

LITEC C052D



33 TRE ERRE
INGEGNERIA S.r.l.

di R. Fuser · R. Scotta · R. Vitaliani

Via Terraglio, 10 - 31022 Preganziol (TV)
Tel. 0422 383282 - Fax 0422 492702
www.treerreing.com info@treerreing.com

P.IVA: 03633010263

Indice/index:

1	Prescrizioni e limitazioni di utilizzo:.....	3
2	Descrizione generale della struttura:.....	4
3	Riferimenti normativi:.....	5
4	Introduzione alla relazione di calcolo:.....	6
4.1	Simbologia.....	6
5	Caratteristiche dei materiali utilizzati:.....	8
5.1	Riferimenti normativi:.....	8
5.2	Designazione dei materiali secondo norma:.....	9
5.3	Resistenza caratteristica: (EC 9 §6.1.2).....	9
5.4	Valori di progetto delle costanti dell'alluminio: (EC 9 §3.2.5).....	9
5.5	Coefficienti di sicurezza parziali relativi al materiale: (EC 9 §6.1.3 e 8.1.1). 9	
6	Schema di calcolo.....	9
7	Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi.....	10
8	Calcolo degli elementi strutturali:.....	11
8.1	Profilo a C 120x60x10:.....	11
8.1.1	Classificazione della sezione.....	11
8.2	Bullone di collegamento del golfare:.....	12
9	Conclusioni:.....	13

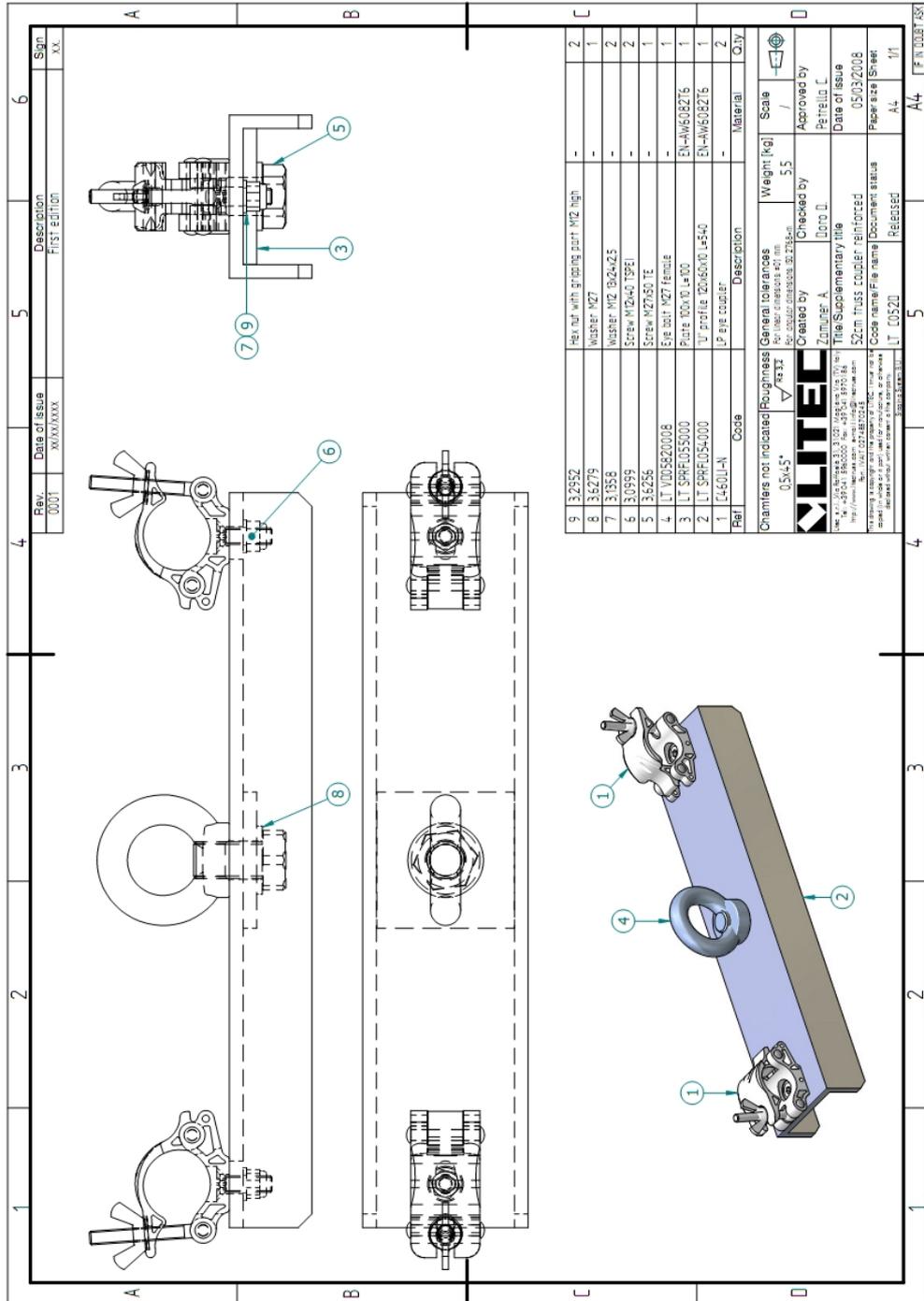
1 Prescrizioni e limitazioni di utilizzo:

