

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)		
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA: 26/03/2025
		REV. PAGINA
		00/2025 19/ 32

N_i numero di cicli di tensione che provocano la rottura

$$\text{per } P_1 = 25\% P_{\max} \rightarrow D_1 = \frac{n_1}{N_1} = 0,000621705$$

$$\text{per } P_2 = 50\% P_{\max} \rightarrow D_2 = \frac{n_2}{N_2} = 0,059373218$$

$$\text{per } P_3 = 75\% P_{\max} \rightarrow D_3 = \frac{n_3}{N_3} = 0,140269228$$

$$\text{per } P_4 = P_{\max} \rightarrow D_4 = \frac{n_4}{N_4} = 0,189994298$$

Livello del danneggiamento presente nel dettaglio strutturale alla data della valutazione;

$$D = \sum_{i=1}^n D_i = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,390258448$$

Fattore di danneggiamento residuo:

$$D_r = 1 - D = 1 - 0,390258448 = 0,609741552$$

9.4. *SCHEDA DI CALCOLO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO (Numero di cicli annuale riferiti alle future di condizioni di carico previste)*

Carico di riferimento	Formula	Cicli/anno
$P_1 = 25\% P_{\max}$	1 c/g x 22 g/m x 11 m/a	$n_1^r = 242$
Carico di riferimento	Formula	Cicli/anno
$P_2 = 50\% P_{\max}$	10 c/g x 22 g/m x 11 m/a	$n_2^r = 2420$
Carico di riferimento	Formula	Cicli/anno
$P_3 = 75\% P_{\max}$	7 c/g x 22 g/m x 11 m/a	$n_3^r = 1649$

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA:	26/03/2025
		REV.	PAGINA
		00/2025	20/ 32

Carico di riferimento	Formula	Cicli/anno
$P_4 = P_{\max}$	4 c/g x 22 g/m x 11 m/a	$n_4^r = 968$

Ai fini della determinazione del periodo di utilizzo futuro si è tenuto conto delle seguenti ipotesi di utilizzo dichiarate dalla Ditta:

242 cicli/anno con $P_1 = 25\% P_{\max}$

2420 cicli/anno con $P_2 = 50\% P_{\max}$

1694 cicli/anno con $P_3 = 75\% P_{\max}$

968 cicli/anno con $P_4 = P_{\max}$

9.5. CALCOLO DEL NUMERO DI CICLI CHE PROVOCA LA ROTTURA CON RIFERIMENTO ALLE FUTURE CONDIZIONI DI CARICO

Ponendo la condizione:

$$\frac{n_i^r}{N_i} = 1 \rightarrow n_i^r = N_i$$

Abbiamo i seguenti valori:

con $P_i = P_{\max}$ ($\Delta\sigma_{\max} = 1600 \text{ daN/cm}^2$)

$P_1 = 25\% P_{\max}$ ($\Delta\sigma_1 = 400 \text{ daN/cm}^2$) $\rightarrow N_1 = 7.785.047$ cicli

$P_2 = 50\% P_{\max}$ ($\Delta\sigma_2 = 800 \text{ daN/cm}^2$) $\rightarrow N_2 = 815.182$ cicli

$P_3 = 75\% P_{\max}$ ($\Delta\sigma_3 = 1200 \text{ daN/cm}^2$) $\rightarrow N_3 = 241.536$ cicli

$P_4 = P_{\max}$ ($\Delta\sigma_4 = 1600 \text{ daN/cm}^2$) $\rightarrow N_4 = 101.898$ cicli

9.6. CALCOLO DEL FATTORE DI DANNEGGIAMENTO RESIDUO ANNUALE

Si fa riferimento alla seguente relazione:

$$d_i^r = \sum_{i=1}^n \frac{n_i^r}{N_i}$$

n_i numero di cicli previsti in un anno

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)		
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA: 26/03/2025
		REV. PAGINA
		00/2025 21/ 32

per $P_1 = 25\% P_{\max}$ $n_1^r = 242$
 per $P_2 = 50\% P_{\max}$ $n_2^r = 2420$
 per $P_3 = 75\% P_{\max}$ $n_3^r = 1694$
 per $P_4 = P_{\max}$ $n_4^r = 968$

