medesima. *Questo assunto non rappresenta la peggiore situazione possibile, in quanto l'ulcera viene assimilata a un paraboloide o a una calotta sferica, mentre l'ulcera può essere appuntita o avere comunque una geometria più sfavorevole.* In tal caso non ci vuole niente a raddoppiare o a triplicare il valore di  $K_t$ , con conseguenze molto peggiori.

*Questa geometria più sfavorevole dell'ulcera non sarebbe impossibile da ottenere pensando sia all'azione degli altri meccanismi di corrosione, sia alle notevoli tensioni interne presenti all'interfaccia nichel/acciaio prodotte dal trattamento termico dopo nichelatura per raggiungere 900 HV.*

- h) A pag. 9 della relazione è scritto testualmente *"Il fattore critico di amplificazione dello sforzo è stato stimato sulla base dei valori di resilienza su provette estratte dallo stelo, che hanno restituito a 0°C valori pari a 75J."* Senza entrare nel merito del calcolo del fattore critico di amplificazione, ci meravigliamo di apprendere che sullo stelo sono state fatte prove di resilienza a 0°C in quanto la DL ha eseguito controlli di resilienza sempre e soltanto a 20°C. Si ricorda, inoltre, che per l'acciaio super duplex F55, con cui fare il futuro prototipo dello stelo, si pretendono prove KV a -46°C. Da ciò scaturiscono due commenti:

- *le prove andrebbero condotte sempre alle stesse temperature, per uno stesso materiale, che invece è stato testato a 0°C ed a 20°C;*

## Progetto Mo.S.E.

### Considerazioni sulla RELAZIONE TECNICA

per la stima della vita residua degli steli tensionatori della Bocca di Lido Treporti  
(a cura del CVN con la consulenza specialistica del Prof. C. Mapelli) datata maggio 2017

- *per poter confrontare, poi, materiali differenti e relative prestazioni risulta assolutamente necessario condurre le prove nelle stesse condizioni, anche come posizioni di prelievo dei provini, altrimenti non è possibile il confronto.*

Non è riportata nella relazione la posizione di prelievo delle provette di resilienza che notoriamente può influenzarne il risultato, anche pesantemente. Abbiamo altresì perplessità (e ci piacerebbe averne conferma sperimentale) sul valore di 75 J ottenuto. Per avvicinarsi alle condizioni dello scenario reale, nel caso che ci riguarda la posizione di prelievo dovrebbe essere quanto più in superficie possibile, per tenere conto delle tensioni interne prodotte dal Trattamento Termico post nichelatura, ma soprattutto del massimo effetto di flessione causate dai cicli marini.

- i) A pag. 16 della relazione si riportano i diagrammi di Smith ottenuti da RTM Breda nel 2009 da saggi in acciaio estratti dal materiale forgiato con cui sono stati realizzati gli steli tenditori. Si tratta di diagrammi costruiti attraverso prove di fatica, che sono anch'esse sensibili alla posizione di prelievo delle provette, nonché alle modalità di carico (flessione alterna, flessione rotante, ecc.). *Nessuna di queste informazioni è presente nella relazione CVN e Prof. Mapelli, per cui non possiamo avallare l'uso di questi diagrammi e le relative conclusioni.*

### Conclusioni

Le conclusioni a cui arrivano gli estensori della relazione, CVN e Prof. Prof. Mapelli, *non ci trovano, né potrebbero trovarci consenzienti circa la valutazione della vita residua degli steli tensionatori, a causa delle semplificazioni introdotte.* Tali semplificazioni riguardano:

- *la scelta, come unico meccanismo di danno, della corrosione generalizzata da atmosfera esterna, che non rappresenta il nostro ambiente;*
- *la mancata considerazione degli altri meccanismi di corrosione localizzata, quali la componente galvanica e quella di areazione differenziale, che possono avere avuto un'influenza tutt'altro che trascurabile, se non determinante;*
- *inoltre, si evidenzia una mancanza di informazioni circa l'ottenimento di dati (mediante prove di resilienza e di fatica) indispensabili per l'ottenimento dei risultati e le relative conseguenze.*

24 luglio 2017

Gian Mario Paolucci

Susanna Ramundo