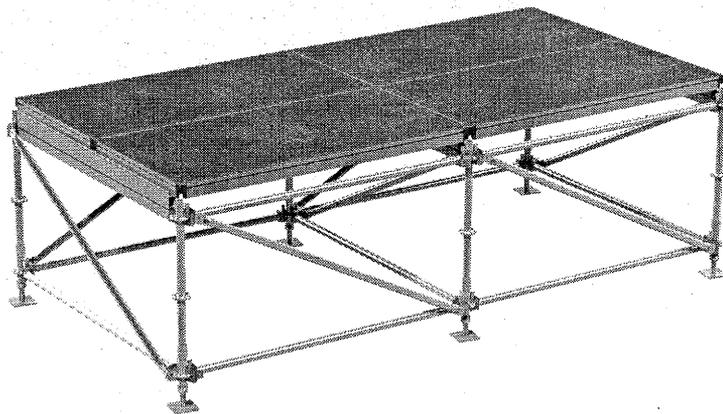


RELAZIONE DI CALCOLO

SpeedyGAMMA stage
Piattaforma modulare
per palchi e podi su ponteggio multidirezionale

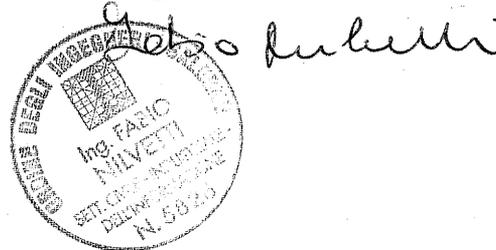


ANGRI, 20 NOVEMBRE 2015

DITTA COSTRUTTRICE
EFESTO Production s.r.l.