N_i numero di cicli di tensione che provocano la rottura

Con

$P_i = P_{\max} (\Delta\sigma_{\max} = 1600 \text{ daN/cm}^2)$

$P_1 = 25\% P_{\max} (\Delta\sigma_1 = 400 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow N_1 = 7.785.047 \text{ cicli}$

$P_2 = 50\% P_{\max} (\Delta\sigma_2 = 800 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow N_2 = 815.182 \text{ cicli}$

$P_3 = 75\% P_{\max} (\Delta\sigma_3 = 1200 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow N_3 = 241.536 \text{ cicli}$

$P_4 = P_{\max} (\Delta\sigma_4 = 1600 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow N_4 = 101.898 \text{ cicli}$

Schema di sintesi dei risultati di calcolo:

con

$P_i = P_{\max} (\Delta\sigma_{\max} = 1600 \text{ daN/cm}^2)$

$P_1 = 25\% P_{\max} (\Delta\sigma_1 = 400 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow d_1^r = 0,000031085 \text{ cicli}$

$P_2 = 50\% P_{\max} (\Delta\sigma_2 = 800 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow d_2^r = 0,002968661 \text{ cicli}$

$P_3 = 75\% P_{\max} (\Delta\sigma_3 = 1200 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow d_3^r = 0,007013461 \text{ cicli}$

$P_4 = P_{\max} (\Delta\sigma_4 = 1600 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow d_4^r = 0,009499715 \text{ cicli}$

Livello del danneggiamento residuo totale riferito al periodo di utilizzo di un anno:

$$d^r = \sum_{i=1}^n d_i^r = d_1^r + d_2^r + d_3^r + d_4^r = 0,019512922$$

9.7. CALCOLO DEL PERIODO RESIDUO DI UTILIZZO

Il periodo residuo di utilizzo sarà determinato a partire dalla relazione di Palmgre-Miner, imponendo la condizione di uguaglianza rispetto al valore unitario:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_i} = 1$$

Tale valore deve però essere messo in relazione con le ipotesi di lavoro future dell'apparecchio, le quali possono essere in parte, o in tutto, uguali o diverse rispetto a quelle del passato.

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA:	26/03/2025
		REV.	PAGINA
		00/2025	22/ 32

Verrà pertanto impostata una nuova uguaglianza, sempre differenziata per ciascun dettaglio strutturale individuato, nella quale il danneggiamento residuo è confrontato con la distribuzione del numero di cicli attesi di lavoro.

$$D_r = \sum_{i=1}^n \frac{n_{ji}^r}{N_{ji}^r}$$

In particolare deve essere:

$$0,60 \leq \frac{n_{ji}}{N_{ji}} \leq 2,2$$

Ciò testimonia una forte dispersione dei dati sperimentali e alcune manchevolezze della legge stessa che, nella sua estrema semplicità, non tiene conto dell'ordine secondo cui sono applicati i vari livelli di sollecitazione (fenomeni di allenamento o sovraccarico) e non considera i carichi di intensità inferiore al limite di fatica.

A favore di sicurezza, ovvero quando non c'è una conoscenza sufficientemente precisa dello spettro di carico, o in presenza di componenti importanti per la sicurezza globale della costruzione è preferibile assumere un valore della sommatoria prossimo o inferiore all'unità.

La teoria di Palmgre-Miner permette perciò di determinare il numero limite teorico di cicli compatibili con il particolare dettaglio strutturale analizzato. Si è quindi in grado di collegare, non più in modo convenzionale, la resistenza a fatica alla tipologia costruttiva della macchina e al livello delle massime tensioni di sollecitazione presenti nella sezione considerata.

Con riferimento alla seguente relazione si determina il periodo residuo di esercizio:

$$y_1^{res} = \frac{D_r}{\left(\sum_{j=1}^n d_{j1}^r \right)} = \frac{0,609741552}{0,019512922} = 31 \text{ cicli}$$

Dal calcolo non si evidenzia un limite significativo per il periodo di utilizzo.

