V03-2

TRIBUZIO ENGINEERING

FASCICOLO TECNICO n. 1983 - CF - 2022

VERIFICA STRUTTURALE E CALCOLO CICLI VITA RESIDUA

D.Leg. 81/08 Art.71 , D. M.11 Aprile 2011 , ISO 9927-1:2013; UNI ISO 9927-3:2019 MEZZI DI SOLLEVAMENTO

GRU A TORRE

MARCA	: CATTANEO LUIGI SPA
MODELLO	: CM 61 A
N.FABBRICA	: 3425
ANNO DI COSTRUZIONE	: 1999
PORTATA	: 1200 Kg
PROPRIETARIO	: L.C. SRL UNIPERSONALE

Tecnico Esperto : Ing. PASQUALE TRIBUZIO

(Ordine Ingegneri Provincia di Bari Iscritto dal 13.04.1981 al n. 1982 Indirizzo Meccanico Strutturale, esperto così come definito sia nella circolare del Ministero del Lavoro 23.12.1976 n. 77 che nella norma UNI ISO 9927-1 ai punti 5.2.1 e 5.2.2)

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI BARI
INGEGNERE PASQUALE TRIBUZIO
Sez. A - 2782
a) CIVILE AMBIENTALE
b) INDUSTRIALE
c) dell'INFORMAZIONE

16/12/2022

NOTE INTRODUTTIVE

La progettazione degli apparecchi di sollevamento attualmente avviene tramite l'applicazione di norme tecniche (FEM, DIN, UNI-CNR, ecc..) che individuano, in relazione alla Classe di utilizzazione e allo spettro di carico, la Classe dei meccanismi e della carpenteria metallica, ciò affinché l'apparecchio possa garantire un funzionamento in condizioni di affidabilità per un determinato numero di cicli di lavoro.
Le strutture metalliche vengono quindi progettate a fatica, al raggiungimento del numero di cicli previsti la struttura non conserva le caratteristiche di sicurezza, in quanto può andare incontro a rottura per fatica, mentre i meccanismi di sollevamento, traslazione, ecc.. sono progettati per poter funzionare un numero di ore proporzionato al ciclo di vita dell´apparecchio di sollevamento.
E´ evidente che il numero limite di cicli previsto in sede di progetto può essere raggiunto prima o dopo il periodo di vita ipotizzato in sede di progettazione, in relazione al reale utilizzo.

NORME DI RIFERIMENTO

- ISO 9927-1:2013; UNI ISO 9927-3:2019 ; ISO 12482-1; FEM 9.755
Per questo che i funzionari INAIL-ASL possono prescrivere, una VERIFICA STRUTTURALE o DECENNALE per andare a capire, sulla base delle condizioni della struttura, quanti CICLI DI VITA RESIDUI rimangono alla gru rispetto alla CLASSE stabilita dal costruttore della gru.

- DECRETO MINISTERIALE 11 APRILE 2011.
Reso obbligatoria per le gru che superano i 20 anni di età l' INDAGINE SUPPLEMENTARE, cioè una verifica strutturale della macchina di sollevamento .

- D.Leg. 81/08
Sicurezza nell'ambito lavorativo ed applicazione delle misure atte a prevenire infortuni.

- DIRETTIVA MACCHINE 42/2006
Misure di sicurezza e dispositivi per l'utilizzo di macchine.

PRINCIPALI DISPOSITIVI DI SICUREZZA

- Limitatore di carico
- Limitatore di momento
- Fine corsa carrello: elettromeccanico (lontano, vicino)
- Fine corsa carico: superiore (salita), inferiore (discesa)
- Arresti fissi (finecorsa e respingenti)

Limitatore di carico: l'intelaiatura di una gru, ed il rispettivo argano di sollevamento sono calcolati e realizzati per un carico massimo. Tale limitatore interrompe il movimento di salita se il carico in fase di sollevamento supera la
portata massima prevista dal fabbricante per la gru (verificare, con un carico aumentato del 10% rispetto a quello
massimo ammesso, che si interrompa il movimento di salita)
Limitatore di momento: impedisce di sollevare carichi con peso maggiore della portata ammessa dal fabbricante gru, interrompendo contemporaneamente i movimenti di salita e lontano
(verificare, con un carico aumentato del
10% rispetto a quello massimo ammesso in punta, che si interrompano i movimenti salita e lontano)

