



SEISMIC ACADEMY

Milan Ingegneria:
Il nuovo Piano Arena del Colosseo

Ing. Massimiliano Milan
CEO Milan Ingegneria SpA



Con il patrocinio di



Con la partecipazione di



SEISMIC ACADEMY

Think smart, build safe

5 luglio 2022

milan ingegneria

IL NUOVO PIANO ARENA DEL COLOSSEO

Ing. Massimiliano Milan











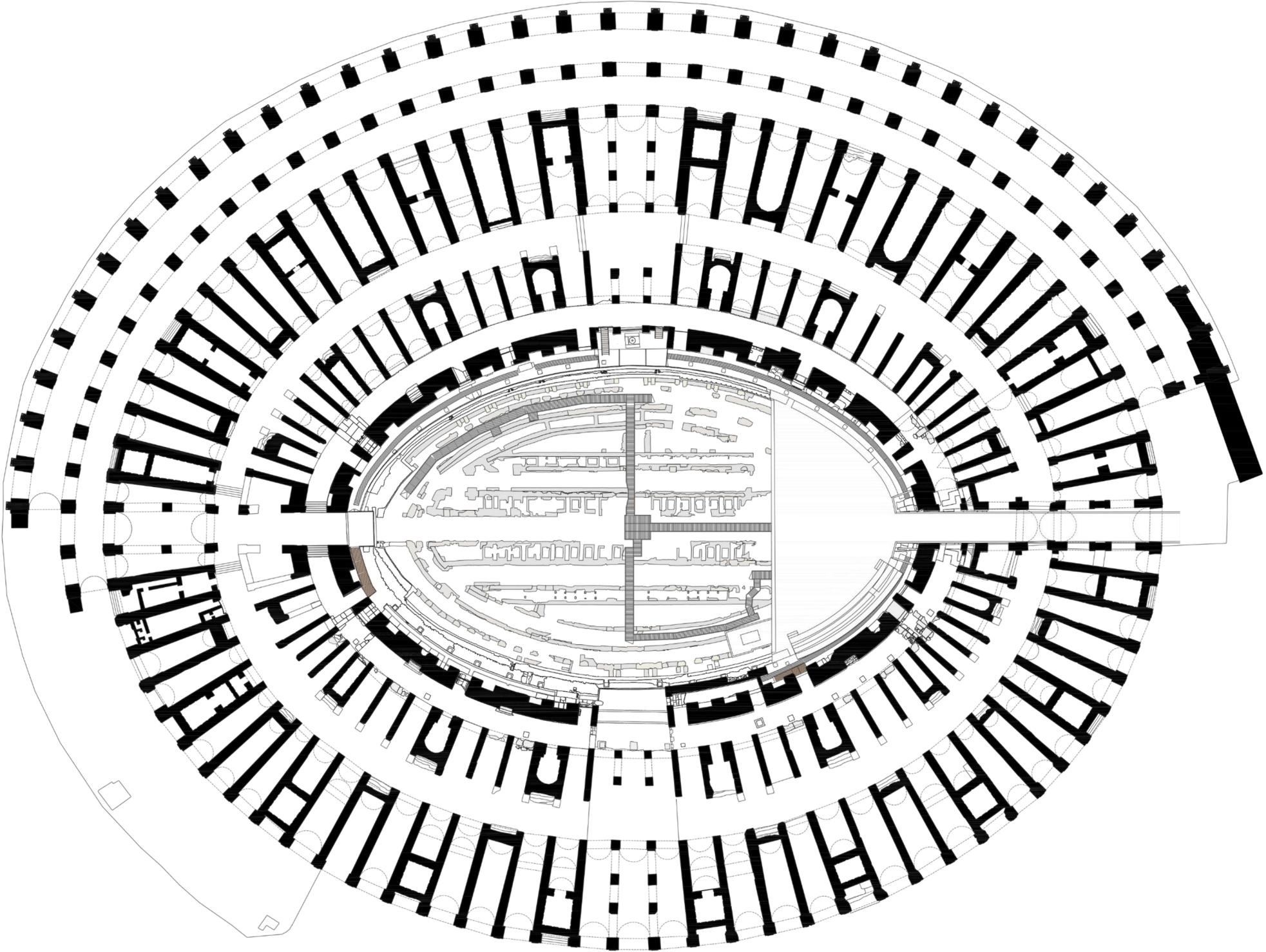




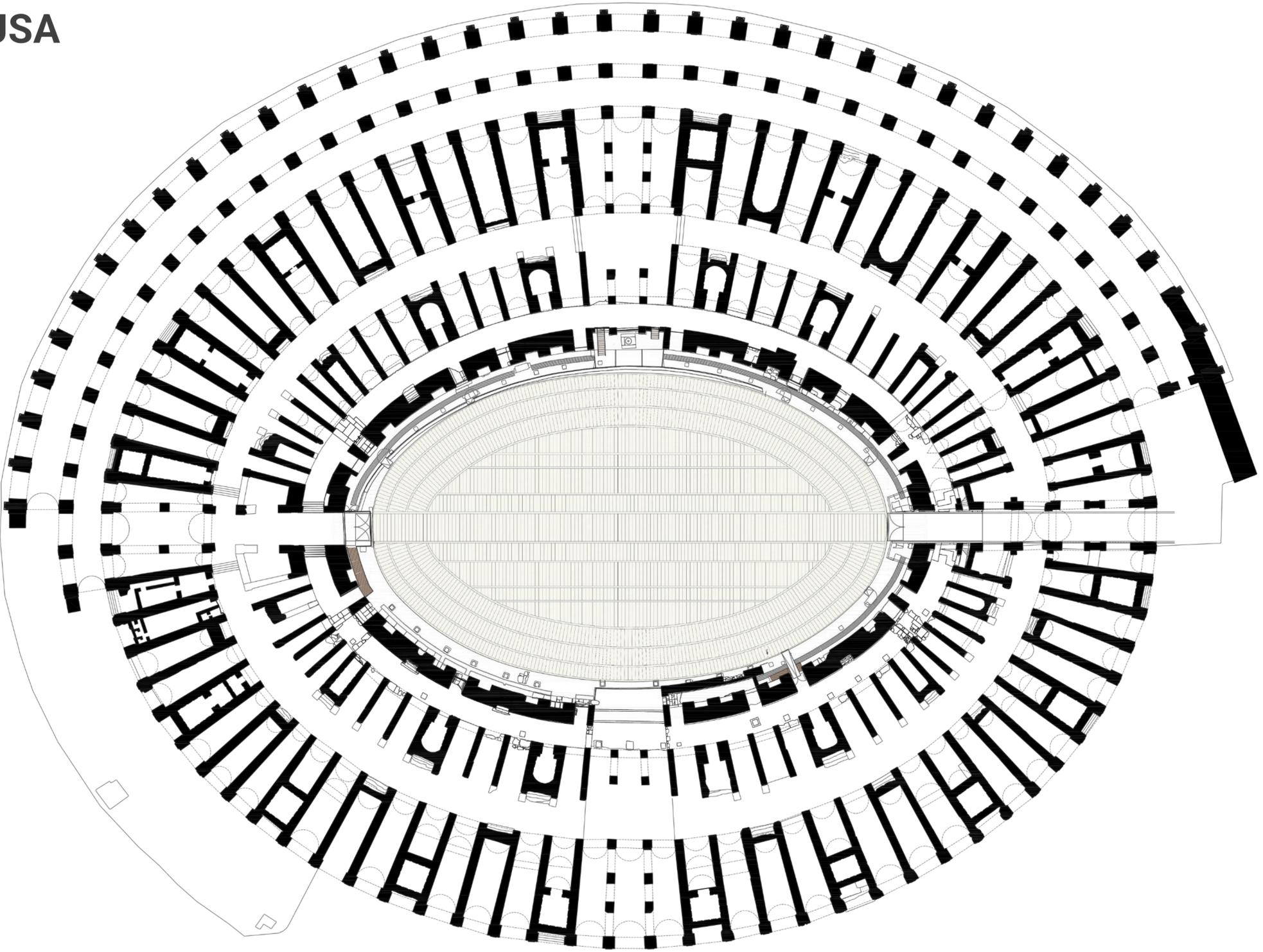


STATO DI FATTO

PIANTA

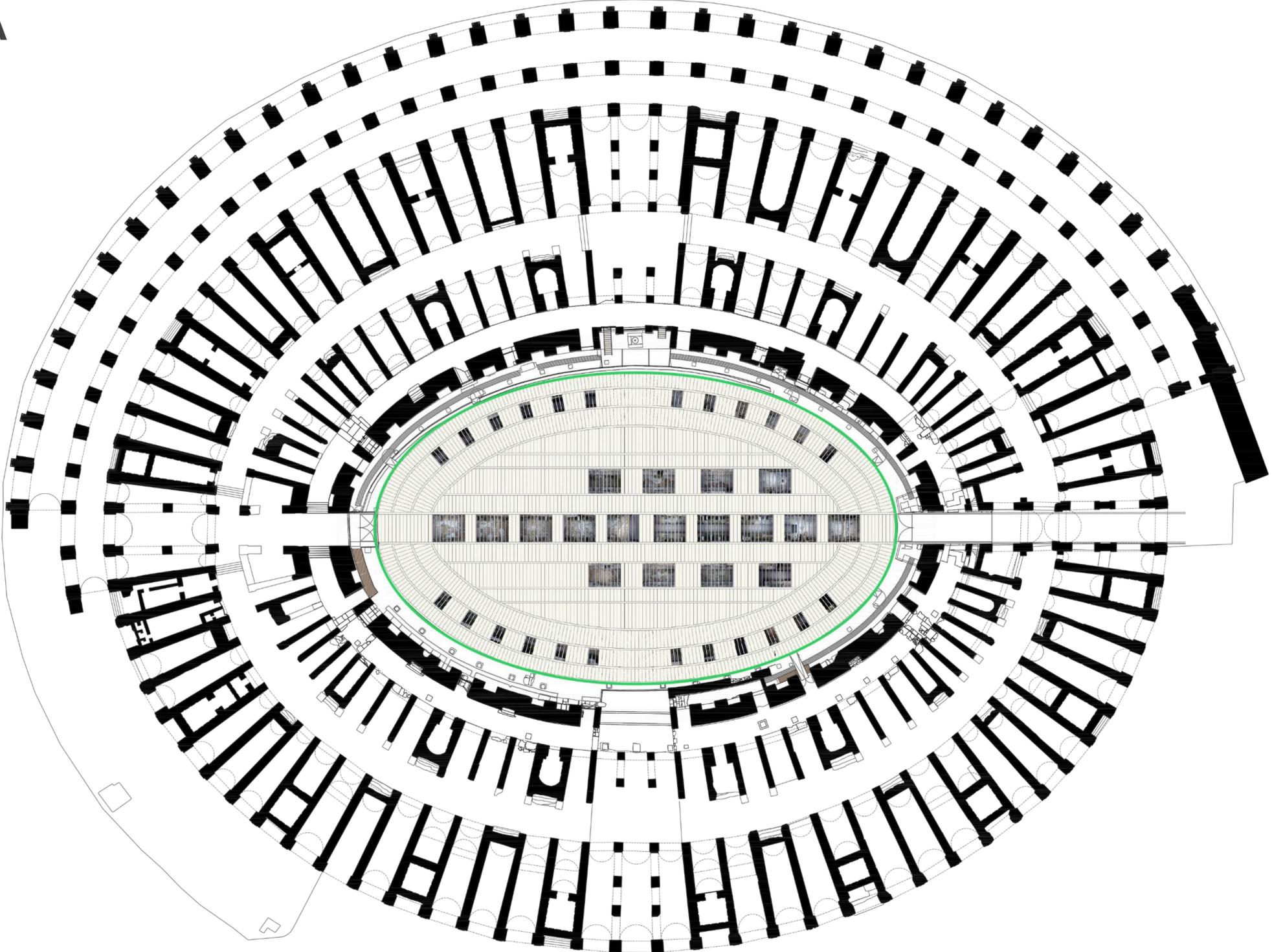


STATO DI FATTO
CONFIGURAZIONE CHIUSA



STATO DI FATTO

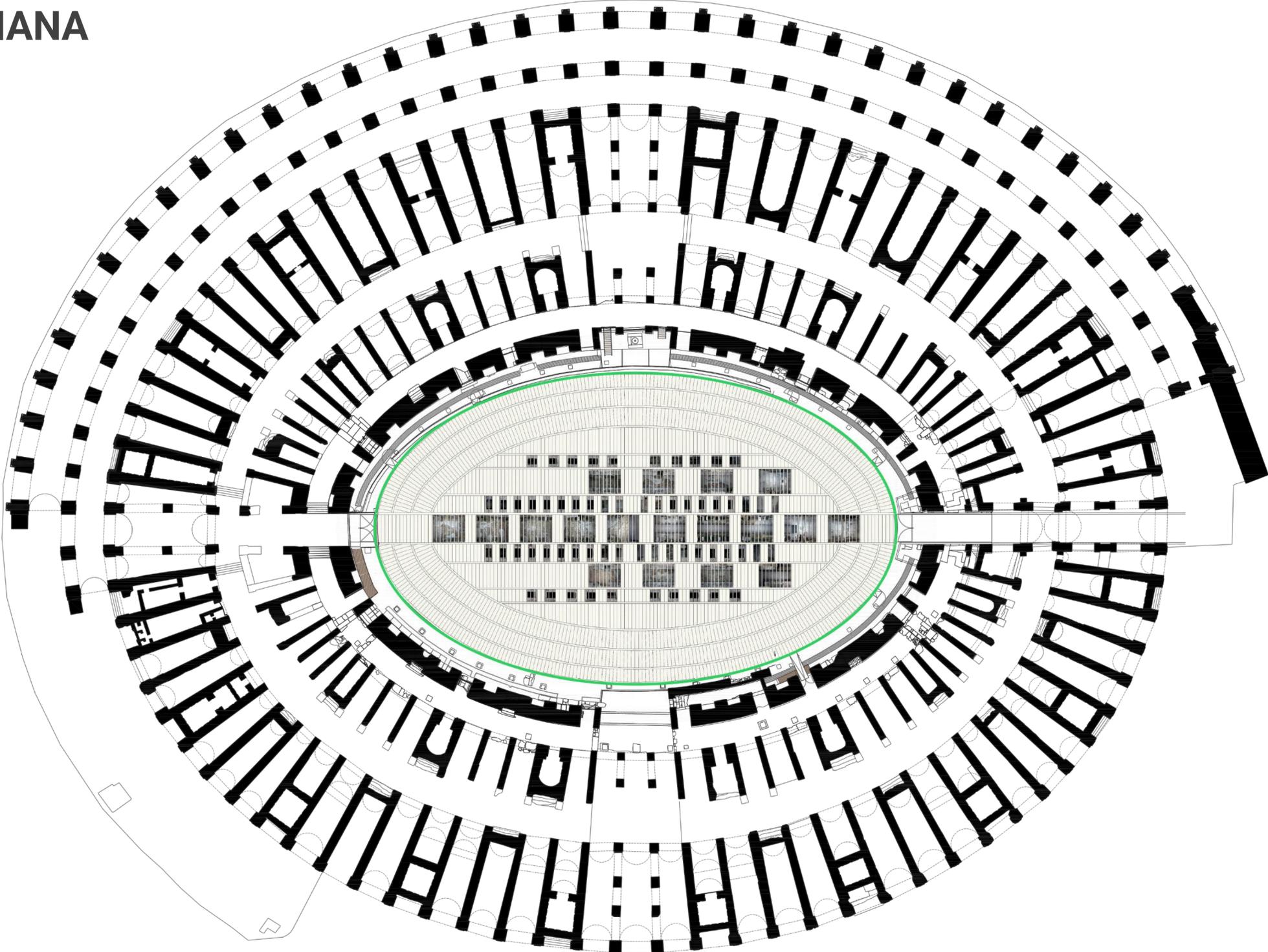
BOTOLE DI ETA' FLAVIA



— chiusura accesso
piano dell'arena

STATO DI FATTO

BOTOLE DI ETA' SEVERIANA



— chiusura accesso
piano dell'arena

APPOGGIO 8-L
TIPOLOGIA - P1

L



APPOGGIO 8-I
TIPOLOGIA - P1

I

APPOGGIO 8-E
TIPOLOGIA - P1

E

APPOGGIO 8-D
TIPOLOGIA - P1

D

GL+23.000 m

dadi di fissaggio saldati su travi

160x100 x10 Ø

strato di TEFLON ø5
malta espansiva fibrorforzata tipo E
basamento in C.A.
strato di separazione

dadi di fissaggio saldati su travi

160x100 x10 Ø

strato di TEFLON ø5
malta espansiva fibrorforzata tipo E
basamento in C.A.
strato di separazione

CORRIDOIO H - LATO SUD
APPOGGI 8-L/P1 _ 8-I/P1

PROSPETTO - SCALA 1:20

CORRIDOIO H - LATO SUD
APPOGGI 8-E/P1 _ 8-D/P1

PROSPETTO - SCALA 1:20

NUOVO PIANO DELL'ARENA

Note generali