Il valore teorico di y_1^{res} così ricavato tiene conto di un fattore di danneggiamento della formula di Miner pari a 1. Ai fini della definizione dei tempi massimi entri i quali effettuare una nuova ispezione strutturale è opportuno adottare un fattore di danneggiamento minore.

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA:	26/03/2025
		REV.	PAGINA
		00/2025	23/ 32

Pertanto, tenendo conto anche della tipologia degli elementi di carpenteria metallica in esame, si perviene alla definizione del periodo massimo entro il quale effettuare la successiva ispezione strutturale **pari a 3 (tre) anni**.

10. CONCLUSIONI

Non vi sono elementi ostativi all'ulteriore utilizzo dell'apparecchio nel prossimo futuro, purché siano adottate alcune procedure.

Da parte dell'utilizzatore deve essere garantita un'opportuna sorveglianza e monitoraggio, soprattutto nei riguardi degli elementi strutturali più soggetti all'azione di usura derivata dall'esercizio durante l'attività produttiva (guide e binari, ruote di scorrimento, meccanismi). Si deve pertanto operare una attenta vigilanza sullo stato di conservazione generale dell'apparecchio con frequenti esami visivi delle sezioni più a rischio e con regolari esami non distruttivi più dettagliati.

Nelle attuali condizioni di impiego, l'apparecchio non presenta un limite al periodo residuo di utilizzo. Tale valutazione è però solo di riferimento teorico e non tiene conto dell'insorgenza di cricche, anomalie o fenomeni analoghi indotti da difetti del materiale o strutturali.

Si specifica che i calcoli sono stati eseguiti in funzione delle condizioni di carico e di esercizio fornite dall'utilizzatore (secondo scheda allegata) e i valori desunti di vita residua sono stati calcolati con le ipotesi di lavoro future dell'apparecchio uguali a quelle dichiarate per il passato.

Si ritiene perciò di disporre già da ora:

- la revisione della presente relazione di valutazione della vita residua dell'apparecchio di sollevamento qualora intervenissero delle modifiche nelle modalità di utilizzo (numero di cicli giornalieri e carichi sollevati diversi e superiori a quelli ipotizzati); eventuali variazioni delle condizioni di carico e cicli di lavoro dovranno essere segnalate nel più breve tempo possibile all'Ingegnere Esperto, il quale provvederà all'aggiornamento della presente certificazione.

- **l'esecuzione della prossima ispezione da parte dell'Ingegnere entro 3 (tre) anni.** In tale momento sarà consigliabile effettuare un esame NDT (liquidi penetranti,

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA:	26/03/2025
		REV.	PAGINA
		00/2025	24/ 32

magnetoscopio o ultrasuoni) nelle sezioni ritenute maggiormente a rischio dall'Ingegnere Esperto; la scelta della tipologia di controllo verrà effettuata al momento dell'ispezione, in funzione dello stato e delle caratteristiche della struttura.

Si prescrive inoltre che durante l'esercizio della gru venga effettuata da parte di tecnico specializzato una idonea manutenzione con i controlli previsti dal Costruttore e dalle norme di buona tecnica, oltre ai controlli e alle verifiche prescritte dalla Normativa vigente.

In allegato: foto dell'attrezzatura e scheda operativa di lavoro dell'apparecchio fornita dall'utilizzatore.

Data: 26/03/2025

Il Tecnico Calcolatore:
Ing. Fiorenzo FORNACA



ING. FIORENZO FORNACA
 Via Auna, 1 – 14100 ASTI

Tel / Fax 0141.21.35.00 - E Mail: fiorenzo.fornaca@studiocse.com

* Progettazione macchinari ed impianti * Consulenza industriale * Automazione

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)		
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA: 26/03/2025
		REV. PAGINA
		00/2025 25/ 32



Foto 1



Foto 2

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)		DATA: 26/03/2025
			REV. PAGINA
			00/2025 26/ 32