- i materiali utilizzati devono mantenere le caratteristiche iniziali di integrità. I risultati della presente trattazione vengono inficiati dalla presenza di botte, cricche o danneggiamenti in genere degli elementi componenti;
- si definisce il *carico ammissibile analitico* come il carico massimo previsto dalla verifica strutturale degli elementi, e si definisce *carico ammissibile sperimentale* il carico massimo, ricavato dai risultati delle indagini sperimentali eseguite. Il **carico ammissibile di esercizio** è il carico che è possibile applicare alla barra di sollevamento e deriva dal confronto tra il carico ammissibile analitico e il carico ammissibile sperimentale;
- i collegamenti filettati devono essere posti in opera adottando ogni accorgimento utile per realizzare il perfetto accoppiamento ed imprimendo l'opportuna coppia di serraggio indicata nell'Eurocodice 3. Si raccomanda di eseguire periodicamente un controllo di tutte le filettature, sostituendo, ove necessario, gli elementi danneggiati;
- in presenza di ovalizzazione eccessiva dei fori di collegamento, è necessario far valutare da un tecnico qualificato l'integrità degli elementi componenti della struttura;
- si assumono i dati di portata del golfare e dei clamp dichiarati dal produttore, per maggiori dettagli si rimanda alle relative schede tecniche;
- è consentito l'utilizzo della barra LT C052D per sostenere tralicci a sezione triangolare e quadrata della serie 52. Il carico massimo di utilizzazione che può essere sostenuto è specificato al paragrafo 9;
- si presuppone che l'utilizzatore sia personale specializzato, adeguatamente addestrato al montaggio/smontaggio e all'uso e sufficientemente esperto;
- la presente relazione è formata da 12 pagine.

2 Descrizione generale della struttura:

Structure description:

La struttura analizzata nella presente relazione di calcolo è costituita da un profilo a C 120x60x10 mm, a cui si collega centralmente un golfare e lateralmente due clamp. La barra di sollevamento è realizzata per sostenere tralici a sezione triangolare e quadrata della serie 52. Il profilo a C è in alluminio 6082-T6.



3 Riferimenti normativi:

reference standards:

➤ Eurocodice 1 UNI EN	1991-1-1	agosto	2004
➤ Eurocodice 3 UNI EN	1993-1-1	agosto	2005
➤ Eurocodice 3 UNI EN	1993-1-8	agosto	2005
➤ Eurocodice 9 UNI EN	1999-1-1	giugno	2007

4 Introduzione alla relazione di calcolo:

introduction:

La relazione di calcolo utilizza il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi. Secondo tale metodo vengono confrontate le resistenze di calcolo della struttura R_d con le sollecitazioni di calcolo agenti su di essa S_d , secondo la relazione:

$$S_d \leq R_d.$$

Dove:

- i carichi di progetto S_d derivano da quelli caratteristici, amplificati attraverso i coefficienti di sicurezza γ_F (≥ 1);
- le resistenze di calcolo R_d , corrispondenti ad un particolare meccanismo di rottura, derivano adottando per le resistenze dei materiali i valori caratteristici ricavati sperimentalmente, opportunamente modificati attraverso i coefficienti di sicurezza γ_m (≥ 1).