- **Intervento locale:** interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;
- **Classe d'uso III con Vita Nominale di 50 anni**
- **Categoria d'uso C3: 500kg/mq**
- **Struttura isolata sismicamente dalle murature originarie**
- **Reversibilità**

Materiali

MURATURA ESISTENTE

CARPENTERIA METALLICA

MATERIALI COMPOSITI



NUOVO PIANO DELL'ARENA

Materiali

MURATURA ESISTENTE

- Muratura esistente in tufo di Monteverde: $f \geq 2,6 - 4,3 \text{ MPa}$
- Muratura in laterizi e malta di calce: $f \geq 2,0 - 3,2 \text{ MPa}$

CARPENTERIA METALLICA

- Acciaio per c.a. ad armatura lenta B450C: $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
- Acciaio per strutture in carpenteria metallica: $f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
- Acciaio Classe 8.8 per collegamenti bullonati : $f_{yb} \geq 800 \text{ MPa}$
- Acciaio Y1050 per tiranti : $f_{yk} \geq 950 \text{ MPa}$
- Acciaio C45 per connessioni e perni per tiranti: $f_{yb} \geq 375 \text{ MPa}$
- Acciaio 39NiCrMo3 per componenti meccaniche: $f_{yb} \geq 785 \text{ MPa}$
- Acciaio C43 per ingranaggi e trasmissioni: $f_{yb} \geq 360 \text{ MPa}$
- Alluminio serie 6000 per componenti meccaniche: $f_{yb} \geq 320 \text{ MPa}$

MATERIALI COMPOSITI

- Fibra di carbonio per pannelli mobili $f_k \geq 2365 \text{ MPa}$
- Legno di Accoya incollato alla fibra di carbonio $f \geq 20 \text{ MPa}$