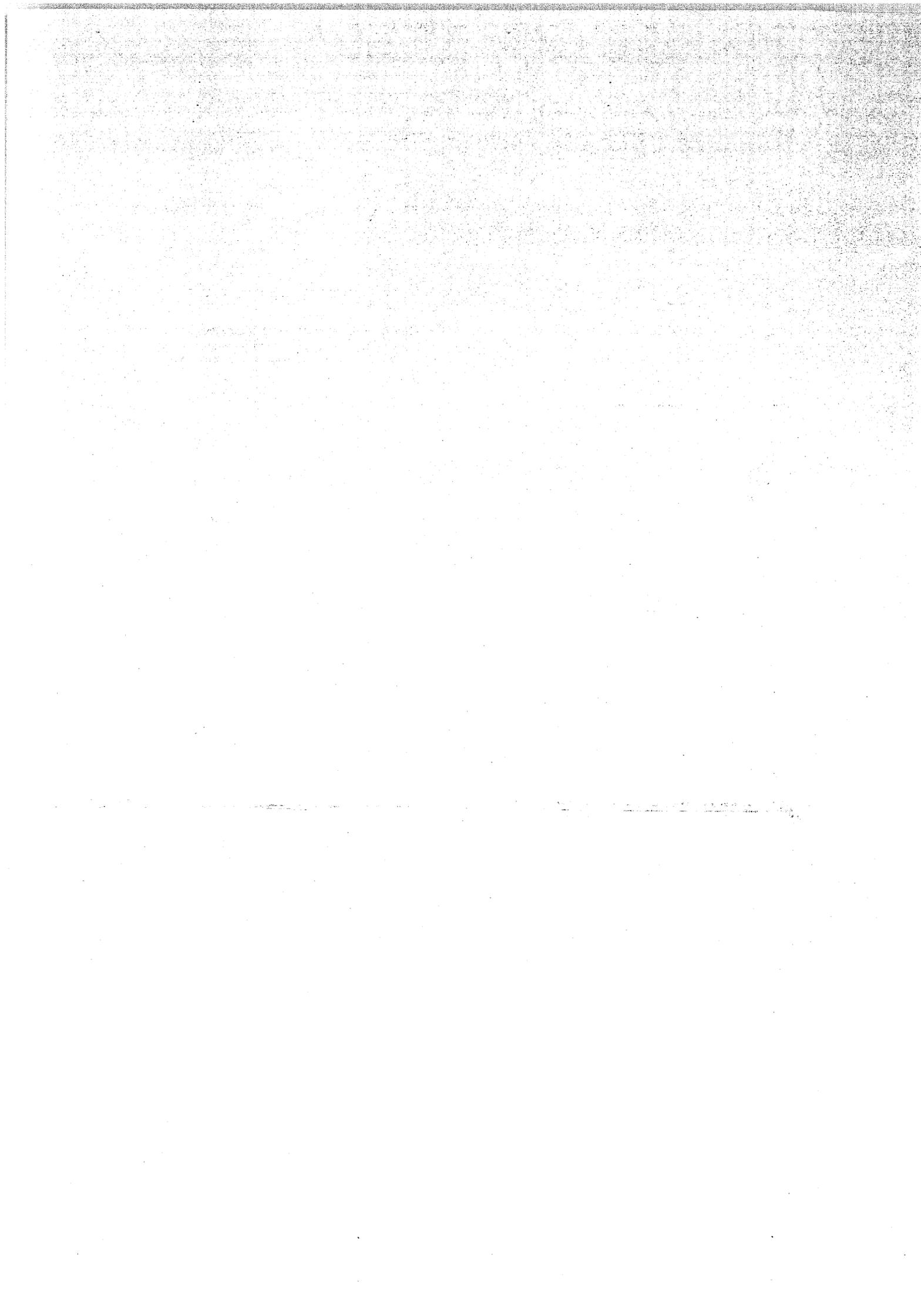
IL TECNICO
Ing. Fabio Nilvetti



www.efestoproduction.com - info@efestoproduction.com

Efesto Production S.r.l. Via Orta Loreto loc. Taurana 84012 Angri SA, Italy **ISO 9001:2008 Certified Company**
Tel. + 39 081 5187923 / + 39 081 5156116 – Fax + 39 081 5165028





Indice

1	Introduzione	4
2	Descrizione struttura	4
3	Norme di riferimento	7
4	Materiali utilizzati	7
4.1	Normative di riferimento	7
4.2	Descrizione dei materiali	7
4.3	Proprietà dei materiali	8
4.4	Coefficienti di sicurezza dei materiali	9
5	Analisi dei carichi	10
5.1	Carichi permanenti (G)	10
5.2	Carichi variabili(Q)	10
6	Calcolo elementi strutturali	10
6.1	Calcolo orditura principale impalcato	10
6.2	Calcolo orditura secondaria impalcato	11
6.3	Calcolo traversa	12
7	Modello di calcolo	12
8	Verifica dei carichi	14
9	Tabella dei carichi	15
10	Conclusioni	16

1 Introduzione

La presente relazione di calcolo riguarda la verifica di stabilità di una struttura metallica a componenti prefabbricati in alluminio, da utilizzare sia come piano palco (dotata di impalcato con funzioni di piano di calpestio) o come piano di appoggio, che per altri scopi.

La struttura in oggetto lavora in combinazione con i comuni sistemi di ponteggio "multidirezionale". I risultati, contenuti nella relazione in oggetto, si intendono validi unicamente per le strutture e le componenti come descritte in relazione: *Tale relazione non analizza, dal punto di vista strutturale, il sistema di ponteggi multidirezionale che sarà soggetto a relazione di calcolo, da parte di tecnico abilitato, tenendo conto della configurazione complessiva dell'opera (palco).*

Qualora, tali strutture o componenti, presentino anomalie riguardanti forma, saldatura, materiale o altro, o abbiano subito lesione durante il montaggio o i montaggi precedenti, o siano state assemblate in maniera diversa da come specificato dal produttore, o comunque non siano conformi a quanto descritto in relazione, tale relazione non si intende valida, e si declina ogni responsabilità civile o penale. Sarà cura del proprietario o gestore delle strutture verificare, prima di ogni montaggio, le perfette condizioni degli elementi, e, a montaggio eseguito, redigere la dichiarazione di corretto montaggio, e far redigere da un tecnico abilitato opportuno collaudo statico.

2 Descrizione struttura

Trattasi di una piattaforma modulare da utilizzare per la realizzazione di palchi e podi di altezza e dimensione variabile su sistema di ponteggi "multidirezionale"