Nella presente relazione di calcolo si determina il carico ultimo analitico F_{ult} , che è quello massimo di progetto, amplificato del coefficiente di sicurezza sui carichi pari a 1,5 (come previsto in EC1 per carichi di tipo accidentale) e da questo si ricava il carico ammissibile analitico, applicando un coefficiente di sicurezza di utilizzazione. Si calcola inoltre il carico ammissibile sperimentale, ricavato a partire dal carico medio di rottura ottenuto nell'ambito di prove di carico sperimentali e considerando il coefficiente per passare da valori medi a valori caratteristici pari a 1,1 (valore ricavato dai risultati di prove sperimentali), un coefficiente di sicurezza sui carichi pari a 1,5, il coefficiente di sicurezza sui materiali pari a 1,1 e un coefficiente di sicurezza di utilizzazione.

Ipotesi alla base del calcolo:

- le configurazioni di calcolo analizzate nella presente relazione, così come i vincoli imposti sono da considerarsi condizioni ideali; quindi l'utilizzatore deve analizzare la struttura alla luce delle reali condizioni di carico/vincolo della specifica applicazione;
- nella presente relazione si considera che la barra LT C052D sia posizionata con l'asse orizzontale e che i carichi applicati abbiano direzione verticale;
- la presente relazione di calcolo considera le sollecitazioni di tipo statico. Eventuali azioni dinamiche sulle strutture esulano dalla trattazione e devono essere tenute in debito conto dal collaudatore dell'installazione;
- nella relazione i dati di portata del golfare (12,00 kN) e dei clamp (5,00 kN) vengono dedotti dalla scheda tecnica fornita dal produttore, per maggiori dettagli si rimanda alle relative specifiche tecniche;
- si fa riferimento al rapporto di prova n.31058, relativo a prove di carico sperimentali effettuate su accessori di sollevamento presso il Laboratorio Sperimentale per le Prove sui Materiali da Costruzione dell'Università di Padova.

4.1 Simbologia

symbols:

$f_{0,2}$	resistenza al limite elastico corrispondente alla deformazione residua del 0,2% <i>conventional yield stress, corresponding to 0.2% strain</i>
f_u	resistenza ultima <i>ultimate stress</i>
A_{min}	allungamento minimo <i>min. elongation</i>
f_0	resistenza caratteristica per flessione e per completo snervamento a trazione e a compressione <i>characteristic yield stress</i>
f_a	resistenza caratteristica a rottura di una sezione netta a trazione o compressione <i>characteristic failure stress</i>
f_v	resistenza caratteristica a taglio <i>characteristic shear stress</i>
E	modulo elastico dell'alluminio <i>Young's module</i>
G	modulo di elasticità trasversale <i>shear module</i>
ν	coefficiente di Poisson <i>Poisson's ratio</i>
α	coefficiente di dilatazione termica <i>thermal expansion coefficient</i>
ρ	densità <i>density</i>
f_w	resistenza caratteristica del cordone di saldatura <i>characteristic stress of the weld</i>
γ_{M1}	coefficiente di sicurezza parziale relativo ai materiali <i>material safety factor</i>
γ_{M2}	coefficiente di sicurezza parziale relativo ai materiali per sezioni nette in corrispondenza della forature dei bulloni <i>material safety factor in weatyned sections</i>
γ_{Mb}	coefficiente di sicurezza parziale relativo ai materiali per collegamenti bullonati <i>material safety factor for bolted joints</i>
γ_{Mw}	coefficiente di sicurezza parziale relativo ai materiali per collegamenti saldati <i>material safety factor for welded joints</i>
D	diametro <i>diameter</i>
t	spessore <i>thickness</i>
A	area lorda <i>section area</i>
A_{nett}	area netta, tiene conto dell'addolcimento dovuto alle saldature

