

BIOBYTE

Via Segantini 6/A - 24128 Bergamo
telefono 035 252530
fax 0354329409
e-mail: info@biobyte.net
www.biobyte.net

Relazione scenotecnica strutturale: stima dei principali carichi della macchina teatrale

Bergamo, 07.03.2025

Dott. Enrico Moretti



BIOBYTE SRL

SEDE LEGALE: VIA AMPÈRE 40, 20131 MILANO • CAPITALE SOCIALE € 46.481,12 • CF e P.IVA 04428820155 • ISCR. REG. IMPR. DI MILANO 04428820155

PREMESSA

La macchina scenica superiore ospita contemporaneamente elementi per spettacoli diversi, ed è dotata di una meccanica moderna che unisce il progresso tecnologico ed informatico alla tradizione.

Il teatro basa la sua attività su produzioni ospiti, senza escludere la possibilità di realizzarne internamente.

La logica del funzionamento della macchina scenica, l'insieme delle attrezzature e della loro gestione, è finalizzato alla semplificazione delle procedure, e alla possibilità di un corretto funzionamento del teatro, basandosi su risorse contenute.

La macchina scenica superiore si colloca in torre scenica. Per questo motivo la relativa parte strutturale deve essere rinforzata, la copertura modificata.

In particolare, dall'alto verso il basso:

- nella copertura si introducono nuove travature reticolari parallele alle travi portanti in cemento armato, a sostegno delle carrucole dei tiri multilinea e dei carriponte per i paranchi a catena
- Sotto la copertura, ad una distanza di circa 3 m dall'intradosso delle travi, si introduce un nuovo sistema di travi primarie e secondarie a formare un grigliato su cui poggerà il piano di graticcia, e dove saranno alloggiati, lungo i lati, i motori dei tiri multilinea, del tiro dell'arlecchino, del tiro del sipario di velluto e di quello tagliafuoco.
- Sotto il piano di graticcia, si introducono n. 7 travi trasversali per lo scorrimento di tiri in linea.
- Sotto queste travi si dispongono due ordini di ballatoi e due passerelle trasversali. Nei ballatoi sottostanti la graticcia saranno posizionati i motori dei tiri in linea. Sotto la passerella più bassa, verso il boccascena, saranno posizionati l'americana luci e lo schermo di proiezione.

Il progetto strutturale di rinforzo della torre scenica non solo consente il rinnovo del piano del grigliato, dei ballatoi, delle passerelle, ma permette anche di organizzare in modo efficace la meccanica scenica superiore, relativamente ai tiri multilinea (a stanga), ai tiri puntuali, e al sollevamento con i paranchi. Di seguito si elencano gli elementi scenotecnici principali e i relativi carichi, si rimanda inoltre alla relazione strutturale per il calcolo approfondito dei carichi qui indicati (vedi 22044D02_3_0_E_ST_00_CD_513_1 - Relazione di calcolo - Strutture Corpo Alto), quale relazione principale di riferimento di cui questo documento rappresenta una sintesi relativa alle macchine sceniche.

Le opere relative alla MECCANICA INFERIORE sono le seguenti:

- A1 Palco rotante**
- A2 Predisposizione elevatore meccanico di palcoscenico**
- A3 Pedana fossa orchestra**

A1. Palco rotante

Il palco rotante è costituito da due elementi distinti, una pedana interna a forma circolare, con 16 m di diametro, e una pedana esterna a corona circolare, avente lo stesso centro, di larghezza pari a 3 m (in complessivo si tratta dunque di un ingombro di $3+16+3=22$ m); entrambe – pedana interna e corona circolare esterna – hanno asse di rotazione coincidente e ruote portanti scorrevoli su rotaie.