CARATTERISTICHE TECNICHE

Solitamente i mezzi di sollevamento vengono classificate in base alla portata massima espressa in tonnellate, ma questa non è l'unica caratteristica saliente della macchina. Anche altri parametri di riferimento sono significativi per identificare
la capacità operativa della macchina, tra i più importanti, oltre al carico massimo sollevabile, ricordiamo:

- L'altezza massima del braccio,
- La lunghezza dello sbraccio,
- La portata massima realizzata alla massima altezza e alla massima distanza di sbraccio (capacità di carico in punta),

I limiti di operatività del mezzo sono forniti dal produttore insieme al libretto tecnico e rappresentano dei massimi assolutamente non derogabili.
Tutti i parametri citati concorrono a realizzare macchine con prestazioni assai varie. Non è raro trovare gru aventi un braccio particolarmente robusto e quindi in grado di garantire una portata massima molto interessante, ma con un diagramma delle portate caratterizzato da una brusca diminuzione di valori all'aumentare della distanza dovuta alla pesantezza del braccio stesso con conseguente penalizzazione della portata sbracciata e, al contrario, gru con un braccio leggero che penalizza la portata massima sollevata, ma fornirà portate maggiori all'aumentare dello sbraccio.

La moltitudine delle combinazioni è poi ulteriormente arricchita dalla scelta dell'argano che può aumentando e diminuendo le taglie influire significativamente sulla portata e sulla velocità operativa della macchina.

STORIA PREGRESSA DELLA MACCHINA

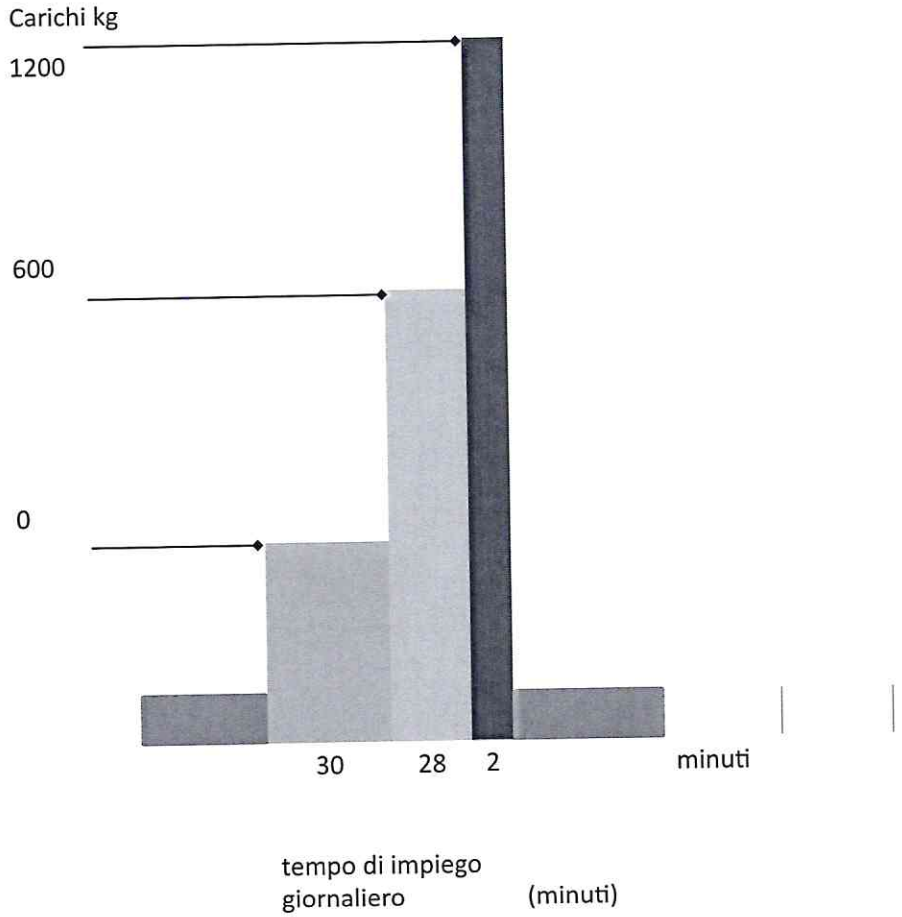
Per la definizione della storia pregressa della macchina in argomento, **L.C. SRL** , ha fornito il fascicolo di tutta la documentazione (schede di manutenzione, manuale uso , dichiarazioni di conformità , richiesta di immatricolazione e richiesta di prima verifica periodica) , di cui fa parte integrante della presente relazione.