La base, di questa piattaforma modulare, è costituita dagli impalcati **SpeedyGAMMA**, identificati con codice Efesto **SG12/086257, SG12/104207, SG12/086207, SG12/083200, SG12/100200, SG12/083250, SG12/050200 e SG12/100100**, a pianta rettangolare di lati, rispettivamente, 0,86×2,57 m, 1,04×2,07 m, 0,86×2,07 m, 0,83×2,00 m, 1,00×2,00 m, 0,83×2,50 m, 0,50×2,00 m e 1,00×1,00 m (Fig.1). L'impalcato è costituito da un telaio perimetrale in profilati metallici a sezione cava articolata. Sul bordo esterno superiore del profilato, esso presenta un elemento piatto, di altezza 12 mm e spessore 4 mm, con funzione di contenimento del piano di calpestio in multistrato fenolico di betulla di uguale spessore (12 mm); Tale impalcato è strutturato per essere sostenuto in appoggio lungo i profili di testa (lato corto) grazie alla particolare conformazione, nel lato inferiore, di questi ultimi e all'utilizzo di particolari traverse Efesto SpeedyGAMMA aventi un binario ad U, compatibili con i più comuni sistemi di ponteggi multidirezionali. Le traverse si inserisce all'interno del sistema multidirezionale, come un normale corrente orizzontale, agganciandosi alle rosette (nodi) di due montanti del sistema per ponteggi; Le traverse sono identificate con codice Efesto **SGT/100, SGT/104, SGT/200, SGT/207, SGT/250, SGT/257** e differiscono tra loro per la lunghezza e quindi per l'interasse tra i montanti del sistema multidirezionale a cui possono essere applicati; tali interassi, sono rispettivamente 1,00 m, 1,04 m, 2,00 m, 2,07 m, 2,50 m e 2,57 m (Fig. 2). La traversa viene impiegata per realizzare, insieme agli impalcati Efesto, piani praticabili modulari (Fig.3) di dimensioni (L×A) 1,00×1,00 m, 2,00×2,00 m, 2,07×2,07

m, 2,00 × 2,50 m, 2,07 × 2,57 m, 2,50 × 2,50 m, 2,57 × 2,57 m (singolo modulo) o multipli di esso.

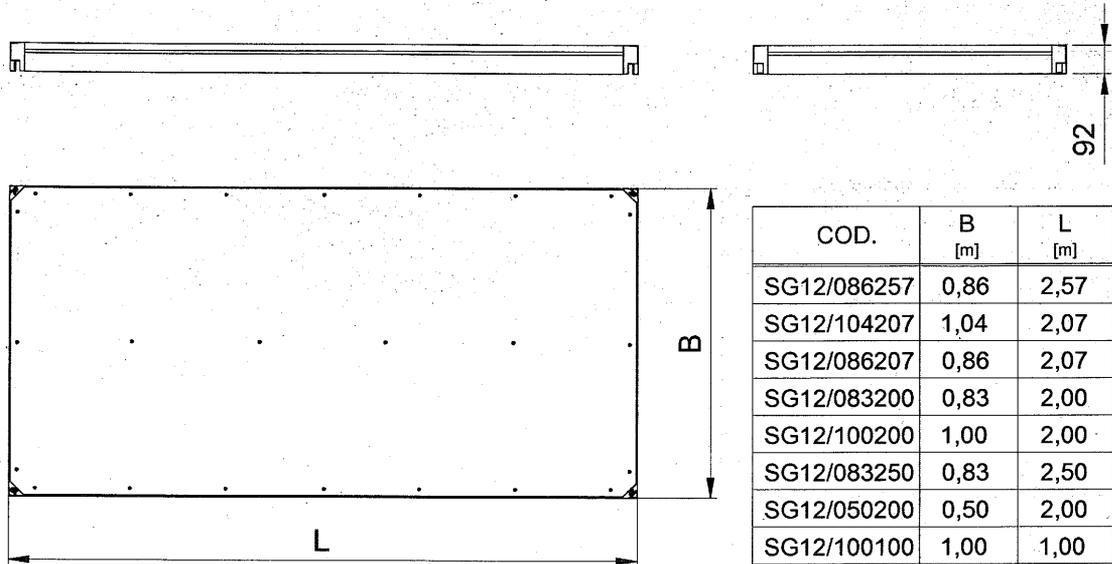


Figura 1: Impalcati SpeedyGAMMA.

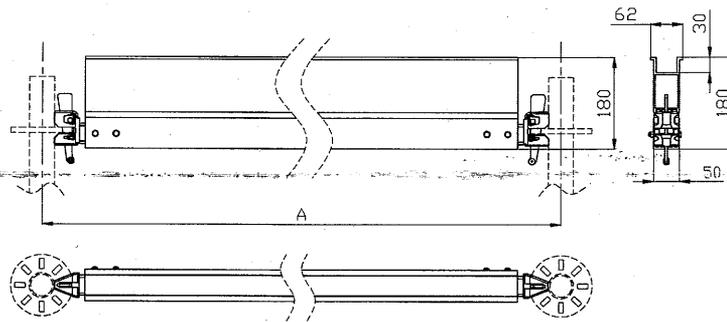


Figura 2: Traversa Efesto.