Le prestazioni e le caratteristiche principali meccaniche e di sicurezza sono le seguenti:

- Pedana interna
- Superficie 200 mq
- Portata statica 500 kg/mq
- Portata dinamica 100 kg/mq
- Velocità max di rotazione 0,50 giri/min
- Velocità max periferica 0,42 m/sec
- Pedana esterna a corona circolare
- Superficie 180 mq
- Portata statica 500 kg/mq
- Portata dinamica 100 kg/mq
- Velocità max di rotazione 0,50 giri/min
- Velocità max periferica 0,57 m/sec
- Accelerazione max 0,50 m/sec²

Peso proprio del palco rotante: 150 kg/m²

Coefficiente carico dinamico 1.2

L'appoggio è stato calcolato con un numero di ruote pari a 152 per la pedana esterna e 72 per la pedana interna, distribuite a passo costante lungo le circonferenze, che poggiano su una trave di interfaccia (binario)

A2. Predisposizione elevatore meccanico di palcoscenico

Nella pedana interna del palco rotante, centrata sull'asse di rotazione, va predisposta la possibilità di realizzare una botola circolare per ingresso di attori in scena e per eventuale servizio di ispezione e manutenzione.

Indicativamente avrà diametro interno netto di 90 cm.

La copertura della botola – che dovrà garantire la portata statica di 500 kg/mq – verrà collocata sulla struttura metallica della pedana interna fissata in modo che ruoti con la pedana stessa.

Dovrà essere predisposto il vano per l'inserimento di un eventuale elevatore meccanico a pantografo o altro sistema motorizzato.

A.3 Pedana fossa orchestra

Seguono le prestazioni e caratteristiche principali meccaniche e di sicurezza della pedana della fossa dell'orchestra:

- Corsa max 2,0 m
- Piani serviti n° 3
- Velocità fissa 4,0 m/min
- Portata statica 500 kg/mq
- Portata dinamica 100 kg/mq
- Profondità dell'extra-corsa fossa 150 cm
- Struttura portante in acciaio
- Guide lineari con fissaggio a parete
- Pavimento in legno - tipologia analoga alla pavimentazione della platea
- Sistema di movimentazione con 4-6 attuatori tipo Spiralift oppure Serapid o equivalenti
- Sistema di comando del tipo a uomo presente, sarà gestito da consolle portatile
- Segnalazione ottica e acustica con pedana in movimento; possibilità di eliminazione della segnalazione stessa mediante chiave o password a cura di personale autorizzato
- Sistema per il blocco dei movimenti a partire dall'inizio e durante tutta la fase della manutenzione
- Pulsanti di arresto di emergenza
- Finecorsa meccanici, elettrici ed extra-corsa
- La macchina dovrà essere fornita completa del quadro elettrico dedicato, dei circuiti necessari per il sistema di alimentazione, comando e controllo.

Peso proprio della pedana: 100 kg/m²

Coefficiente carico dinamico: 1.2

Prevedere guide laterali alla fossa, due per lato

Punti di appoggio principali: 6

BIOBYTE

Le opere relative alla MECCANICA SUPERIORE sono le seguenti:

- **B1** **Tiri multilinea**
- **B2.a** **Tiro per mantovana**
- **B2.b** **Tiro sipario**
- **B3** **Sollevamenti con paranchi a catena**
- **B4** **Tiri puntuali in linea**
- **B5** **Tiro per americana luci in sala**
- **B6** **Bilancia luci di boccascena**
- **B7** **Schermo per proiezioni**
- **B8** **Sipario Tagliafuoco**
- **B9** **Strutture di torre scenica**
 - a) Piano grigliato
 - b) Piani di servizio laterali sinistro e destro
 - c) Ballatoi/Passerelle

B1. Tiri multilinea (a stanga)

I Tiri multilinea sono costituiti da un argano di sollevamento, da un sistema di carrucole (pulegge) di rinvio delle funi in acciaio (posizionate sotto le travi di copertura), e da una stanga porta carico.

Il gruppo di sollevamento si colloca a livello del grigliato, negli spazi laterali destro e sinistro (n. 8 per lato), in adiacenza alle pareti in muratura, e appoggiato su antivibranti, che implica un sistema di fissaggio congruo con la tipologia di grigliato prevista, affinché la portata delle strutture di sostegno del piano grigliato sia compatibile con i carichi trasmessi dai gruppi motore.

La stanga di carico per la sospensione degli elementi scenici, di lunghezza pari a ca. 19 m, sarà costituita da una struttura ad americana, lineare, con un tubolare quadro come corrente superiore e un tubolare da 50 mm di diametro come corrente inferiore. L'altezza e la dimensione dovranno consentire le prestazioni richieste.