SPETTRO DI CARICO AL QUALE LA MACCHINA SI È TROVATA MEDIAMENTE AD OPERARE

Dal fascicolo si rileva che trimestralmente veniva effettuato internamente la verifica delle funi ,delle catene, la manutenzione generale per la messa in servizio
Dalle informazioni ricevute da parte dell'azienda **L.C. SRL** la gru in argomento , viene utilizzata per la movimentazione di materiale edile sui cantieri in fase di costruzione e il suo impiego mediamente è di circa 60 min. al giorno per cinque giorni lavorativi.
I 60 minuti di utilizzo, la gru viene sottoposta per circa **2 minuti a carichi di 1200 kg** per altri circa **28 minuti a 600 kg**, e per circa **30 minuti a carichi di 0 ton** .

Lo spettro di carico viene rappresentato nel grafico G1.

SPETTRO DI CARICO GIORNALIERO grafico G1



Movimentazione gru

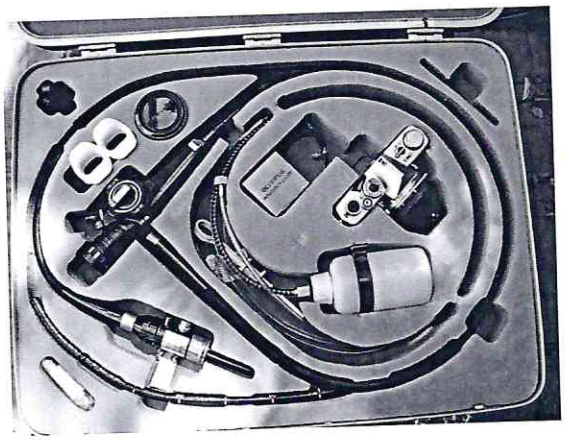
carichi fino a 0 kg

carichi fino a 1200 kg

corichi fino a 600 kg

ISPEZIONE PER LA VERIFICA DI EVENTUALI ANOMALIE PRESENTI SUL MEZZO

VERIFICA DELLA STRUTTURA DEL TELAIO e nello specifico il controllo delle saldatura.
Il controllo delle saldature è stato effettuato ad occhio nudo che con l'ausilio di un FIBROSCOPIO (Marca: OLYMPUS ; Modello :IF8D4/11DA) in modo da visionare lo stato interno delle strutture scatolate tipo bracci, telai organi di rotazione , punti di difficile controllo visivo ecc.





FIBROSCOPIO (Marca: OLYMPUS ; Modello :IF8D4/11DA)
Per il controllo dello spessore si è fatto uso di un spessimetro elettronico, che funziona sul principio della resistenza elettrica al passaggio di corrente in funzione dello spessore.

VERIFICA DELLA STRUTTURA DEL TELAIO e nello specifico il controllo delle saldatura.
Dal controllo visivo della saldature è emerso che lo stato delle stesse risulta essere in buone condizioni .

VERIFICA ACCOPPIAMENTI BULLONATI dei vari componenti.
Lo stato della bulloneria risulta essere in buona condizione sia dal punto di vista strutturale che dello stato di serraggio , appare la presenza di focolaio di ossidazione sulle teste sia dei bulloni che dadi.

CERTIFICATO VITA RESIDUA

Il presente certificato è parte integrante del FASCICOLO TECNICO

n. 1999 - CF - 2022

del 16/12/2022

DATI IDENTIFICATIVI :

MARCA	: CATTANEO LUIGI SPA
MODELLO	: CM 61 A
N.FABBRICA	: 3425
ANNO DI COSTRUZIONE	: 1999
PORTATA	: 1200 Kg
PROPRIETARIO	: L.C. SRL UNIPERSONALE

IMPIEGO : MOVIMENTAZIONE MATERIALE EDILE .

DETERMINAZIONE DELLA VITA RESIDUA DEL MEZZO DI SOLLEVAMENTO

In base ad una ricostruzione approssimata della vita dell'apparecchio di sollevamento e in base ai periodi di lavoro e al carico di lavoro dichiarati dal Cliente , si procede alla valutazione della vita residua per determinare la sua idoneità ad essere mantenuto in esercizio con le necessarie garanzie di sicurezza ed affidabilità.