NUOVO PIANO DELL'ARENA

Studi preliminari

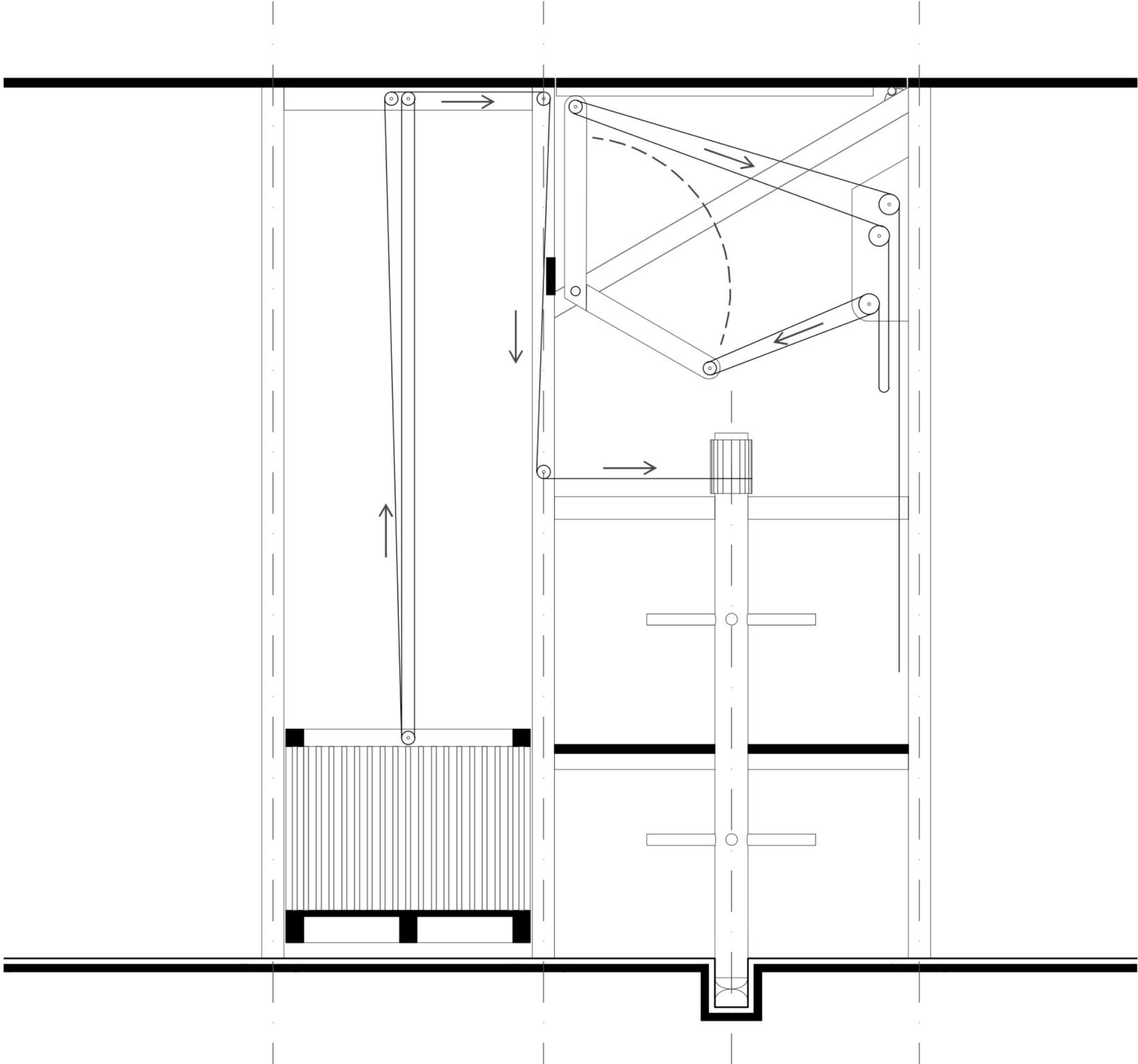
ANALISI STORICO CRITICA

RILIEVO

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

LIVELLI DI CONOSCENZA

AZIONI

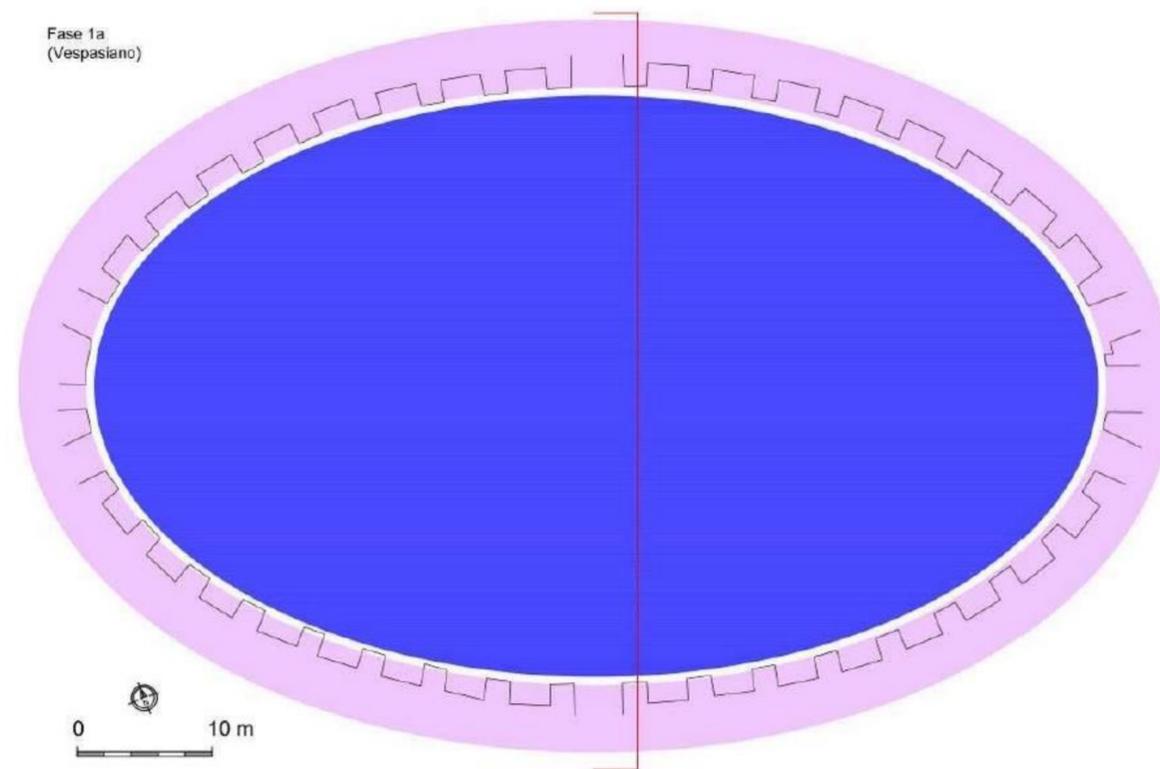


NUOVO PIANO DELL'ARENA

ANALISI STORICO CRITICA

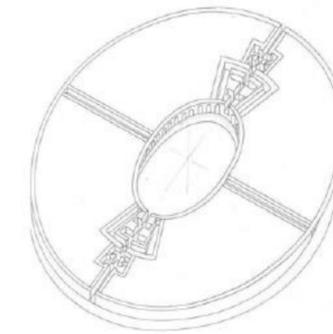
MURATURA ESISTENTE

- Inizio lavori con Vespasiano 75 D.C.
- Costruzione della platea circolare esterna: «Ciambella»

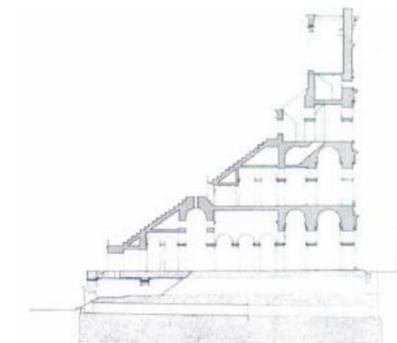


Planimetria schematica degli ipogei nella fase 1a:

- in viola chiaro la 'ciambella';
- in celeste la massiciata.



'Ciambella' di fondazione dell'anfiteatro

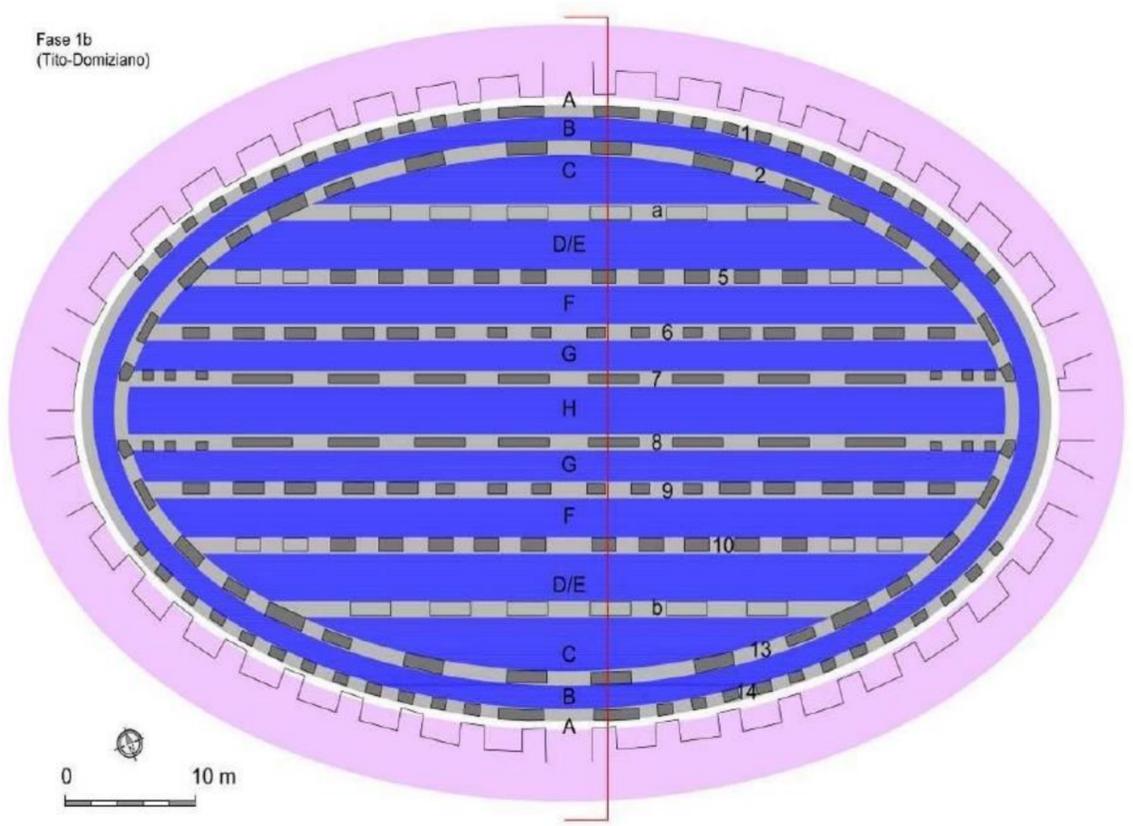


Sezione radicale del Colosseo sull'asse con evidenziata la fondazione del monumento autonoma rispetto a quelle dei muri ipogei

NUOVO PIANO DELL'ARENA

ANALISI STORICO CRITICA

Costruzione murature ipogei: macchina scenica



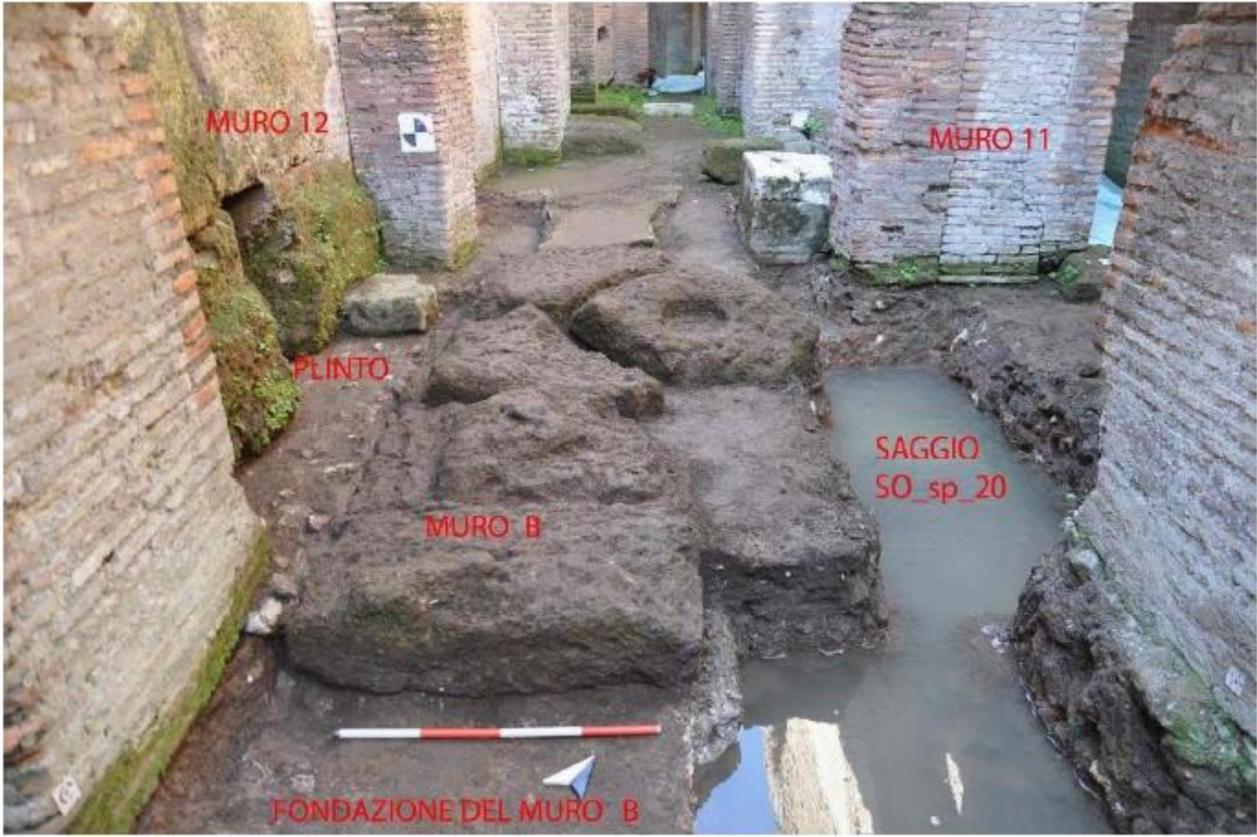
Planimetria schematica degli ipogei nella fase 1b:

- in viola chiaro la 'ciambella';
- in celeste la massicciata della fase 1a;
- In grigio scuro gli elevati della fase 1b.