Dai tamburi (posti in orizzontale), un sistema di rinvio porta le 5 funi del sollevamento a disporsi orizzontalmente e a viaggiare a livello inferiore delle travi della copertura per poi essere rinviate (di 90°) verso il basso tramite pulegge e, passando attraverso la separazione fra doga e doga, posizionarsi al di sotto del piano grigliato dove si agganciano alle stanghe.

Quantità: 16 tiri motorizzati (8 a dx 8 a sx)

Schema di distribuzione del carico utile:

- max 800 kg. uniformemente distribuiti sulla barra
- max 400 kg. uniformemente distribuiti fra due funi adiacenti di sospensione della barra
- max 200 kg. concentrati in un punto qualsiasi della barra, eccetto estremità a sbalzo
- max 125 kg. distribuiti su ciascuna estremità a sbalzo della barra
- max 62,5 kg. concentrati su ciascuna estremità a sbalzo della barra

Da cui:

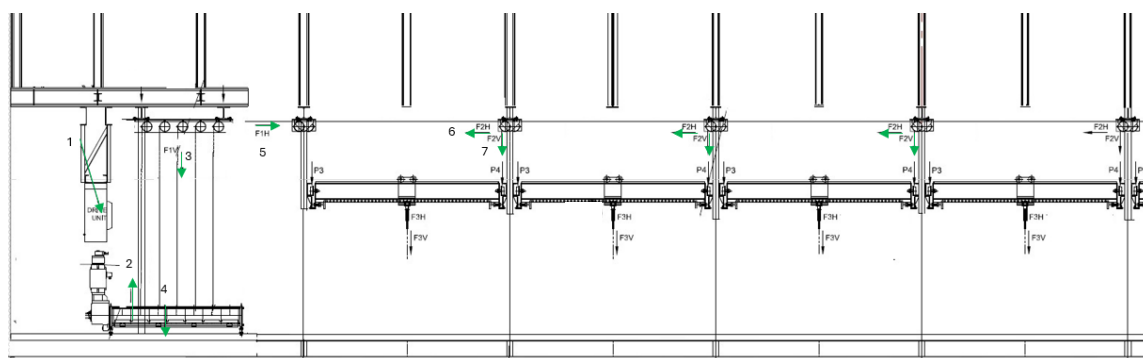
valor medio carico verticale per ogni fune: 245 kg (incluso carico utile, coefficiente dinamico, peso proprio della barra e delle funi)

azioni portanti ad ogni rinvio (carrucola): verticale 245 kg, orizzontale -245 kg

azioni al gruppo di sollevamento all'uscita delle carrucole: verticale 1225 kg, orizzontale 1225 kg

azioni alla base del gruppo di sollevamento: verticale -1225 kg e 1100 kg dovuti al peso del gruppo di sollevamento.

Segue lo schema delle principali azioni sopradescritte:



Legenda:

- | | |
|--|---|
| 1. peso proprio "drive unit": 800 kg | 2. Azione verticale delle pulegge verso l'alto: 1225 kg |
| 3. Azione verticale totale alle pulegge: 1225 kg | 4. Peso proprio tamburo e motore: 1100 kg |
| 5. Azione orizzontale alle pulegge: 1225 kg | 6. Azione verticale alla singola carrucola: 245 kg |
| 7. Azione orizzontale alla singola carrucola: 245 kg | |

B2 a. Tiro per mantovana (arlecchino)

Dato il ridotto utilizzo per sollevare un elemento di tessuto di limitate dimensioni e peso, il tiro è formato da un sistema a barra di carico in semplice tubolare da 50 mm di diametro, sostenuto da 4 funi in acciaio e rinvio con pulegge collocate al di sotto delle travi di copertura. L'argano di azionamento è posizionato su un lato del piano di graticcia.

Carico massimo all'argano 200 kg.

Peso argano 200 kg.

Lo schema di ripartizione dei carichi segue quello al punto B1.