www.efestoproduction.com - info@efestoproduction.com

Efesto Production S.r.l. Via Orta Loreto loc. Taurana 84012 Angri SA, Italy ISO 9001:2008 Certified Company
 Tel. + 39 081 5187923 / + 39 081 5156116 - Fax + 39 081 5165028



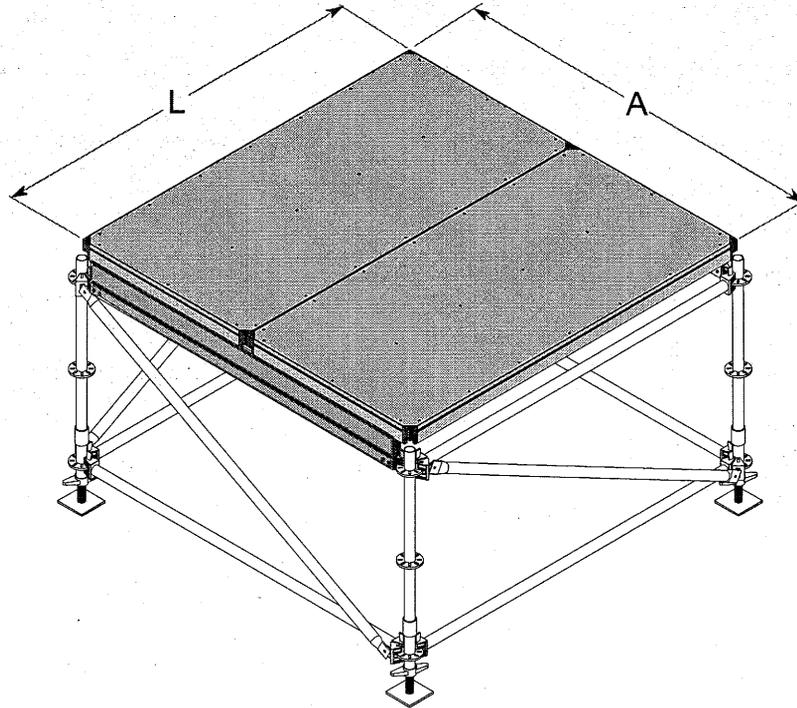


Figura 3: Modulo palco.

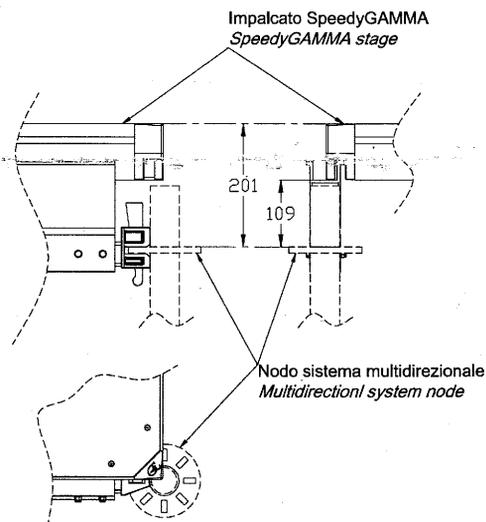


Figura 4: Dettaglio tavola su traversa.

www.efestoproduction.com - info@efestoproduction.com

Efesto Production S.r.l. Via Orta Loreto loc. Taurana 84012 Angri SA, Italy ISO 9001:2008 Certified Company
Tel. + 39 081 5187923 / + 39 081 5156116 - Fax + 39 081 5165028



3 Norme di riferimento

- D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 02 Febbraio 2009 n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" DM 14 gennaio 2008
- UNI EN 1991-1-1:2004 – Eurocode 1: Azioni sulle strutture;
- UNI EN 1999-1-1:2014 – Eurocode 9: Progettazione delle strutture in alluminio;
- CNR-DT 208/2011: Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Alluminio

4 Materiali utilizzati

4.1 Normative di riferimento

- UNI EN 573-3:2013 – Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products;
- UNI EN 755-2 - Aluminium and aluminium alloys - Extruded rod/bar, tube and profiles - Part 2: Mechanical properties;
- D.M. 14/1/2008 (§11.3.4.1) and standards UNI EN called up;
- UNI EN 1999-1-1:2014 – Eurocode 9 (§3.2.2)

4.2 Descrizione dei materiali

I materiali utilizzati per la realizzazione delle strutture sono i seguenti:

Impalcato ligneo

Il piano di calpestio è realizzato con un pannello unico in multistrato fenolico di betulla dello spessore di 12 mm. Tale pannello, di colore marrone, presenta la superficie calpestabile antiscivolo e ha classe di reazione al fuoco 1 (uno). Esso è reso solidale al telaio metallico tramite rivettatura. Si allega copia di dichiarazione di conformità del pannello.