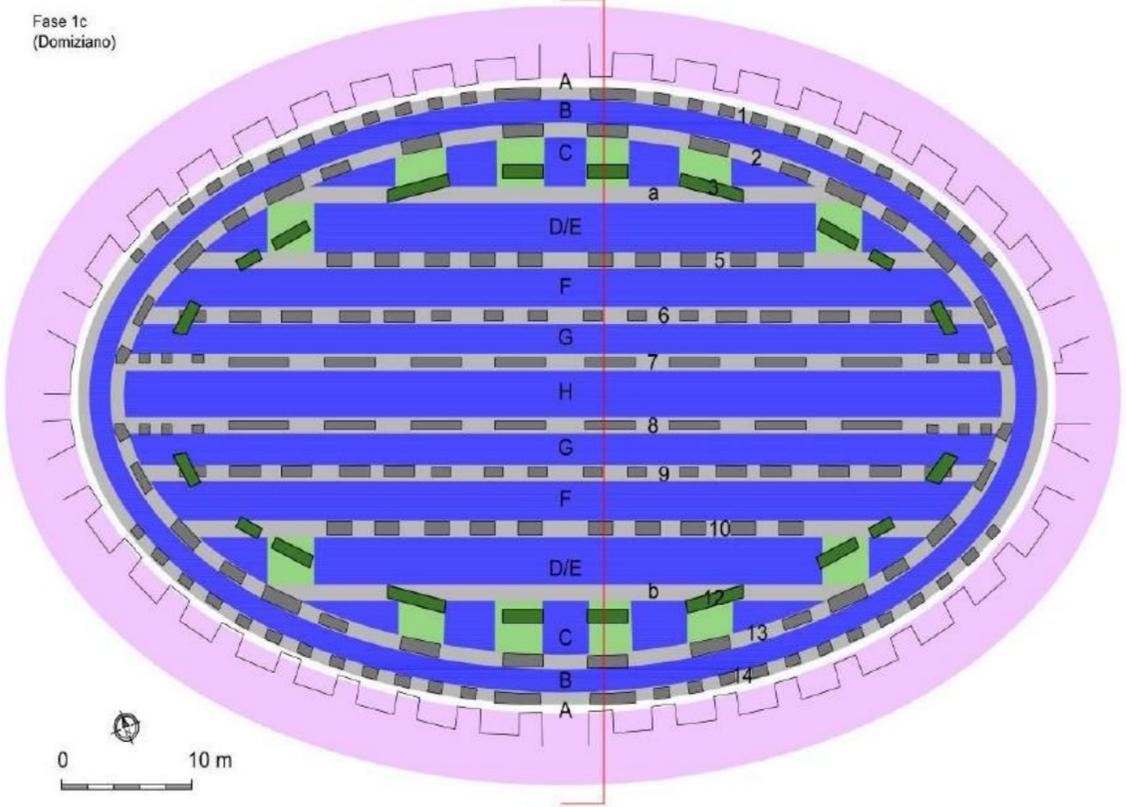
NUOVO PIANO DELL'ARENA

ANALISI STORICO CRITICA

Aggiunta secondo ordine di murature curve



Murature del corridoio D sud (settore SO)

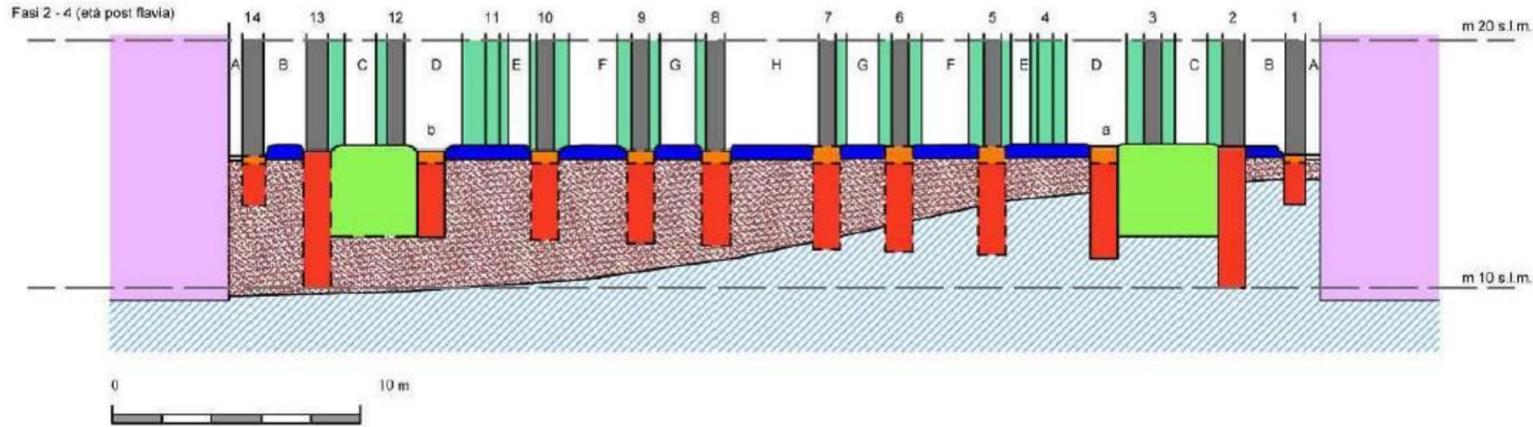


- Planimetria schematica degli ipogei nella fase 1b:
- in grigio chiaro le fondazioni;
 - in grigio scuro gli elevati della fase 1b;
 - in verde chiaro le fondazioni;
 - in verde scuro gli elevati della fase 1c.

NUOVO PIANO DELL'ARENA

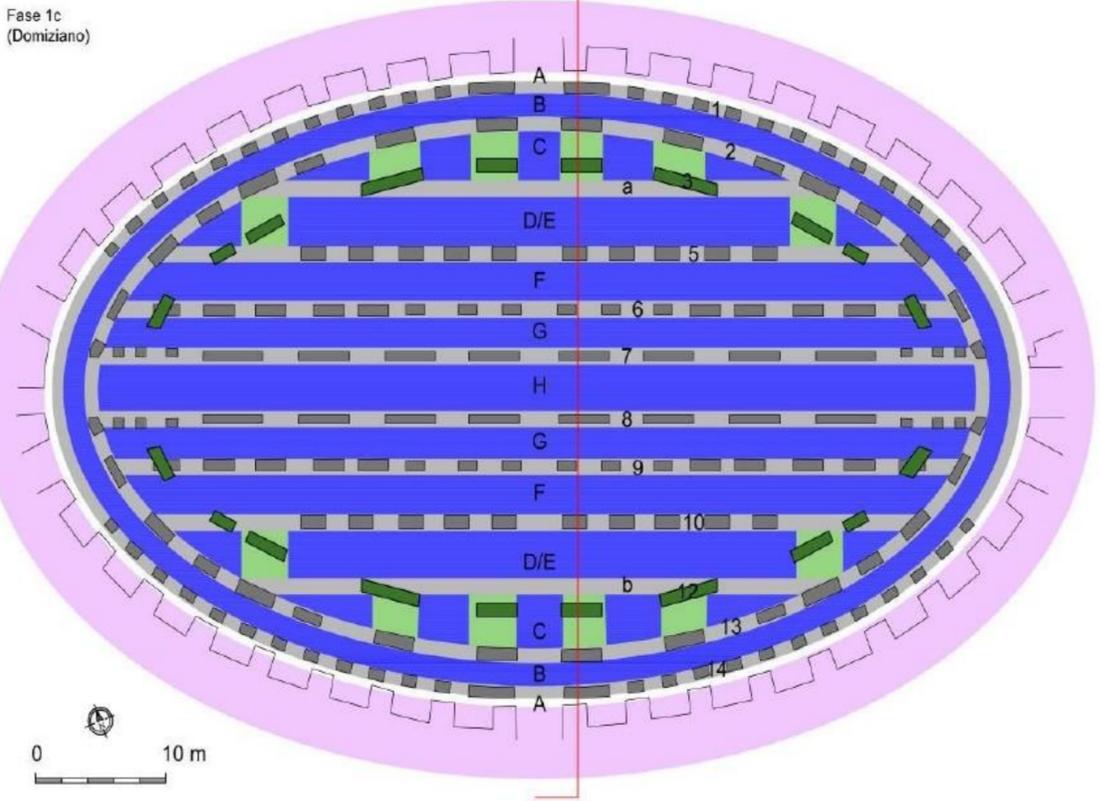
ANALISI STORICO CRITICA

Le fondazioni



- Legenda:
- massicciata
 - plinti
 - fondazioni in cavo armato
 - "spessore"
 - "ciambella"
 - murature in opera quadrata di tufo (Fase 1b-c)
 - murature in opera laterizia (Fasi 2-4)
 - riporto (da carotaggi)
 - substrato (riempimenti del fosso Labicano)
 - murature documentate
 - murature ipotizzate

Sezione ricostruttiva N-S degli ipogei nelle varie fasi (2018)



Planimetria schematica degli ipogei nella fase 1b:

- in grigio chiaro le fondazioni;
- in grigio scuro gli elevati della fase 1b;
- in verde chiaro le fondazioni;
- in verde scuro gli elevati della fase 1c.

NUOVO PIANO DELL'ARENA

ANALISI STORICO CRITICA



Foto Alinari del Colosseo con reinterro ambienti ipogei (1860/1870)



Folla di operai all'interno del Colosseo per un comizio di Mussolini, 29 aprile 1928

NUOVO PIANO DELL'ARENA

ANALISI STORICO CRITICA



Foto Alinari del Colosseo con reinterro ambienti ipogei (1860/1870)