B2 b. Tiro sipario di velluto

Il sipario è appeso ad un tiro multilinea avente carico utile max minore rispetto a quello dei tiri indicati nella voce B1. Il tiro è posto sul piano di graticcia, le funi sono rinviate attraverso le carrucole appese all'intradosso delle travi di copertura.

Carico per ogni fune: 160 kg

Carico alla macchina: 800 kg

Lunghezza traliccio: 17.5 m circa

Coefficiente carico dinamico: 1.2

Peso della macchina: 500 kg

Lo schema di ripartizione dei carichi segue quello al punto B1.

B3 carriponte - sollevamenti con paranchi a catena

Installazione di un sistema di piccoli carriponte le cui guide, vie di corsa, risultano fissate lungo le travi longitudinali di copertura, al di sotto del livello delle carrucole.

Il sistema comprende:

Numero 16 profili UPN di lunghezza 21 m circa, accoppiati a due a due e disposti longitudinalmente per formare 8 vie di corsa al cui interno traslano travi sulle cui ali inferiori scorrono i carrelli per l'aggancio dei paranchi a catena. È previsto un numero minimo di 3 travi per via, per un totale di 24 carrelli.

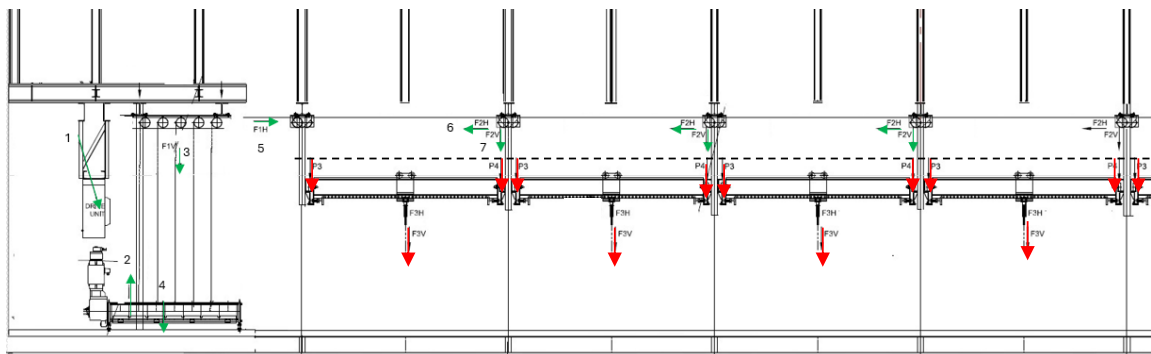
La portata utile di ogni attacco-paranco è di 500 kg con una distanza minima di accostamento tra due attacchi sulla stessa corsia pari a 50 cm.

L'insieme degli spostamenti, longitudinali e trasversali, consentirà il posizionamento dei paranchi a catena per i sollevamenti in ogni punto dell'area interessata dal sistema.

Per il dimensionamento delle vie di corsa prevedere un treno di carichi rappresentato da n.ro tre carrelli in minimo accostamento per lato, concentrati vicino al profilo longitudinale, sia a dx sia a sx, per un totale di 6 carrelli per metro di lunghezza della via.

- Portata utile singolo carrello ELL 500 kg
- Peso proprio trave 100 kg/m
- Peso proprio singolo argano: 70 kg
- Coefficiente carico dinamico 1.2

BIOBYTE



Legenda

F3V carico max utile verticale paranco: $(500 \times 6 \times 1.5) \text{ kg} = 4500 \text{ kg}$

P3 e P4 carico massimo alle vie di corsa, incluso peso della barra del carrello e del motore $(4500 + 100) = 4600 \text{ kg}$ a cui si "somma" 100 kg/m dei binari principali