Telaio metallico

Il telaio dell'impalcato è realizzato con profilati diversi in lega di alluminio EN AW-6060 T5, uniti tra di loro tramite saldatura TIG (EN ISO 4063-141) e utilizzando la lega S Al 5356 (EN ISO 18273) come materiale di apporto. Nel dettaglio: L'orditura principale è realizzata con profilati a

sezione complessa di dimensioni esterne 92x50mm. L'orditura secondaria è realizzata con profilati di tipo diverso: Gli elementi di testa (che definiscono il perimetro della tavola insieme all'orditura principale) sono realizzati con profilati a sezione complessa di dimensioni esterne 92x50mm mentre, gli elementi interni, paralleli ai profili di testa, sono realizzati in profilato a sezione quadrata cava di dimensioni 40x40mm e spessore 2mm.

Il numero di elementi interni dell'orditura secondaria, e quindi l'interasse I tra di loro, variano da pedana a pedana. Di seguito, sono riportati tali valori:

Pianale	n° elementi int. ordit. sec.	I [m]
SG12/086257	5	0,42
SG12/104207	4	0,40
SG12/086207	4	0,40
SG12/083200	4	0,40
SG12/100200	4	0,40
SG12/083250	5	0,41
SG12/050200	2	0,65
SG12/100100	2	0,32

Traversa

La traversa è costituita da una trave centrale in profilato di alluminio lega EN AW-6005 T6, a sezione articolata cava, di dimensioni 62 × 180 mm. Alle due estremità della trave in alluminio è presente il sistema di connessione al nodo (rosetta) del sistema multidirezionale. Tale connettore, in acciaio zincato, è costituito da un giunto saldato ad un tubolare (scatolare) a sezione quadrata di lato 40 mm e spessore 3 mm e un cuneo in acciaio zincato. Lo scatolare è inserito all'interno del profilato in alluminio (in una cavità appositamente ricavata nella sezione del profilo) ed è bullonato ad esso con due bulloni M6.

4.3 Proprietà dei materiali

Proprietà meccaniche delle leghe di alluminio:

www.efestoproduction.com - info@efestoproduction.com

Efesto Production S.r.l. Via Orta Loreto loc. Taurana 84012 Angri SA, Italy ISO 9001:2008 Certified Company
Tel. + 39 081 5187923 / + 39 081 5156116 - Fax + 39 081 5165028



Modulo elastico: $E = 70\,000\text{ MPa}$;
 Coef. di Poisson: $\nu = 0,3$;
 Modulo di elasticità trasversale: $G = 27\,000\text{ MPa}$;
 Coefficiente di dilatazione termica: $\alpha = 23 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 Densità: $\rho = 2700\text{ kg/m}^3$.

Proprietà meccaniche dell'acciaio:

Modulo elastico: $E = 210\,000\text{ MPa}$;
 Coef. di Poisson: $\nu = 0,3$;
 Modulo di elasticità trasversale: $G = E/[2(1 + \nu)]$;
 Coefficiente di dilatazione termica: $\alpha = 12 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 Densità: $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$.

Proprietà meccaniche del piano in multistrato:

Modulo elastico: $E = 11\,000\text{ MPa}$;
 Densità: $\rho = 750\text{ kg/m}^3$;

Proprietà meccaniche dei materiali				
Componente	Materiale	f_0 [MPa]	f_u [MPa]	spessore [mm]
Profili telaio	EN AW-6060 T5	120	160	$t \leq 5$
Piano ligneo	Mult. betulla	38		
Prof. centrale traversa	EN AW-6005 T6	215	255	$t \leq 5$
Terminali traversa	S 235 JR	235	360	$t \leq 40$

in cui:

f_0 - Resistenza caratteristica al limite elastico;

f_u - Resistenza caratteristica ultima.