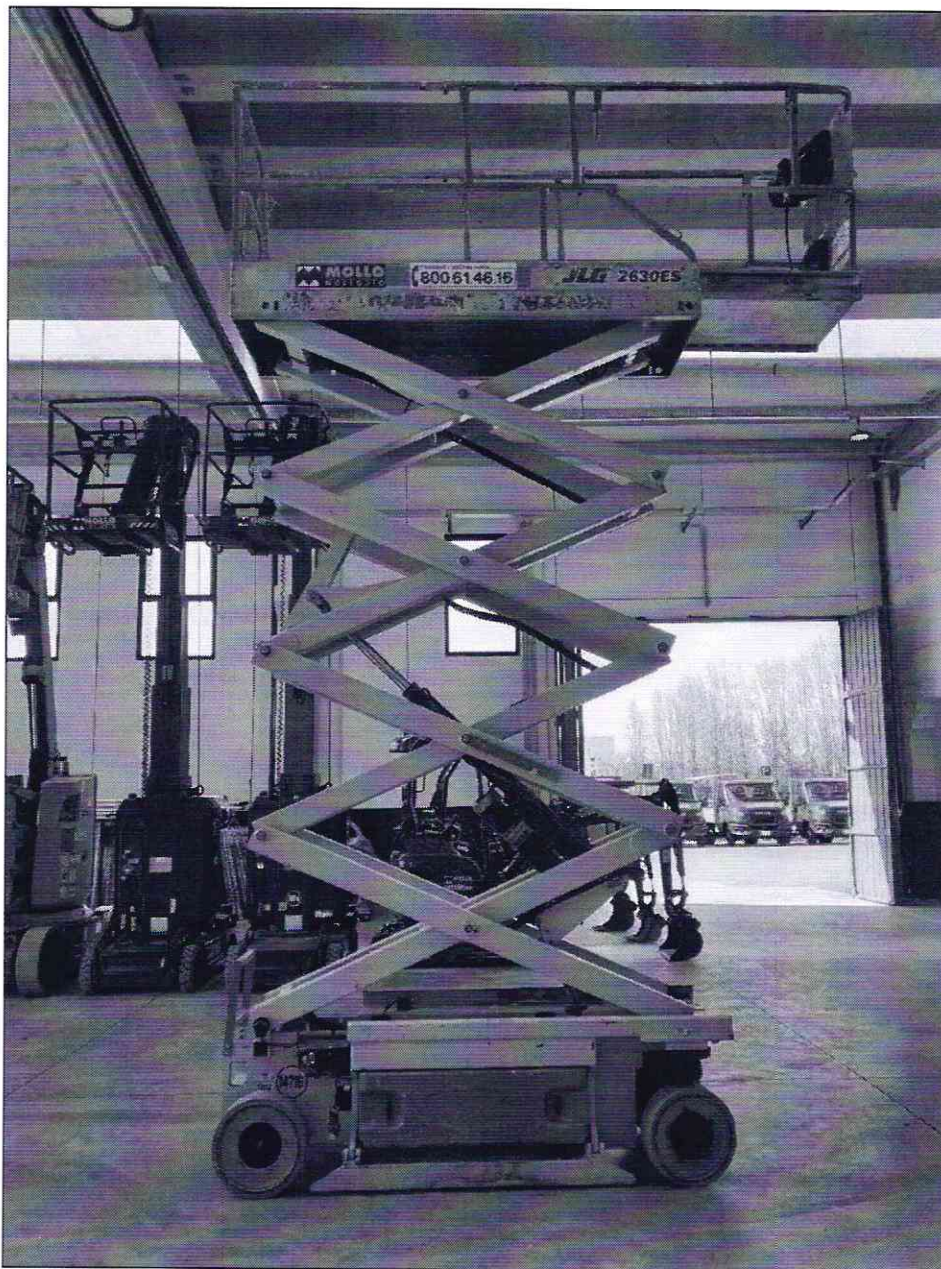


Foto 3

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)		DATA: 26/03/2025
			REV. PAGINA
			00/2025 27/ 32