B4. Tiri puntuali in linea

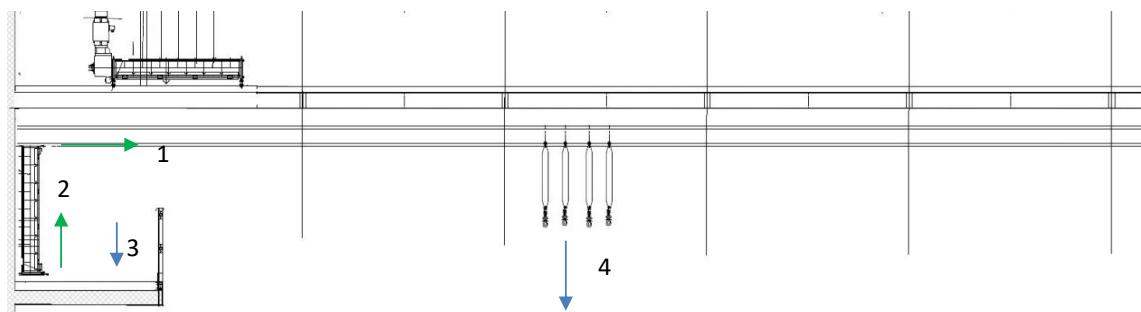
È richiesta l'installazione di tiri puntuali in linea trasversale, posizionati sotto il piano grigliato. Sono previste n° 10 linee ciascuna con 4 motori per un totale di 40 tiri puntuali aventi portata max di 350 kg ciascuno. Le linee dovranno permettere l'accostamento dei paranchi al limite dei ballatoi.

È prevista la collocazione dei gruppi di azionamento (motore/riduttore/tamburi) su i due ballatoi laterali di servizio sx e dx posizionati sotto l'intradosso del piano grigliato, divisi 5 a dx e 5 a sx, rispetto l'asse centrale del palcoscenico.

Per il gruppo di azionamento si chiede una dimensione massima in altezza pari a 200 cm ; ingombro massimo trasversalmente al piano di servizio pari 125 cm ; previsto appoggio su antivibranti.

Carico utile sulla trave: carico max $(350 \times 4) \times 1.5$ (coef. dinamico) $= 2100 \text{ kg}$ carico concertato.

Si ipotizza che la trave di scorrimento sia appesa alle travi che sostengono il graticcio considerando un peso proprio pari a 35 kg/m .



Legenda:

1. Azione orizzontale 2100 kg
2. Azione verticale tiro 2100 kg
3. Peso proprio dell'organo 1500 kg
4. Carico massimo concentrato 2100 kg

BIOBYTE SRL

pag. 8 di 13

B5. Americana luci in sala

Sull'arco di boccascena, a circa 6 m di distanza dal filo dell'arco scenico, è collocata un'americana luci motorizzata lineare di 15 m di lunghezza, con tubolare da 50 mm di diametro per il posizionamento di proiettori dedicati all'illuminazione del proscenio con capacità per carico distribuito $ELL = 400 \text{ kg}$ (120 kg per fune).

Numero 4 punti di sospensione.

La motorizzazione, a velocità fissa indicativamente di 4 m/min, dovrà consentire il posizionamento dell'americana una distanza di circa 150 cm dal piano platea con corsa complessiva di 9 m. Il posizionamento del gruppo motore e delle pulegge di rinvio è previsto sul piano grigliato soprastante.

Peso proprio dell'argano: 500 kg

Schema di distribuzione: si veda B1.

Coefficiente carico dinamico 1.2

L'americana è appesa al graticcio metallico presente tra il controsoffitto architettonico e il solaio strutturale esistente.

B6. Bilancia luci di boccascena

È richiesto un tiro motorizzato per le luci da posizionare sotto la passerella di boccascena.

La motorizzazione con pulegge di rinvio e argano dovrà essere posizionata sopra la passerella di Boccascena (B 9-c).

La barra di carico di lunghezza 14 m - può essere costituita da un'americana lineare in alluminio con tubolare da 50 mm di diametro.

La portata richiesta è indicativamente di 400 kg distribuiti, concentrati su n° 4 funi; la corsa di sollevamento risulta di circa 10 m.

Peso dell'argano: 500 kg

Azione verticale singola puleggia 150 kg (incluso coef. dinamico pari a 1.5)

Azione orizzontale singola puleggia 150 kg (incluso coef. dinamico pari a 1.5)

B7. Schermo per proiezioni

È prevista l'installazione di uno schermo per proiezioni tipo policinale o similare di dimensioni 12x7 m collocato sotto la passerella di boccascena. Carico distribuito indicativo 280 kg; alimentazione elettrica e movimentazione autonoma con radiocomando.