4.4 Coefficienti di sicurezza dei materiali

I coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza dei materiali γ_M , in accordo alle norme di riferimento, sono assunti come segue:

Resistenza delle sezioni trasversali di classe 1, 2, 3 e 4:	γ_{M1}	1.10
Resistenza delle membrature all'instabilità:	γ_{M1}	1.10
Resistenza a rottura di sezioni trasversali soggette a trazione:	γ_{M2}	1.25
Resistenza delle sezioni nette in corrispondenza dei fori:	γ_{M2}	1.25
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i collegamenti bullonati:	γ_{M1}	1.25
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i collegamenti saldati:	γ_w	1.25
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i collegamenti con perni:	γ_{Mp}	1.25

www.efestoproduction.com - info@efestoproduction.com

Efesto Production S.r.l. Via Orta Loreto loc. Taurana 84012 Angri SA, Italy ISO 9001:2008 Certified Company
 Tel. + 39 081 5187923 / + 39 081 5156116 - Fax + 39 081 5165028



5 Analisi dei carichi

L'analisi dei carichi, agenti sulla struttura, è condotta, come previsto dalla normativa vigente, considerando carichi permanenti e accidentali e assumendo, data la natura temporanea dell'opera, una vita nominale $V_N < 2$ anni.

Se ne è omessa la verifica sismica secondo quanto riportato al paragrafo 2.4.1. (Vita nominale) del D.M. 14 Gennaio 2008 "Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni".

Di seguito sono riportati i carichi di progetto presi in considerazione:

5.1 Carichi permanenti (G)

- Peso proprio impalcato ligneo: $0,09 \text{ kN/m}^2$
- Peso tavola (telaio + impalcato): $0,20 \text{ kN/m}^2$ (valore medio)
- Peso proprio traversa: $0,06 \text{ kN/m}$

5.2 Carichi variabili(Q)

- Carico accidentale portato: (vedi tabella carichi)

Per la verifica, con il metodo degli stati limite, è stata considerata la seguente combinazione di carichi con i relativi coefficienti amplificativi γ_F :

$$\text{SLU: } 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q$$

$$\text{SLE: } 1 \cdot G + 1 \cdot Q$$

6 Calcolo elementi strutturali

6.1 Calcolo orditura principale impalcato

L'orditura principale è realizzata con profilati in lega di alluminio EN AW-6060 T5 sui quali è fissata un tavolato in multistrato fenolico di betulla dello spessore di 1,2 cm. Si ottiene così una sezione collaborante dei due materiali, che omogeneizzata al telaio in alluminio, ha le seguenti caratteristiche:

Resistenza el. caratteristica: $f_0 = 120 \text{ MPa}$;

Modulo elastico: $E = 70\,000 \text{ MPa}$.

Impalcato SG12/...	086257	104207	100200	050200	083257
	086207		100100		083250
Momento d'inerzia $J [mm^4]$:	3452876	3642952	3607145	2952176	3424798
Modulo di resistenza $W [mm^3]$:	56161	57384	57159	52548	55974

La resistenza di progetto per flessione è data dalla formula seguente:

$$M_{Rd} = \frac{W \cdot f_0}{\gamma_M} \quad (1)$$

da cui si ricavano i seguenti valori:

Impalcato SG12/...	086257	104207	100200	050200	083257
	086207		100100		083250
$M_{Rd} [Nm]$	6126,7	6260,1	6235,5	5732,6	6106,3

6.2 Calcolo orditura secondaria impalcato

L'orditura secondaria è realizzata con profilati in lega di alluminio EN AW-6060 T5 di diversa sezione (gli elementi perimetrali sono diversi da quelli interni). Per il calcolo consideriamo gli elementi più sollecitati (elementi interni) costituiti da profilati a sezione scatolare cava di dimensioni 40x40 mm e spessore 2 mm avente le seguenti caratteristiche:

Area sezione:	$A = 304 \text{ mm}^2$;
Momento d'inerzia:	$J = 73 \text{ 365 mm}^4$;
Modulo di resistenza elastico:	$W_{el} = 3668,2 \text{ mm}^3$;
Modulo di resistenza sez. netta:	$W_{net} = 3668,2 \text{ mm}^3$;
Modulo di resistenza plastico:	$W_{pl} = 4335 \text{ mm}^3$;
Resistenza elastica carat.:	$f_0 = 120 \text{ MPa}$;
Resistenza ultima carat.:	$f_u = 160 \text{ MPa}$;
Modulo elastico:	$E = 70 \text{ 000 MPa}$.

www.efestoproduction.com - info@efestoproduction.com

Efesto Production S.r.l. Via Orta Loreto loc. Taurana 84012 Anagni SA, Italy ISO 9001:2008 Certified Company
Tel. + 39 081 5187923 / + 39 081 5156116 - Fax + 39 081 5165028