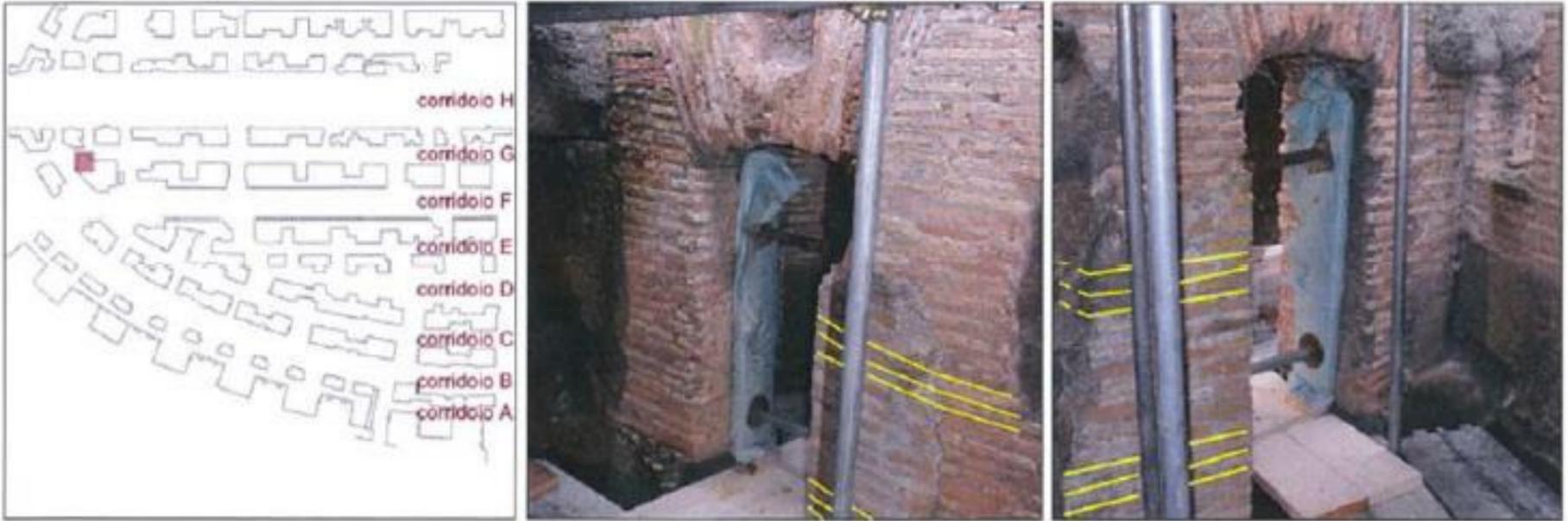


Situazione attuale

NUOVO PIANO DELL'ARENA

ANALISI STORICO CRITICA

Il restauro del 2020

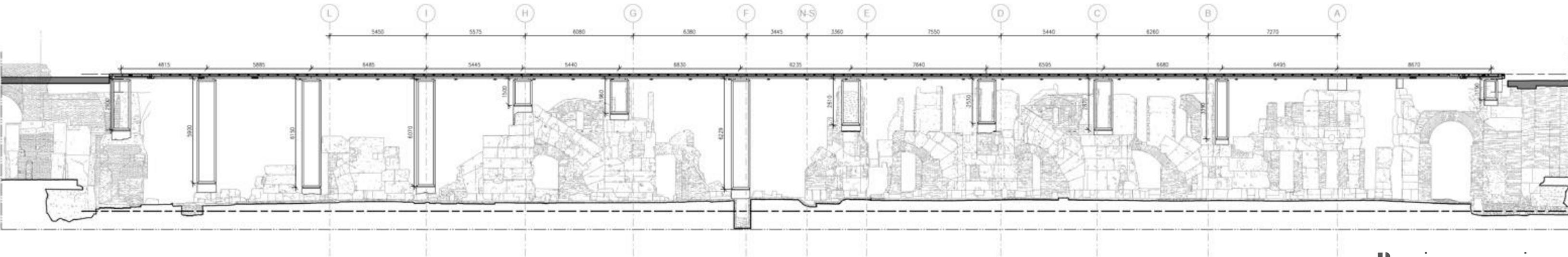
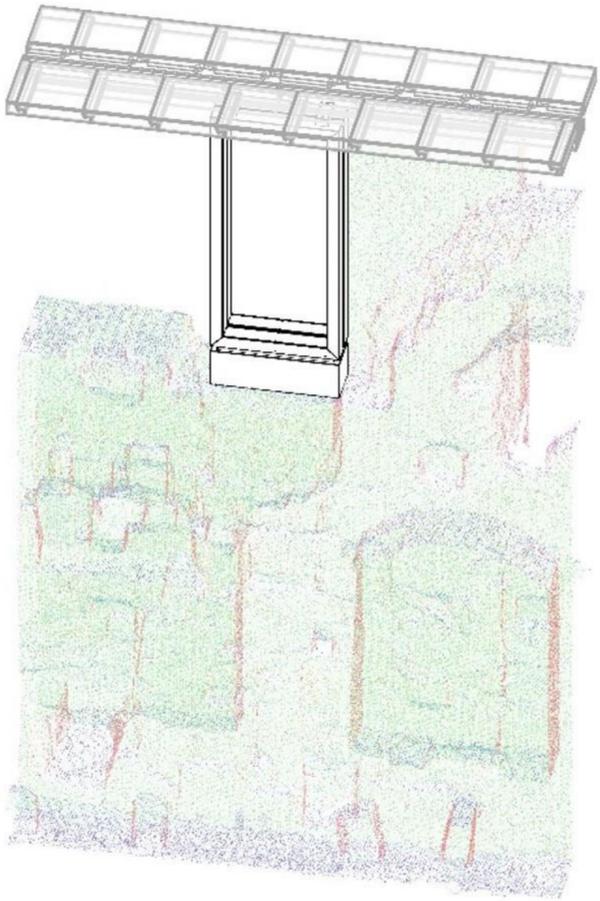
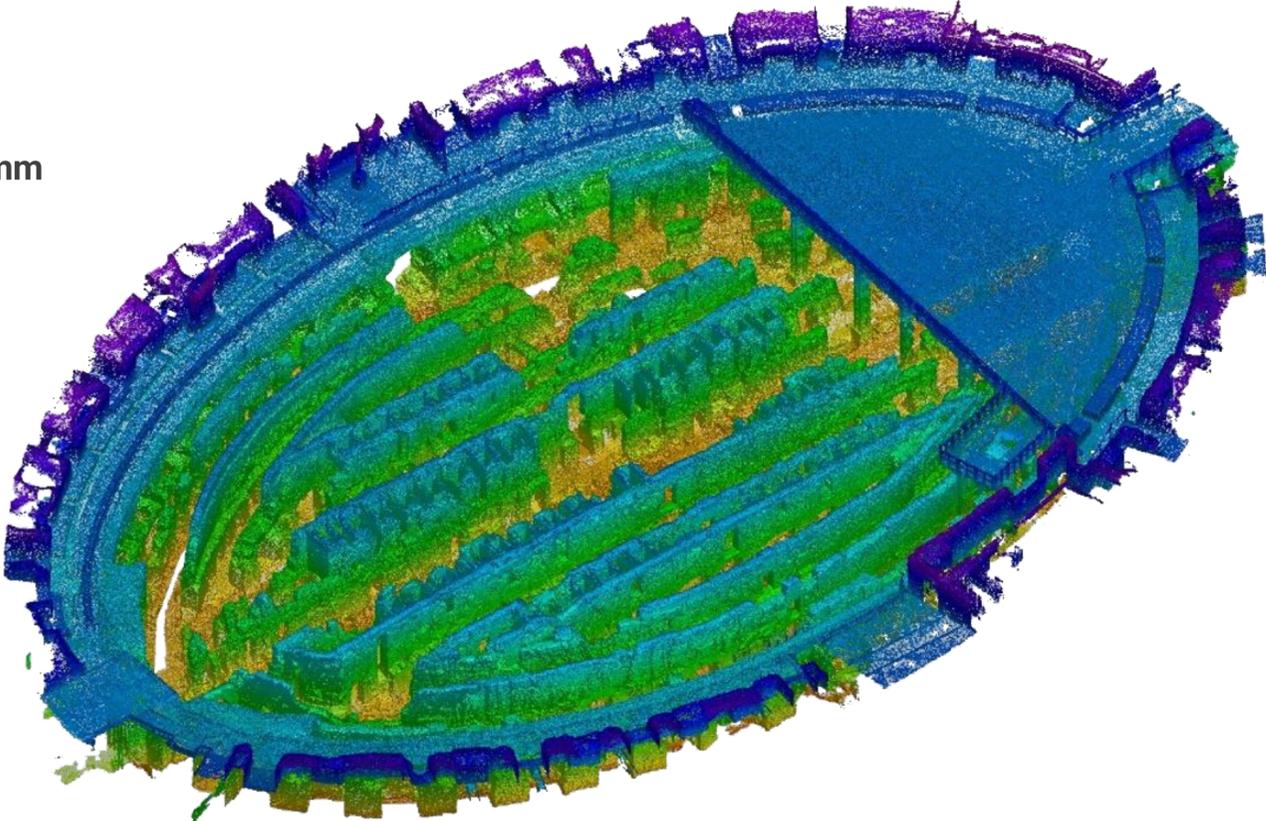




NUOVO PIANO DELL'ARENA

RILIEVO

- Rilievo in nuvola di punti con precisione a 2mm
- Ortofoto delle murature
- Rilievi storici dell'accademia germanica
- Saggi fondazionali



NUOVO PIANO DELL'ARENA

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI E DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI CONOSCENZA

Tufo di Monteverde.

Resistenza media a compressione	f	\geq	3.20	N/mm ²
Resistenza media a taglio	τ_0	\geq	0.08	N/mm ²
Modulo elastico	E	\geq	1620.00	N/mm ²
Peso specifico	w	$=$	16.00	kN/m ³
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_M	$=$	2.00	
fattore di confidenza	FC	$=$	1.13	
Resistenza a compressione	$f_c = \frac{f}{\gamma_M \cdot FC}$	\geq	1.41	N/mm ²

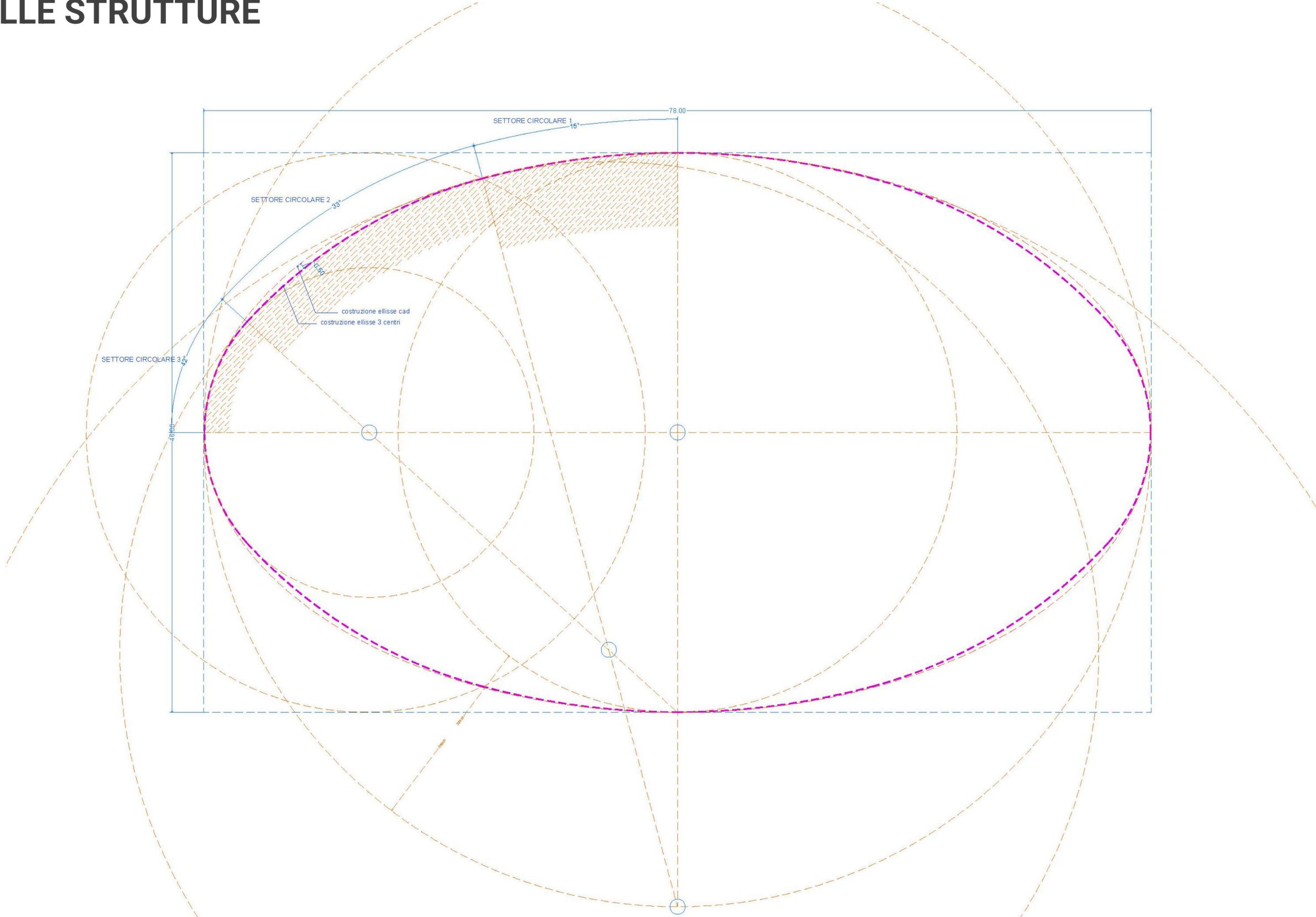
Muratura in laterizi e malta di calce

Resistenza media a compressione	f	\geq	4.30	N/mm ²
Resistenza media a taglio	τ_0	\geq	0.013	N/mm ²
Modulo elastico	E	\geq	1800.00	N/mm ²
Peso specifico	w	$=$	18.00	kN/m ³
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_M	$=$	2.00	
fattore di confidenza	FC	$=$	1.13	
Resistenza a compressione	$f_c = \frac{f}{\gamma_M \cdot FC}$	\geq	1.90	N/mm ²