B8. Sipario Tagliafuoco

È prevista l'installazione di un sipario tagliafuoco rispondente alla normativa corrente da collocare sull'apertura di boccascena con la motorizzazione posizionata sul piano grigliato.

Le dimensioni indicative del sipario tagliafuoco devono essere adeguate all'apertura di boccascena.

Il sipario di sicurezza costituisce una separazione, incombustibile, tra la sala e il palcoscenico.

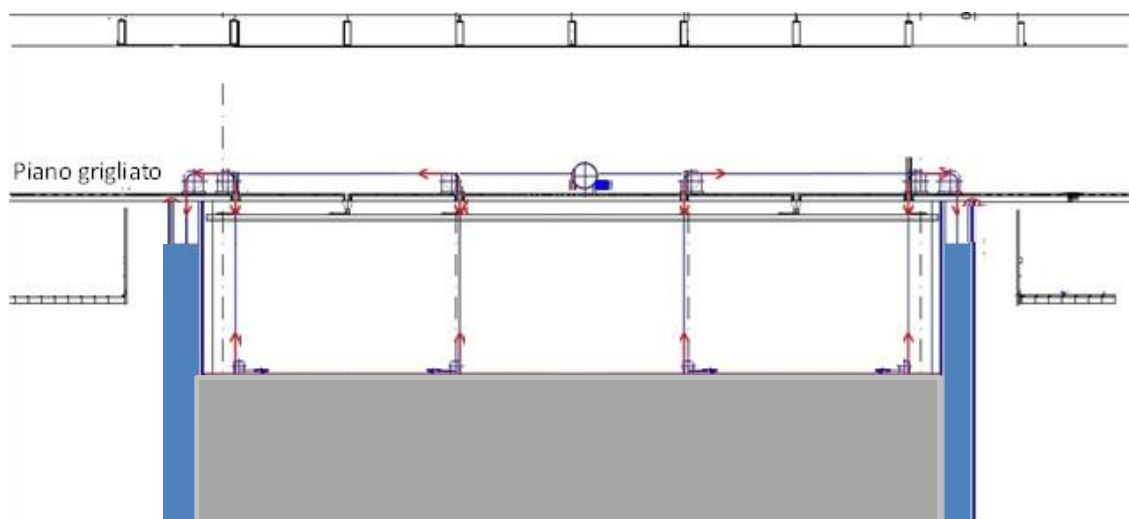
Il sipario di sicurezza in posizione abbassata fa battuta sul piano del palcoscenico in corrispondenza di un muro tagliafuoco sottostante.