Classificazione della sezione:

$\beta = b/t =$	18
$\varepsilon = \sqrt{250/f_0} =$	1,44
$\beta_1/\varepsilon =$	13
$\beta_2/\varepsilon =$	16,5
$\beta_3/\varepsilon =$	18
$\beta_1 =$	18,7
$\beta_2 =$	23,8
$\beta_3 =$	25,9
$\beta < \beta_1 \Rightarrow$	Classe 1

Resistenza di progetto per flessione

Fattore di forma	$\alpha = W_{pl}/W_{el}$	1,18
Resistenza a flessione sezione netta	$M_{u,Rd} = \frac{W_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} =$	469,54 Nm
Resistenza a flessione nelle altre sezioni	$M_{c,Rd} = \alpha \cdot \frac{W_{el} \cdot f_0}{\gamma_{M1}} =$	472,21 Nm
Resistenza a flessione	$M_{Rd} =$	469,54 Nm

6.3 Calcolo traversa

Per il calcolo della traversa si considera l'elemento maggiormente sollecitato ossia la trave in alluminio. Viene eseguita una analisi di tipo elastica lineare, considerando che la sezione della trave ha le seguenti caratteristiche:

Momento d'inerzia:	$J = 7,545 \times 10^6 \text{ mm}^4;$
Modulo di resistenza:	$W = 82459 \text{ mm}^3;$
Resistenza elastica carat.:	$f_0 = 215 \text{ MPa};$
Modulo elastico:	$E = 70\,000 \text{ MPa}.$

La resistenza di progetto per flessione è pari a:

$$M_{Rd} = \frac{W \cdot f_0}{\gamma_{M1}} = 16\,117 \text{ Nm} \quad (2)$$

7 Modello di calcolo

Per la verifica della struttura, consideriamo che il pianale sia appoggiato, per tutta la lunghezza dei profili di testa (lato corto), sulla traversa. Lo schema statico, utilizzato per il calcolo dell'orditura principale, della orditura secondaria e della traversa, è quello di trave semplicemente appoggiata,

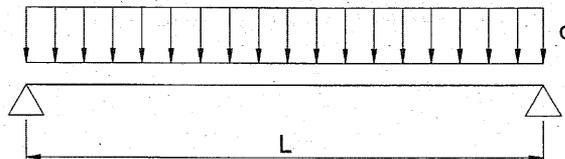


Figura 5: Schema di calcolo

soggetta ad un carico lineare uniformemente distribuito, così come illustrato in figura 5. Inoltre, si suppone che sussistano le seguenti assunzioni:

- I carichi siano statici;
- Assenza di cedimenti nei vincoli.
- La struttura del sistema multidirezionale sia in grado di supportare i carichi di progetto

Carico orditura principale:

Considerando che l'area dell'impalcato è di $L \times B$, in cui B è la lunghezza del lato in appoggio, si ricava il seguente carico lineare uniformemente distribuito:

$$q_m = (1,35 \cdot 0,20 + 1,5 \cdot Q) \times B \quad [\text{kN/m}] \quad (3)$$

Carico orditura secondaria:

Indicando con I l'interasse tra i profilati si ricava il seguente carico lineare uniformemente distribuito:

$$q_s = (1,35 \cdot 0,09 + 1,5 \cdot Q) \cdot I \quad [\text{kN/m}] \quad (4)$$

Carico traversa:

Per il calcolo del carico applicato alla traversa, consideriamo lo schema illustrato in figura 6, in cui si considerano due moduli affiancati (lungo la traversa), soggetti ad un carico di superficie uniformemente distribuito. La traversa da verificare sarà quella centrale, maggiormente sollecitata, avente un'area di influenza di larghezza L . Il carico lineare uniformemente distribuito sulla traversa vale quindi:

$$q_t = 1,35 \cdot 0,06 + (1,35 \cdot 0,20 + 1,5 \cdot Q) \cdot L \quad [\text{kN/m}] \quad (5)$$

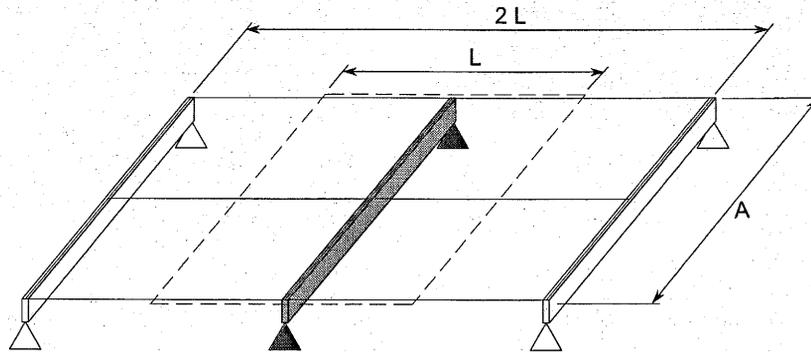


Figura 6: Modello di calcolo.