I	<i>reduced section area, due to welding softening</i> momento d'inerzia flessionale <i>moment of inertia</i>
I_t	momento d'inerzia torsionale <i>torsional inertia moment</i>
i	raggio d'inerzia <i>radius of gyration</i>
L	lunghezza <i>length</i>
W_{el}	modulo resistente elastico della sezione lorda <i>elastic section modulus</i>
W_{ele}	momento resistente elastico efficace della sezione lorda <i>elastic effective section modulus</i>
W_{pl}	momento resistente plastico della sezione lorda <i>plastic section modulus</i>
W_{ple}	momento resistente plastico efficace della sezione lorda <i>plastic effective section modulus</i>
f_s	tensione di instabilità <i>instability stress</i>
σ	tensioni normali <i>normal stress</i>
τ	tensioni tangenziali <i>shear stress</i>
σ_c	tensione equivalente (di Von Mises) <i>combined stress</i>
A_v	area di taglio <i>shear area</i>

5 Caratteristiche dei materiali utilizzati:

materials:

5.1 Riferimenti normativi:

reference standards:

- EC9: table 3.2.a: piatti, caratteristiche meccaniche

5.2 Designazione dei materiali secondo norma:

materials identification:

			Caratteristiche meccaniche min			
Designazione			$f_{0,2}$	f_u	A_{min}	spess.
componente	numerica	chimica	[MPa]	[MPa]	[%]	[mm]
LT C052D						
profilo C 100x50x8 mm	EN-AW 6082 T6	Al Si1MgMn	260	310	10	5≤t≤15
bulloni classe 8,8	acciaio		640	800	8	

dove:

$f_{0,2}$ [MPa] resistenza al limite elastico corrispondente alla deformazione residua del 0,2%

f_u [MPa] resistenza ultima

A_{min} [%] allungamento minimo

5.3 Resistenza caratteristica: (EC 9 §6.1.2)

characteristic stress:

EN-AW 6082 T6

resistenza caratteristica per flessione e per snervamento a trazione e a compressione $f_0=f_{0,2}$ [MPa] 260

resistenza caratteristica a rottura di una sezione netta a trazione o compressione $f_a=f_u$ [MPa] 310

5.4 Valori di progetto delle costanti dell'alluminio: (EC 9 §3.2.5)

aluminium factors:

E	70	[GPa]	modulo elastico
G	27	[GPa]	modulo di elasticità trasversale
v	0,3		coefficiente di Poisson
α	2,3e-5	[1/°C]	coefficiente di dilatazione termica
ρ	2700	[kg/m ³]	densità

5.5 Coefficienti di sicurezza parziali relativi al materiale: (EC 9 §6.1.3 e 8.1.1)

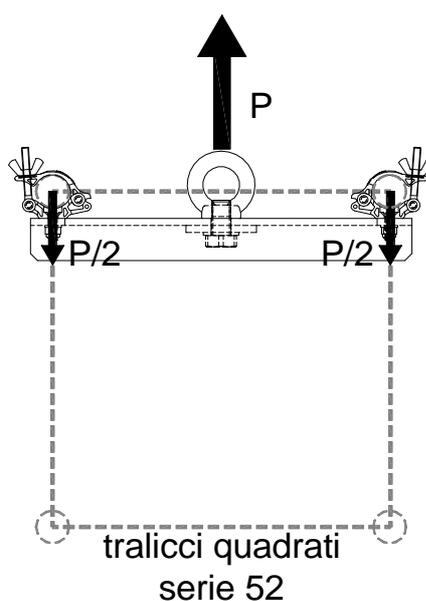
safety factors on material:

resistenza delle sezioni trasversali qualunque sia la classe	γ_{M1}	1,10
resistenza delle membrature all'instabilità	γ_{M1}	1,10
resistenza delle sezioni a rottura	γ_{M2}	1,25
resistenza dei collegamenti bullonati	γ_{Mb}	1,25