Foto 4

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA:	26/03/2025
		REV.	PAGINA
		00/2025	28/ 32

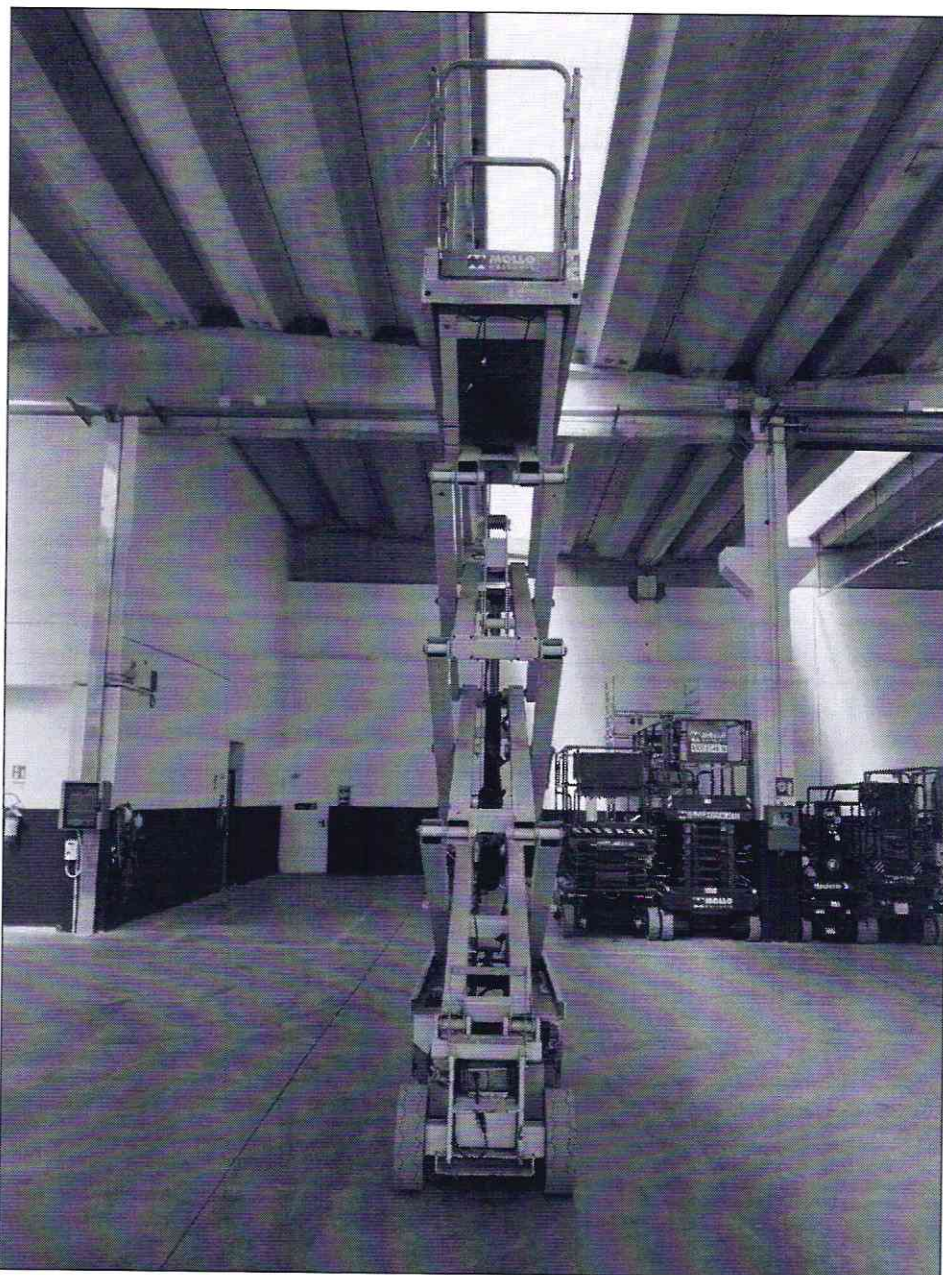


Foto 5