8 Verifica dei carichi

Siccome lo stesso pianale può essere utilizzata per realizzare moduli palco di dimensioni diverse (quindi con diverse lunghezze della traversa), la portata di queste è calcolata indipendentemente dalla portata della traversa. La verifica della traversa, invece, sarà condotta tenendo in conto l'effettiva portata degli impalcati nella configurazione analizzata.

I carichi ammissibili per gli impalcati sono calcolati con il seguente criterio:

$$Q_D = \min [Q(q_m); Q(q_s); Q_{DL}] \quad (6)$$

In cui:

- $Q(q_m)$ è il carico ammissibile per l'orditura principale;
- $Q(q_s)$ è il carico ammissibile per l'orditura secondaria;
- Q_{DL} è il carico ammissibile per limitare la freccia massima dell'orditura principale a $L/300$.

I carichi ammissibili, per la specifica configurazione del modulo palco, sono calcolati con il seguente criterio:

$$Q_S = \min [Q_D; Q(q_t)] \quad (7)$$

In cui:

- $Q(q_t)$ è il carico ammissibile per la traversa.

Il carico lineare uniformemente distribuito q è calcolata in modo da soddisfare la seguente relazione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1 \quad (8)$$

con

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot L^2}{8} \quad (9)$$

9 Tabella dei carichi

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei carichi massimi ammissibili (Q_D) per i diversi tipi di impalcati:

Pianale	Q_D [kN/m ²]
SG12/086257	5,0
SG12/104207	6,9
SG12/086207	7,5
SG12/083200	9,0
SG12/100200	7,5
SG12/083250	5,0
SG12/050200	13,0
SG12/100100	9,0

Di seguito, invece, sono riportati i carichi massimi ammissibili (Q_S) in funzione delle dimensioni del modulo palco e del tipo di impalcato utilizzato:

Dimensioni Modulo (L × A) [m]	Pianale	Traversa	Q_S [kN/m ²]
2,57 × 2,57	SG12/086257	SGT/257	4,8
2,07 × 2,57	SG12/086207	SGT/257	6,0
2,07 × 2,07	SG12/104207	SGT/207	6,9
2,50 × 2,50	SG12/083250	SGT/250	5,0
2,00 × 2,50	SG12/083200	SGT/250	5,3
2,00 × 2,00	SG12/100200	SGT/200	7,5
1,00 × 1,00	SG12/100100	SGT/100	9,0

www.efestoproduction.com - info@efestoproduction.com

Efesto Production S.r.l. Via Orta Loreto loc. Taurana 84012 Angri SA, Italy ISO 9001:2008 Certified Company
Tel. + 39 081 5187923 / + 39 081 5156116 - Fax + 39 081 5165028



10 Conclusioni

Il sottoscritto Ing. Fabio Nilvetti, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno (N. 5826) con la presente:

CERTIFICA

Che, la struttura modulare, per palchi e podi su sistema di ponteggi multidirezionale, appartenente alla serie denominata *SpeedyGAMMA*, prodotta dalla ditta **Efesto Production S.r.l.** e costituita dagli elementi descritti in §2 e § 4, è in grado di sopportare le sollecitazioni riportate in §9.

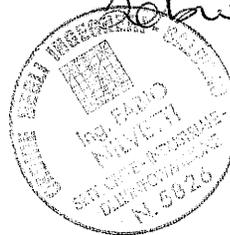
ANGRI, 20 NOVEMBRE 2015

DITTA COSTRUTTRICE
EFESTO Production s.r.l.


Efesto Production S.r.l.

IL TECNICO

Ing. Fabio Nilvetti



www.efestoproduction.com - info@efestoproduction.com

Efesto Production S.r.l. Via Orta Loreto loc. Taurana 84012 Angri SA, Italy **ISO 9001:2008 Certified Company**
Tel. + 39 081 5187923 / + 39 081 5156116 - Fax + 39 081 5165028