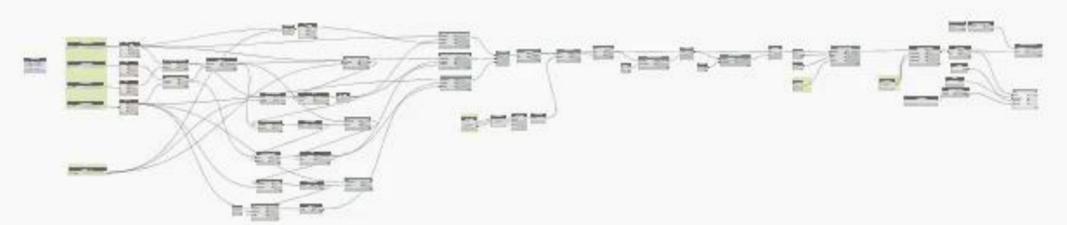
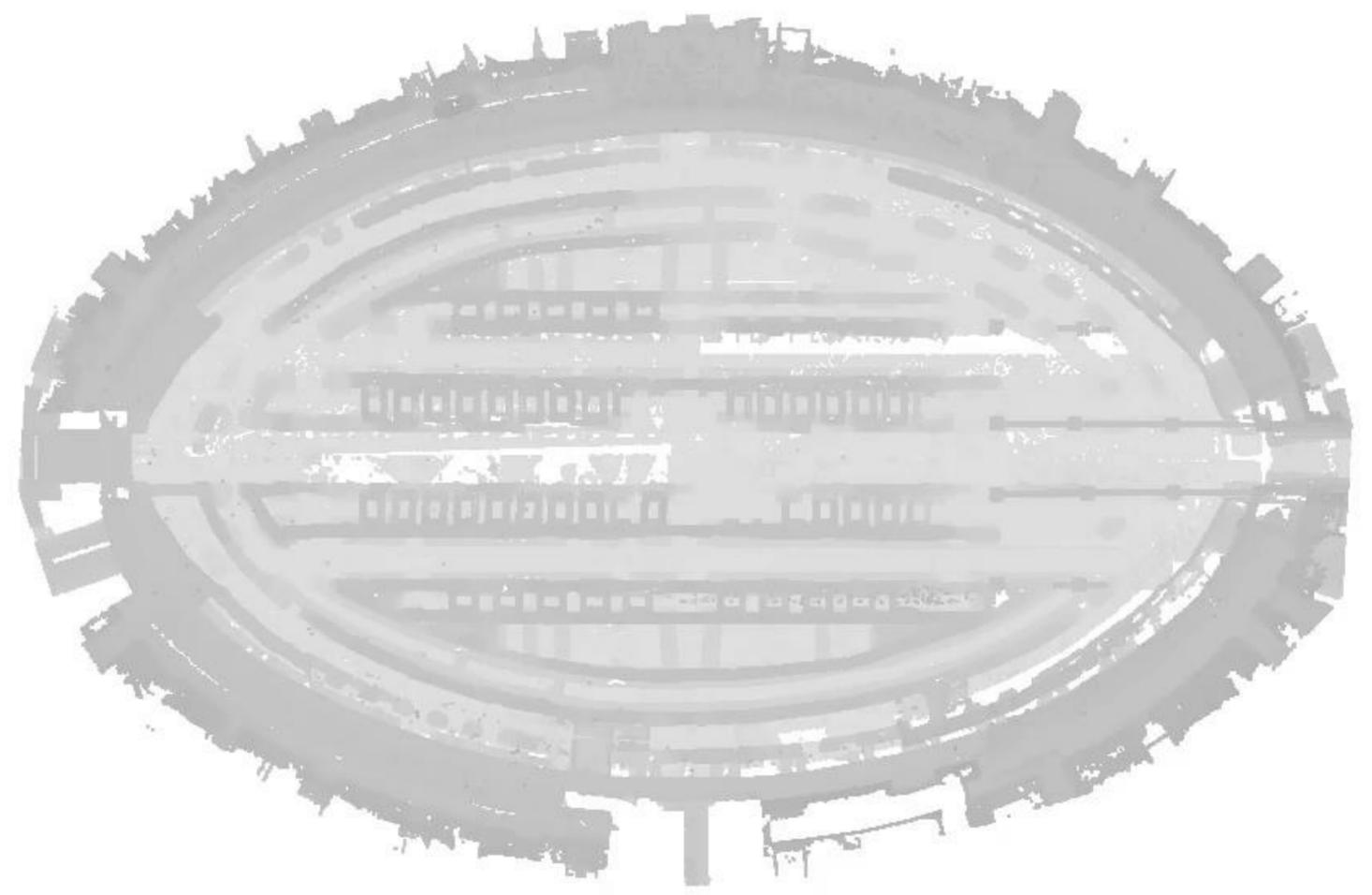


NUOVO PIANO DELL'ARENA

PROGETTO DELLE STRUTTURE

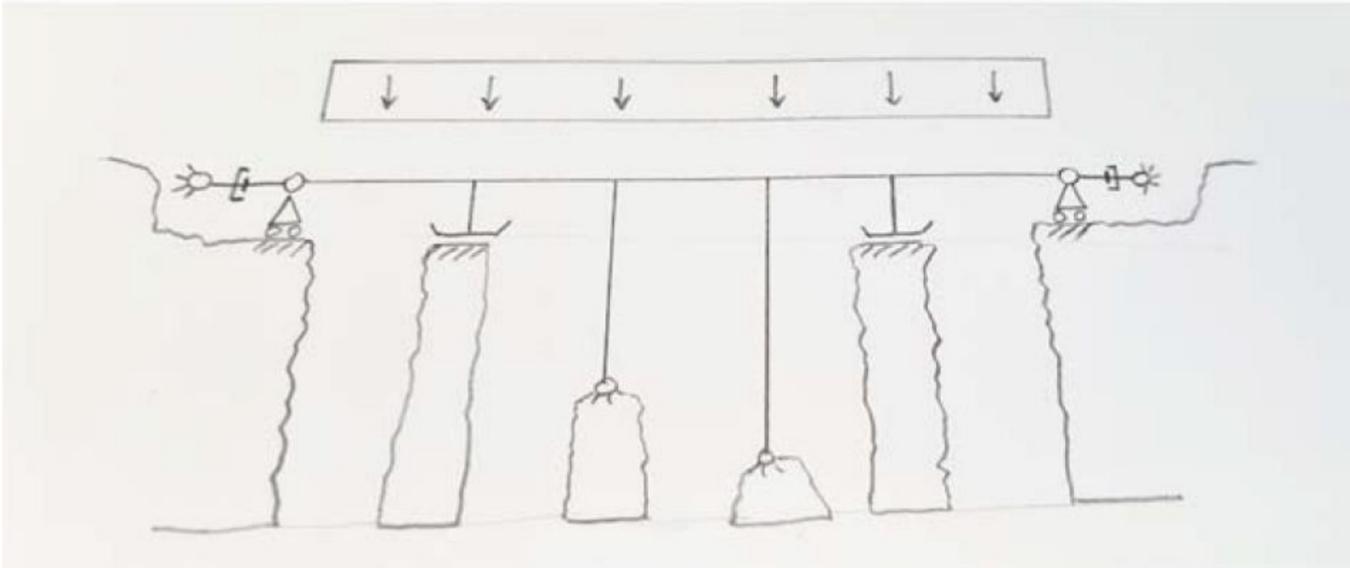


Prove Ovali Dynamo Copy 1 X

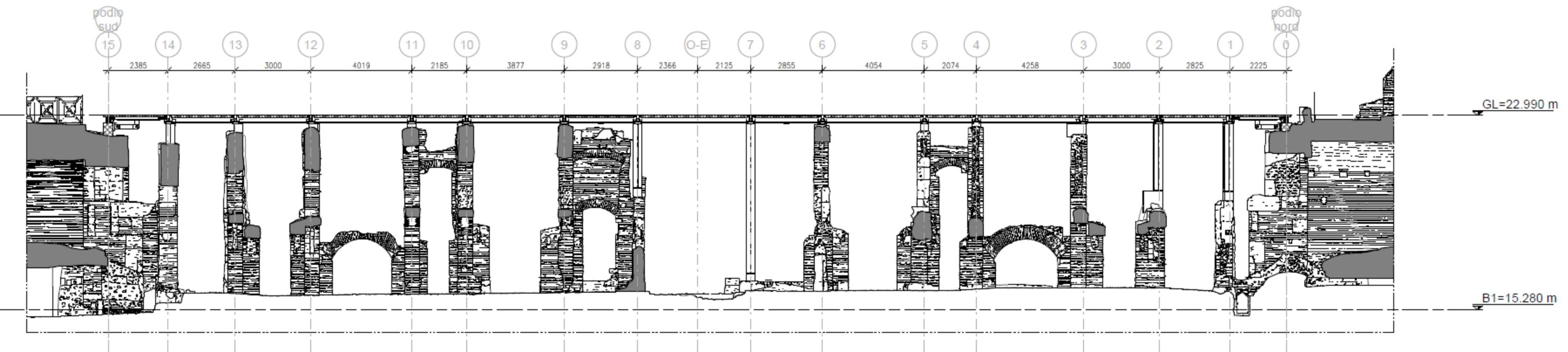
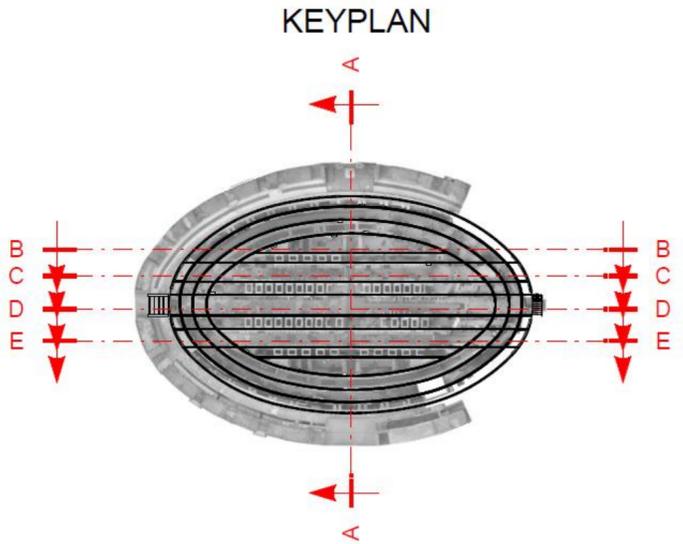