6 Schema di calcolo

calculation model:

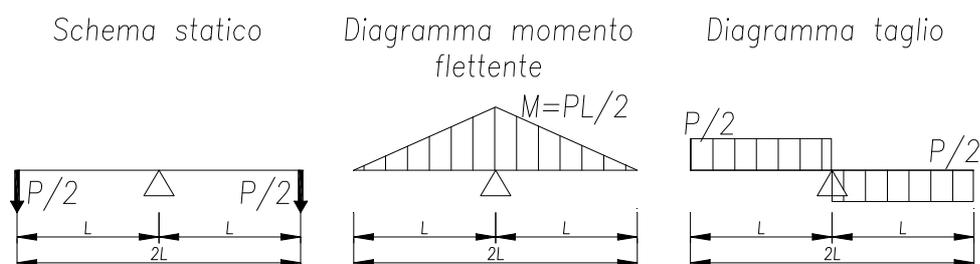
L'elemento LT C052D viene calcolato con riferimento agli schemi rappresentati in cui l'elemento è in grado di sostenere diversi tipi di tralicci. Lo schema statico considerato prevede un vincolo di appoggio posto in corrispondenza del golfare di sospensione e il sovraccarico P equamente distribuito alle estremità della barra, applicato ai due clamp in figura, in aggiunta al peso proprio.



7 Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi

design loading on the structure:

Gli elementi portanti della barra LT C052D sono il golfare e il profilo a C, i clamp essendo appoggiati sul profilo a C hanno la sola funzione di mantenere fermo il traliccio. La portata del golfare è fornita dal produttore ed è pari a 28,00 kN, di seguito si esegue la verifica strutturale del profilo a C per il massimo carico previsto. Lo schema statico e i diagrammi di sollecitazione sono riportati di seguito:



Si assume un carico di progetto analitico amplificato di 42,00 kN, le sollecitazioni massime sono:

$$\begin{aligned} MSd &= \gamma \cdot P / 2 \cdot L = & 42,00 / 2 \cdot 0,25 = & 5,25 \text{ kNm} \\ VSd &= \gamma \cdot P / 2 & 42,00 / 2 = & 21,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Si esegue inoltre la verifica del bullone di collegamento del golfare (M27) per il quale la massima sollecitazione è:

$$NSd_{M27} = 42,00 \text{ kN}$$

8 Calcolo degli elementi strutturali:

structural elements strength:

8.1 Profilo a C 120x60x10:

element C 120x60x10:

Si riportano le caratteristiche geometriche della sezione, calcolate secondo EC9 §6.1.6.

B	120	[mm]	base sezione
D	60	[mm]	altezza sezione
t	10	[mm]	spessore sezione
A	2200	[mm ²]	area lorda della sezione
Anett	1925	[mm ²]	area ridotta
Wel.min	17147	[mm ³]	modulo resistente elastico
I	709242	[mm ⁴]	momento d'inerzia
W _{pl}	30916	[mm ³]	modulo resistente plastico a flessione

8.1.1 Classificazione della sezione

classification of cross section parts:

Suscettibilità all'instabilità locale a compressione o flessione (EC9 §6.1.4.3)

b	50	mm	lunghezza
t	10	mm	spessore
$\beta = \frac{b}{t} =$	5		parametro di snellezza
$\epsilon = \sqrt{\frac{250}{f_0}} =$	0,98		parametro (vedi tab. 6.2)
β_1	3		parametro (vedi tab. 6.2)
β_2	4,5		parametro (vedi tab. 6.2)
β_3	6		parametro (vedi tab. 6.2)
$\beta_2 < \beta < \beta_3 \rightarrow$ La sezione è di classe 3			