Peso totale portone: 13.000 kg

Contrappeso dx=contrappeso sx=5850 kg

Peso proprio motore centrale 550 kg

Il carico totale è stato applicato in quattro punti della graticcia



B9. Strutture di torre scenica

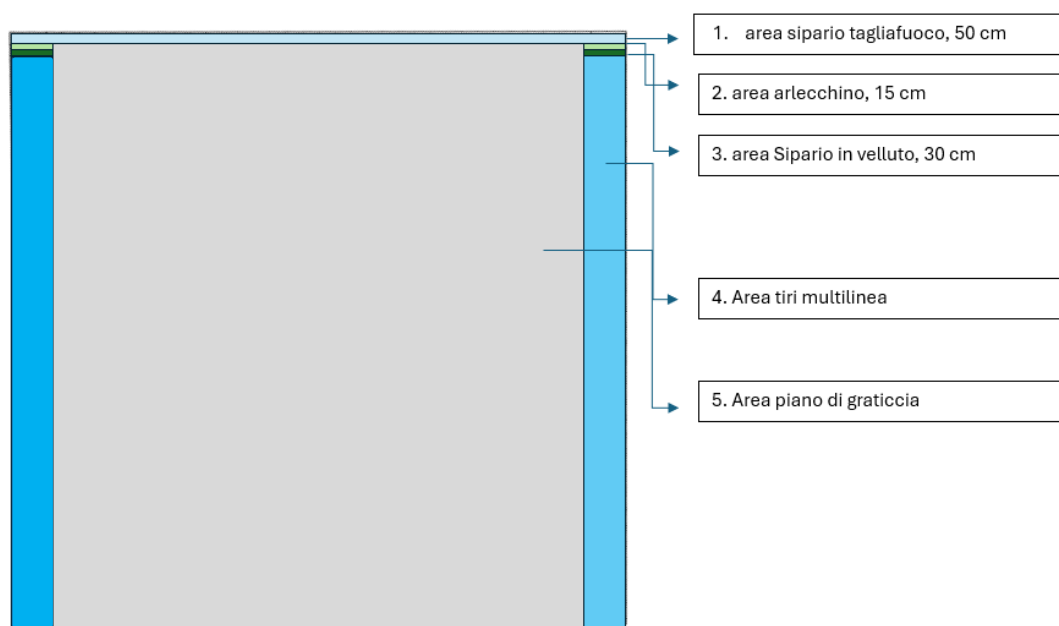
B9 – a Piano grigliato

È richiesta la progettazione, la fornitura e l'installazione di un piano grigliato composto da due tipi di doghe metalliche alternativamente di larghezza 70 mm e 100 mm e altezza determinata dalla portata statica richiesta; le doghe sono disposte trasversalmente all'asse longitudinale di palcoscenico con passo 125 mm. Ciò definisce una distanza libera tra le doghe 40 mm che dovrà essere compatibile con il passaggio delle catene dei paranchi da 500 kg di cui al precedente punto B3.

Per dare modo di trasferire i paranchi nella posizione desiderata e poterli far scorrere fra doghe è prevista la creazione di asole con dimensioni 70x150 mm in testa ad ogni affiancamento fra doghe in corrispondenza delle travi secondarie. Le doghe che dovranno garantire la portata utile di 500 kg/mq distribuiti e 1.000 kg a carico concentrato su impronta 25x2 5cm.

Nella zona vicino alla pareti laterali, in una fascia larga ca. 2 m, saranno posati sul grigliato i tiri di cui al punto B1. In prossimità del boccascena poggeranno le movimentazioni per il sipario tagliafuoco, seguite da quella per la movimentazione dell'arlecchino (punto B.2a) e del sipario in velluto (punto B.2b)

Schema di carico:



Legenda:

area 1: vedi B8

area 2: vedi B2-a

area 3: vedi B2-b

area 4: 250 kg/m² + peso dei tiri multilinea (vedi B1)