NUOVO PIANO DELL'ARENA

PROGETTO DELLE STRUTTURE



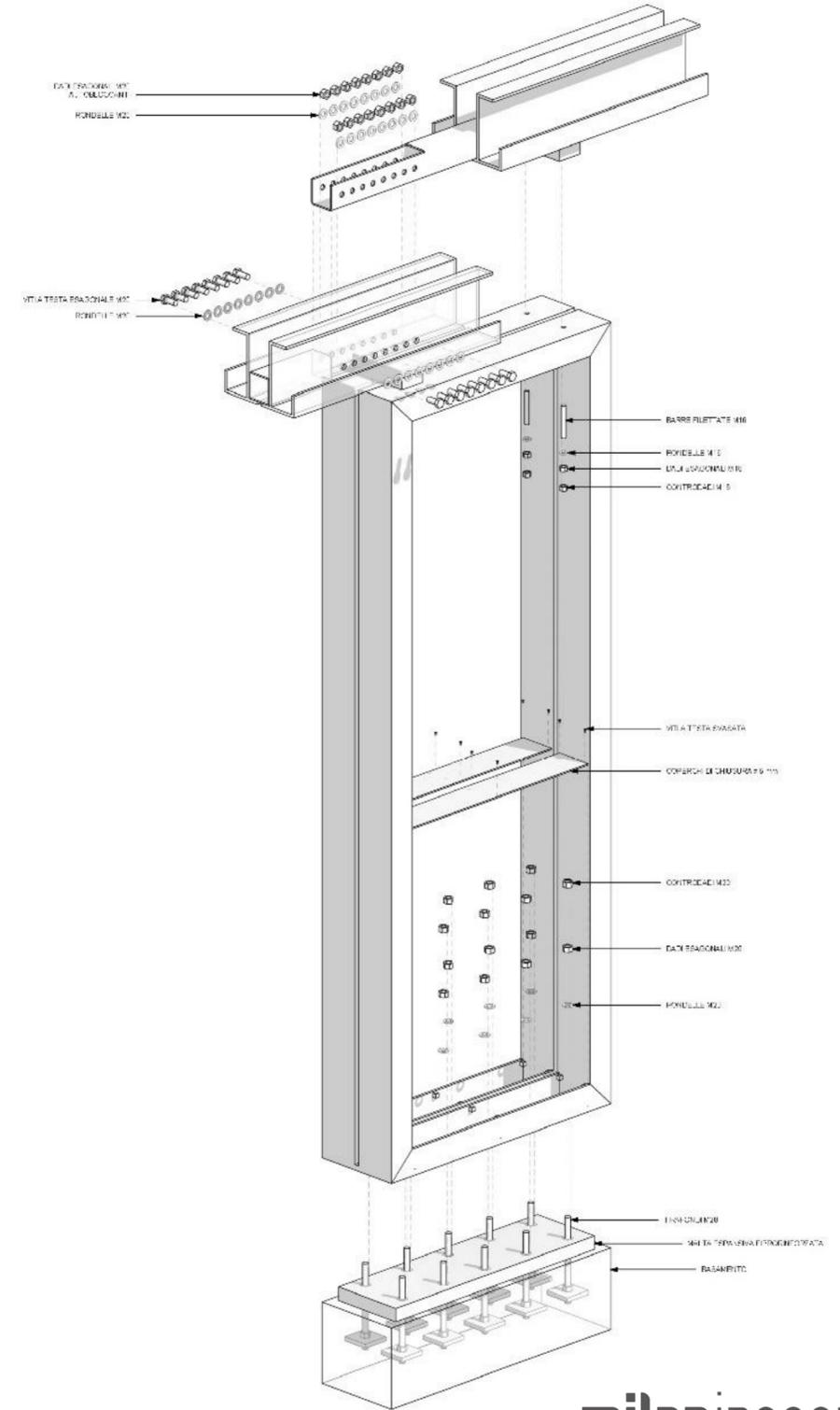
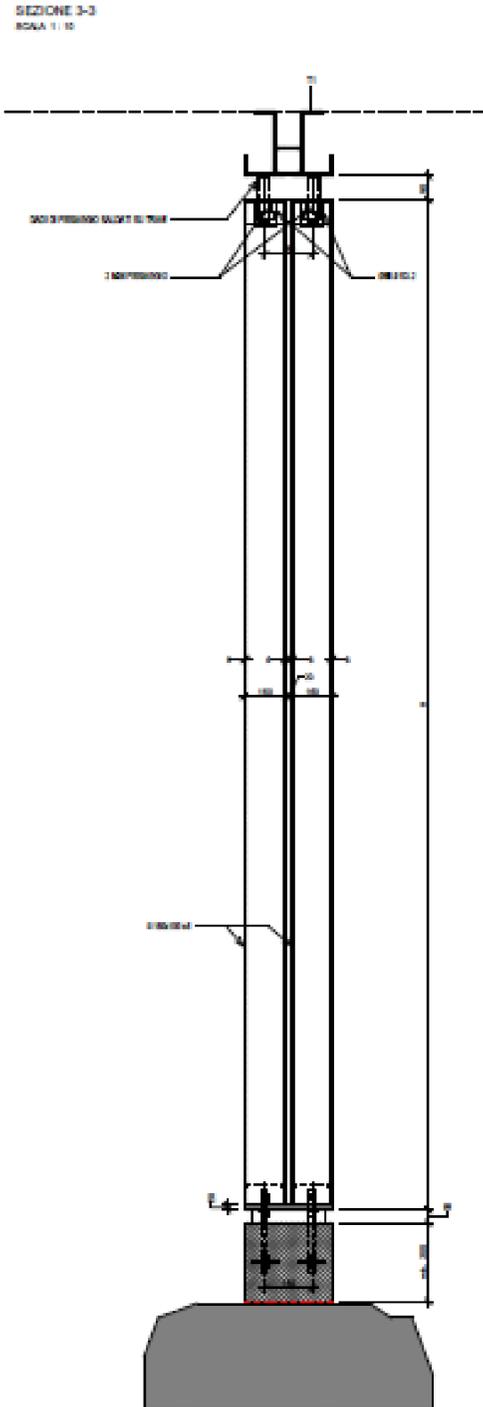
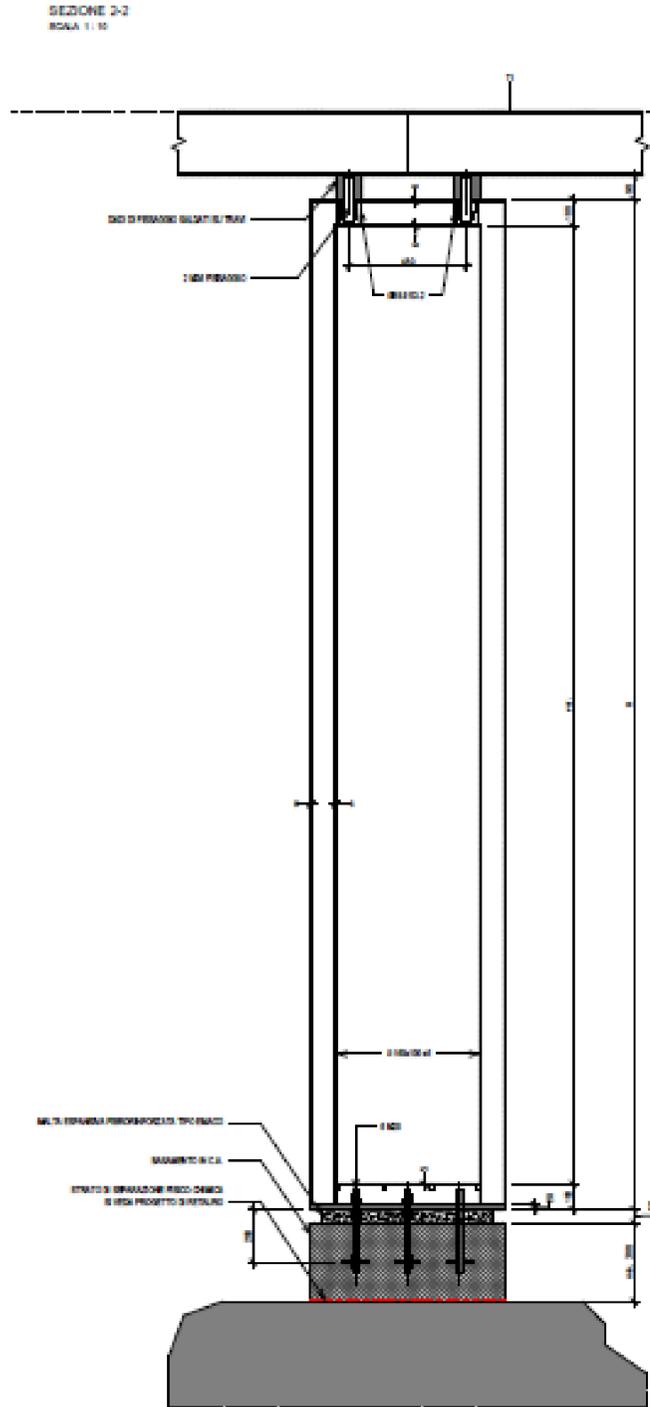
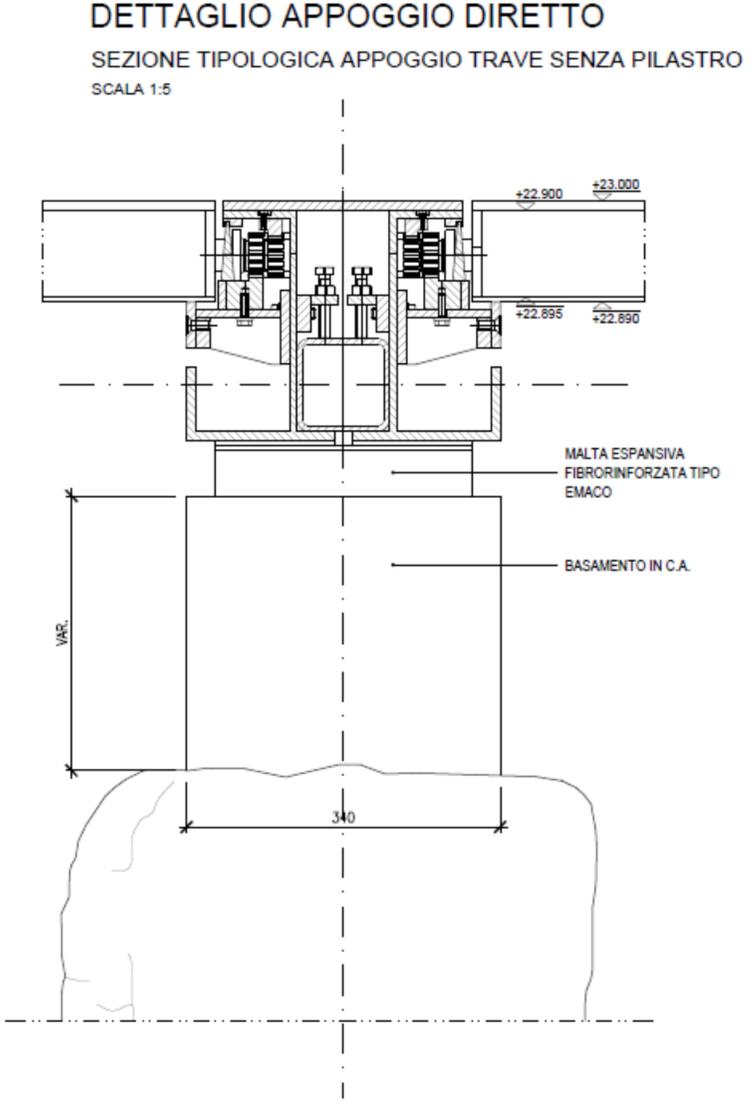
Schizzo - schema statico