Suscettibilità all'instabilità locale a taglio (EC9 §6.5.5)

b	50	mm	lunghezza
t	10	mm	spessore
$\beta = \frac{b}{t} =$	5		parametro di snellezza
$\epsilon = \sqrt{\frac{250}{f_0}} =$	0,98		parametro (vedi tab. 6.2)
$\beta < 39\epsilon \rightarrow$ Non è necessario considerare l'instabilità a taglio			

Resistenza a taglio (EC9 § 6.2.6)

shear resistance:

A_v	1200	[mm ²]	area resistente a taglio
$V_{Rd} = \frac{A_v f_0}{\sqrt{3} \gamma_{MI}}$	163,76	[kN]	Resistenza a taglio della sezione

Il taglio sollecitante massimo è inferiore rispetto al taglio resistente per cui la verifica è soddisfatta.

$$V_{Sd} = 42,00 \text{ kN} < V_{Rd} = 109,17 \text{ kN}$$

Resistenza a flessione (EC9 § 6.2.8)

bending resistance:

Poiché il taglio sollecitante è minore della metà del taglio resistente e la snellezza degli elementi è tale per cui è possibile trascurare l'instabilità tagliante, si può trascurare l'effetto di interazione del taglio agente sul momento resistente. Pertanto il calcolo del momento resistente è:

$\alpha = \frac{W_{pl}}{W_{el}}$	1,8		fattore di forma
$M_{Rd} = \frac{\alpha W_{el} f_0}{\gamma_{MI}}$	7,31	kNm	momento flettente resistente della sezione

Il momento flettente resistente risulta superiore rispetto al momento sollecitante, per cui la verifica è soddisfatta.

$$M_{Sd} = 5,25 \text{ kNm} < M_{Rd} = 7,31 \text{ kNm}$$

8.2 Bullone di collegamento del golfare:

bolt M27:

Resistenza a trazione del bullone M27

tension resistance:

A_{res}	429,2	mm ²	area resistente
$f_{d,N}$	560	MPa	resistenza di progetto a trazione

$N_{Rd} = f_{dN} A_{res}$	240,35	kN	Resistenza a trazione del bullone
---------------------------	--------	----	-----------------------------------

La resistenza a trazione del bullone è maggiore rispetto alla sollecitazione per cui la verifica è soddisfatta.

$$NSd=42,00 \text{ kN} < NRd=240,35 \text{ kN}$$

9 Conclusioni:

conclusion:

Il carico di progetto analitico è pari a 42,00 kN; considerando il coefficiente di sicurezza sui carichi (1,5) e il coefficiente di sicurezza di utilizzazione (assunto pari a 1,4), si ricava:

$$\text{carico ammissibile analitico: } 42,00/1,5/1,4 = 20,00 \text{ kN}$$

Il carico medio di rottura sperimentale è pari a 98,68 kN. Considerando il rapporto tra carico di rottura medio e carico di rottura caratteristico pari a 1,1 e assumendo un coefficiente di sicurezza sui carichi pari a 1,5, quello sul materiale pari a 1,1 e il coefficiente di utilizzazione pari a 2,5 si ricava:

$$\text{carico ammissibile sperimentale: } 98,68/1,1/1,5/1,1/2,5 = 21,74 \text{ kN}$$

Confrontato il carico ammissibile analitico e il carico ammissibile sperimentale, si ritiene che **il carico ammissibile di esercizio sia pari a 20,00 kN.**

N.B.

La Direttiva Macchine 98/87/CE definisce:

- “carico garantito dal fabbricante Pgar.”: è il carico massimo che l'accessorio di sollevamento è in grado di trattenere;
- “carico di utilizzazione Putil.”: è il carico massimo di esercizio, calcolato riducendo il carico garantito dal fabbricante mediante il coefficiente di utilizzazione pari a 4.

Amplificando il carico ammissibile di esercizio con un fattore 4 si ottiene un carico di 80,00 kN, pari all'81% del carico medio di rottura ottenuto sperimentalmente, valore sufficientemente distante dal valore ultimo di collasso.

Preganziol, maggio 2009

Dott. Ing. Raffaele Fuser
Ordine degli Ingegneri di Treviso