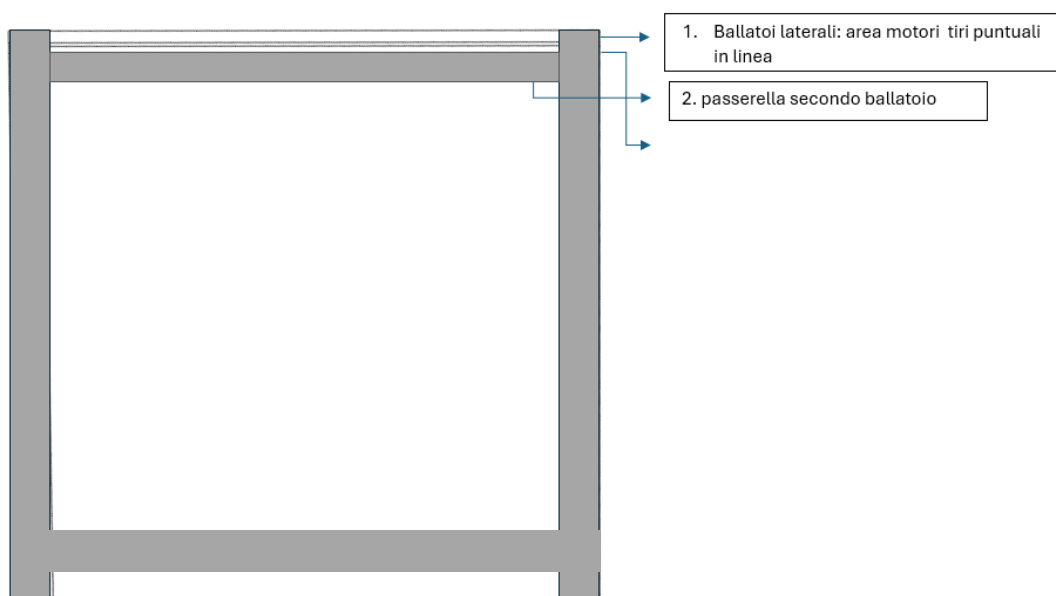
area 5: vedi B9

B9 – b Piani di servizio laterali sinistro e destro

È richiesta la progettazione, fornitura e installazione dei camminamenti di 2 piani di servizio laterali posizionati sotto il piano grigliato. Al livello subito al di sotto del piano di graticcia (larghezza max ca. 2.0 m) sarà posata la motorizzazione dei paranchi (portata di 350 kg) in numero di quattro per ognuna delle linee descritte al punto B4.

I piani di servizio saranno realizzati con struttura portante metallica e dovranno avere una portata utile rispondente ai carichi trasmessi dalle motorizzazioni e dai quadri elettrici posti tra esse. Sui piani, oltre ai carichi delle motorizzazioni e dei quadri, è previsto unicamente il transito e stazionamento del personale addetto alla manutenzione (250 kg/m² sul piano di calpestio).

L'attacco alle strutture portanti è previsto trasferito con tiranti sul piano grigliato.



Legenda:

area 1: vedi B4 + 250 Kg/m²

area 2: 250 Kg/m²

B9 – C Passerelle

È richiesta l'installazione dei camminamenti di due ordini di passerelle trasversali collegate con i ballatoi laterali sopra descritti.

La portata è di 250 kg/mq sul piano di calpestio a cui si aggiungono, per la passerella inferiore trasversale, i carichi dovuti all'americana luci e quelli derivanti dallo schermo di proiezione e dalla barra luci di scena per la passerella più vicina la palco.

Le passerelle hanno una barra in tubolare di 50 mm di diametro posta ad altezza di 2.0 m dal calpestio per eventuale posizionamento di proiettori-luci. Per questa funzione si chiede un carico verticale trasmesso dai proiettori indicativamente di 50 kg/ml.

La Ditta della scenotecnica dovrà realizzare la pavimentazione e le barre per il posizionamento dei proiettori luci, mentre la struttura portante e i parapetti restano a carico della committenza.

La passerella più vicina la palco è dimensionata per supportare l'americana di boccascena e lo schermo proiezioni.

BIOBYTE

La portata richiesta è quella sopra indicata a cui devono essere aggiunti i carichi di cui al punto B6 e B7 (il peso dello schermo di proiezione pari ca. 280 kg).

L'attacco alle strutture portanti è previsto trasferito con tiranti sul piano grigliato.

Piattaforma montacarichi

carico di esercizio: 500 kg/m²

carico permanente: 160 kg/m²

coefficiente carico dinamico: 1.2

Carico totale uniformemente distribuito: 792 kg/m²

Sup. effettiva: 18 m²

Peso totale distribuito su 4 appoggi

Rumorosità e vibrazioni

Durante il funzionamento della meccanica superiore il livello massimo di pressione acustica in sala dovrà essere inferiore a 35 dB(A) durante il funzionamento di una sola macchina (tiro multilinea e/o tiro puntuale in linea con 4 motori) e di 45 dB(A) con il funzionamento di 4 macchine contemporaneamente (2 tiri a stanga e 2 tiri puntuali in linea con 4 motori); in entrambi i casi a pieno carico ed alla massima velocità. Tali valori sono da intendersi misurati ad una altezza di 1,5 m al centro della 1° fila della sala, completa di tendaggi e poltrone ed in assenza del pubblico, e con il palcoscenico allestito solamente con quinte, soffitti e fondale.

Il fissaggio delle macchine alle relative strutture portanti dovrà essere effettuato mediante interposizione di elementi smorzatori idonei a ridurre la trasmissione delle vibrazioni verso le strutture portanti e a contenere entro valori minimi la rumorosità dell'impianto durante il funzionamento.

Bergamo, 07.03.2025

Dott. Enrico Moretti