Il metodo di calcolo adottato per la valutazione della vita residua fa riferimento alle Norme CNR 10021/85 (Strutture in Acciaio per apparecchi di sollevamento), FEM 9.511 (Classificazione dei meccanismi degli apparecchi di sollevamento) e FEM 9.755, la quale definisce le misure per il raggiungimento dei periodi di funzionamento in piena sicurezza (S.W.P.)"safe working period".

Per il calcolo delle ore di funzionamento residue si prendono in esame solo i meccanismi di sollevamento (salita e discesa), perché rispetto alla traslazione degli sfili, sono quelli maggiormente impegnati e direttamente correlati con potenziali eventi pericolosi ai fini della sicurezza.

Per la definizione della struttura si stabilisce la Classe dell'apparecchio in base alle norme citate; tale classe è quella a cui corrisponde uno spettro di carico ed una vita convenzionale compatibile con il tipo di apparecchio in esame. Oltre alla definizione della classe è necessario determinare i due parametri fondamentali che sono il Regime di Carico ed il Numero totale di cicli di lavoro.

Classe dell'apparecchio

Per la definizione delle classi di appartenenza della struttura, da un esame della documentazione della macchina ed in base a quanto dichiarato dal Cliente, si considera la seguente

Classe:

Classe Carpenteria A4 – CNR 10021/85

Classe Meccanismi 1Am - FEM 9.511

Regime di carico

Il regime di carico è caratterizzato da uno spettro che mette in relazione i carichi che l'apparecchio è destinato a sollevare con il numero di volte che tale sollevamento si verifica. Tale regime di carico è individuato dal fattore di spettro Kp dell'apparecchio in oggetto che è così definito (punto 2.2 CNR 10021/85):

$$K_p = \sum_i^n \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) \cdot \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3 \right]$$

La storia d'impiego della gru sulla base dei dati dichiarati dall'utilizzatore è riassunta nella tabella seguente:

PERIODO	CICLI-GIORNI-ANNI	CARICO MEDIO SOLLEVATO Kg
1999 - 2023 = **24 anni**	3 x 220 x **24** = 15.840 10 x 220 x **24** = 52.800	1200 600
TOTALE	**68.640**	

Sulla base di tali dati ,risulta che il fattore di spettro corrispondente alla storia complessiva della gru è il seguente:

$$K_p = \sum_i^n \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) \cdot \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3 \right] = 0{,}0375$$

Per questo valore del fattore di spettro, dal prospetto 2-II delle citate norme, si ha un Regime di carico **Q1** .

Kp = Fattore di spettro del carico (assunto in via cautelativa uguale a 0,1252 anziché 0,0375)

L'assunzione cautelativa di **Kp** = 0,1252 anziché 0,0375 nasce dal fatto che la fatica strutturale non è l'unico elemento degradante delle strutture, intervengono infatti fattori legati all'usura, alla corrosione, ecc. che inevitabilmente comportano una deriva di cui si deve tenere conto.

Per il fattore di spettro **Kp** ≤ 0,1252 si ha un Regime di Carico **Q1**

Numero di cicli residui teorici

Per le strutture il numero teorico comparato di cicli di carico può essere calcolato in base alla seguente formula:

$$C = n \cdot Kp \cdot F$$

dove:

C = Cicli effettuati teorici;

Kp = Fattore di spettro del carico (assunto in via cautelativa uguale a 0,1252 anziché 0,0375);

n = Cicli di carico dichiarati.

F = 1,2 (Fattore amplificativo dei cicli di carico)

L'adozione di un coefficiente amplificativo dei cicli di carico pari a F=1,2 deriva dall'incertezza nel risalire all'effettivo utilizzo della macchina nel suo passato (ISO12482-1).

$$C = 68.640 \cdot 0,1252 \cdot 1,2 = 10.312 \text{ cicli}$$

Il numero teorico di cicli di carico residui si ottiene dal confronto del totale teorico di cicli di carico effettuati con il valore di cicli di carico in relazione al Regime di Carico Q4 ed alla Classe A4, cioè ,al valore 63.000, come si evince dalla seguente tabella:

Numero massimo di cicli di carico, in relazione al gruppo di servizio ed al regime di carico										
Regime di carico			Gruppo di servizio secondo norma CNR 10021/85 (= ISO 4301-1 e FEM 1.001)							
Tipo	Carico	Carico %	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q1	Leggero	≥ 50 %	63.000	125.000	250.000	500.000	1.000.000	2.000.000	4.000.000	> 4.000.000
Q2	Medio	≥ 63 %	32.000	63.000	125.000	250.000	500.000	1.000.000	2.000.000	4.000.000
Q3	Pesante	≥ 80 %	16.000	32.000	63.000	125.000	250.000	500.000	1.000.000	2.000.000
Q4	Molto pesante	≥ 100 %	-	16.000	32.000	63.000	125.000	250.000	500.000	1.000.000

Si evince quindi che i cicli di carico residui teorici della macchina in oggetto sono:

63.000 – 10.312 = 52.688 cicli residui teorici (83,63%)

La valutazione del periodo residuo di utilizzo della GRU in condizioni di sicurezza non ha evidenziato un limite teorico significativo. Tale valore è da ritenersi puramente indicativo e viene ricavato a prescindere dai risultati delle ispezioni, dei controlli e degli accertamenti eseguiti sull'apparecchio. Infatti si possono riscontrare situazioni di danni e difetti non direttamente connessi al fenomeno della fatica bensì dovuti alla fase di produzione o conseguenti ad anomalie dei materiali impiegati. Il comportamento dell'apparecchio durante le prove di carico effettuate è risultato regolare così come sono risultati efficienti i dispositivi di sicurezza installati. Sulla base di tali considerazioni e tenuto conto delle indicazioni fornite dalla Norma Tecnica di riferimento, non sussistono ragioni che impediscano l'ulteriore utilizzo dell'apparecchio oggetto di Indagine supplementare purché siano osservate tutte le prescrizioni di seguito elencate:

- **In funzione della durata e delle condizioni di funzionamento e del luogo di lavoro, l'apparecchio in argomento deve essere ispezionato da un tecnico esperto (come definito nella Norma UNI ISO 9927-5.2.1) o da un ingegnere esperto (come definito nella Norma UNI ISO 9927-5.2.2) come e quando necessario ma almeno una volta all'anno;**
- **La presente valutazione deve essere soggetta a revisione qualora si dovessero verificare variazioni alle condizioni di utilizzo;**
- **L'utilizzatore deve attenersi alle istruzioni fornite dal Costruttore dell'apparecchio e comunque procedere alla regolare manutenzione (anche secondo le prescrizioni della presente relazione);**
- **Sottoporre l'apparecchio entro QUATTRO (4) anni dalla presente ad una ulteriore Indagine supplementare.**

Tale valore di vita residua è da considerarsi come puramente indicativo, in quanto altre ragioni, oltre l'affaticamento delle strutture, possono influenzare e di conseguenza accorciare la vita dell'apparecchio quali, ad esempio, manovre errate, manutenzioni non puntuali, avarie alle parti elettromeccaniche ed agli apparecchi di controllo, variazione della frequenza di utilizzo e del regime di carico, ecc.

Per questi motivi si consiglia una ulteriore verifica strutturale (con indagini non distruttive) dopo **QUATTRO (4)** anni a partire dalla data della presente relazione, per andare a rivalutare la vita residua teorica e capire se permangono le condizioni di sicurezza a livello strutturale.

Calcolo Durata di Utilizzo Teorica unità di sollevamento ISO 12482-1 ; FEM 9.755.

Il carrello elevatore a braccio telescopico fisso è dotato di una capacità massima di sollevamento pari a 2.000 kg di portata. Dall'esame della documentazione acquisita e dalla dichiarazione dell'utilizzatore, della quale ne assume piena responsabilità, si stima che il meccanismo dell'unità di sollevamento è classificato nel gruppo 1Am della regola FEM 9.755 ,

che determina una classe di utilizzo T2 = 800 ore di funzionamento a pieno carico.

A tal proposito si è fatto riferimento alla regola FEM 9.755, la quale definisce le misure per il raggiungimento dei periodi di funzionamento in piena sicurezza (S.W.P.) e alla regola FEM 9.511 che classifica i meccanismi degli apparecchi di sollevamento.

Per il pistone di sollevamento l'effettiva durata di utilizzo" S " può essere calcolata in base alla seguente formula:

$$S = Kmi \cdot Ti \cdot f$$

dove:

- **Kmi = coefficiente effettivo dello spettro di carico;**
- **Ti = numero delle ore di funzionamento;**
- **f = coefficiente del metodo di rilevazione, che per macchine senza contatore, facendo una stima delle ore di funzionamento e con spettro di carico vale 1,2.**