Sezione A-A nord - sud

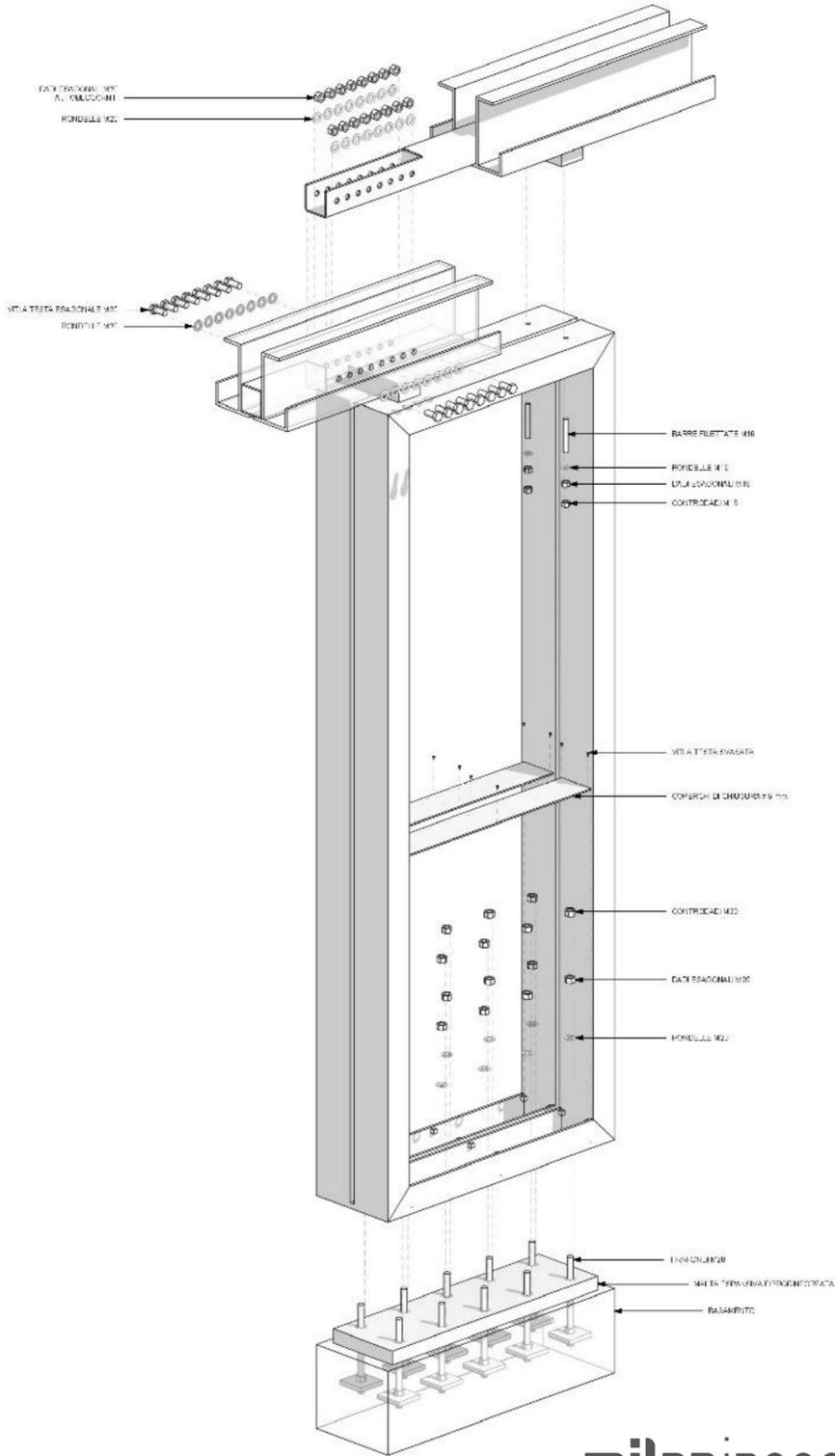
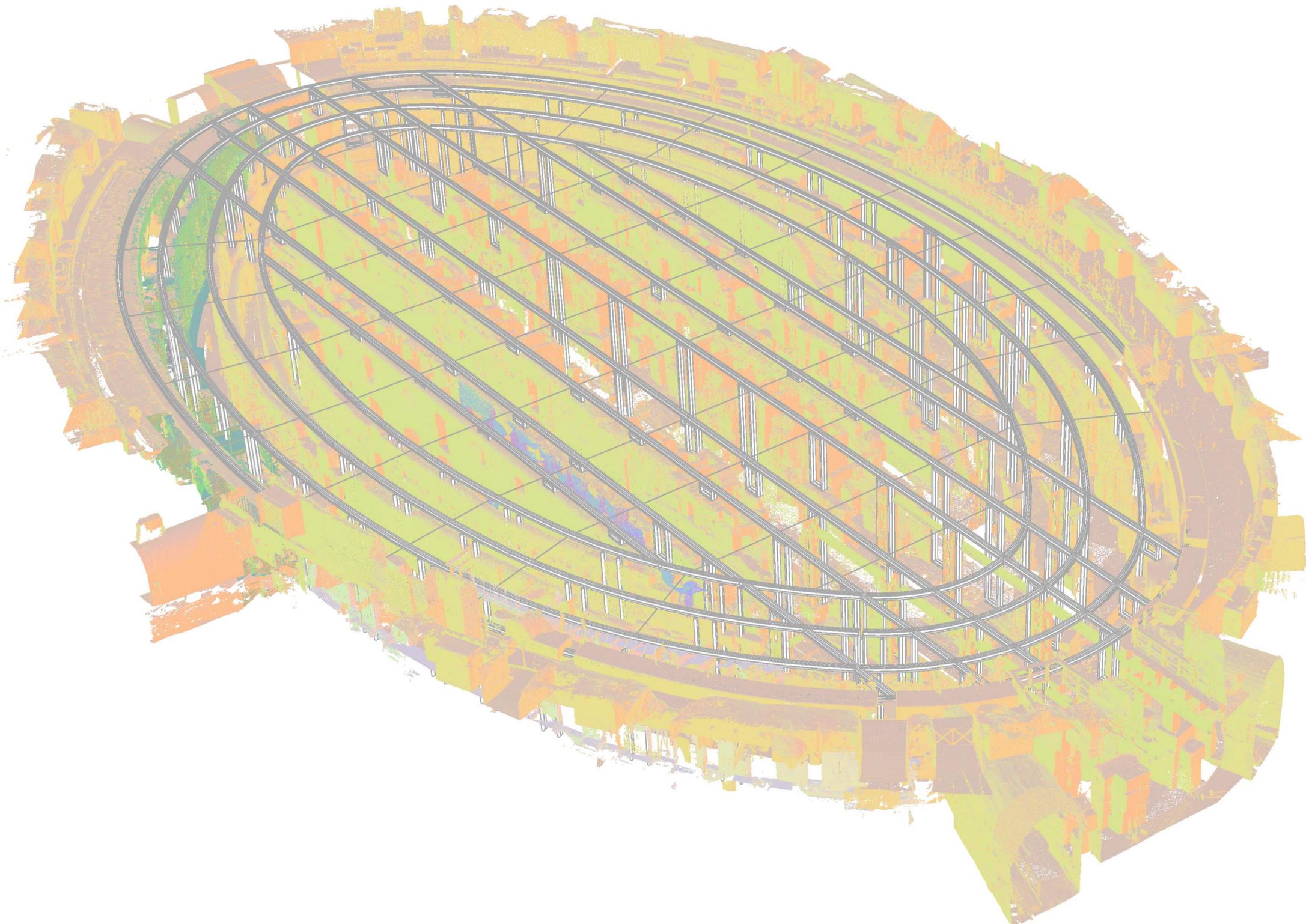
NUOVO PIANO DELL'ARENA

PROGETTO DELLE STRUTTURE



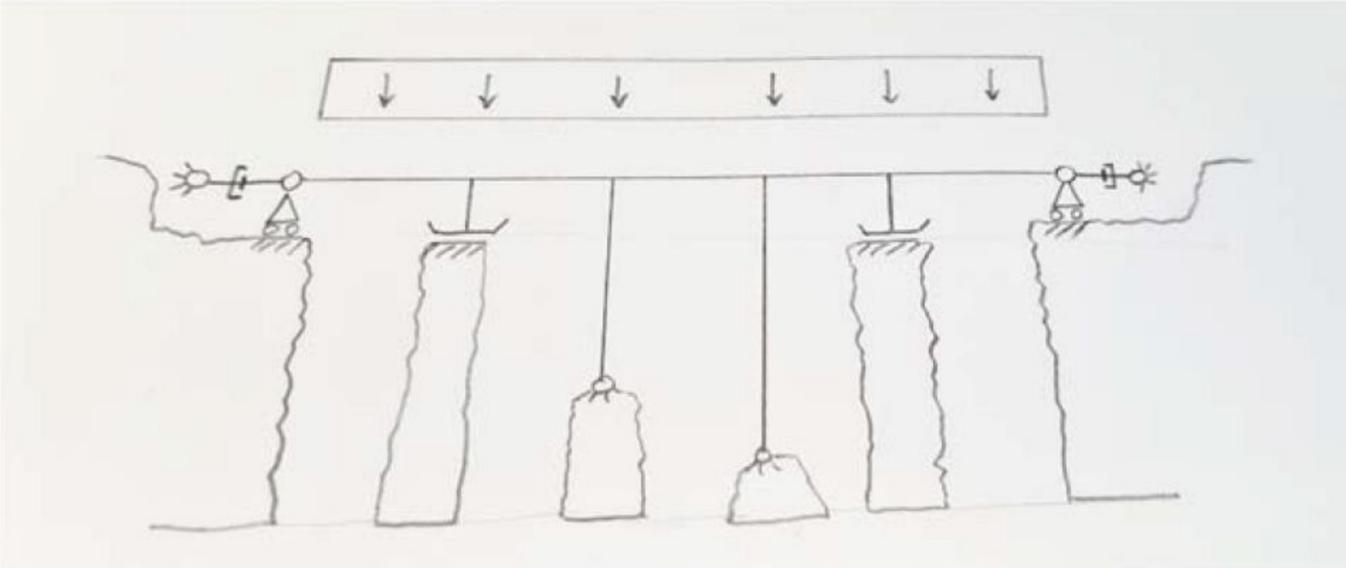
NUOVO PIANO DELL'ARENA

PROGETTO DELLE STRUTTURE

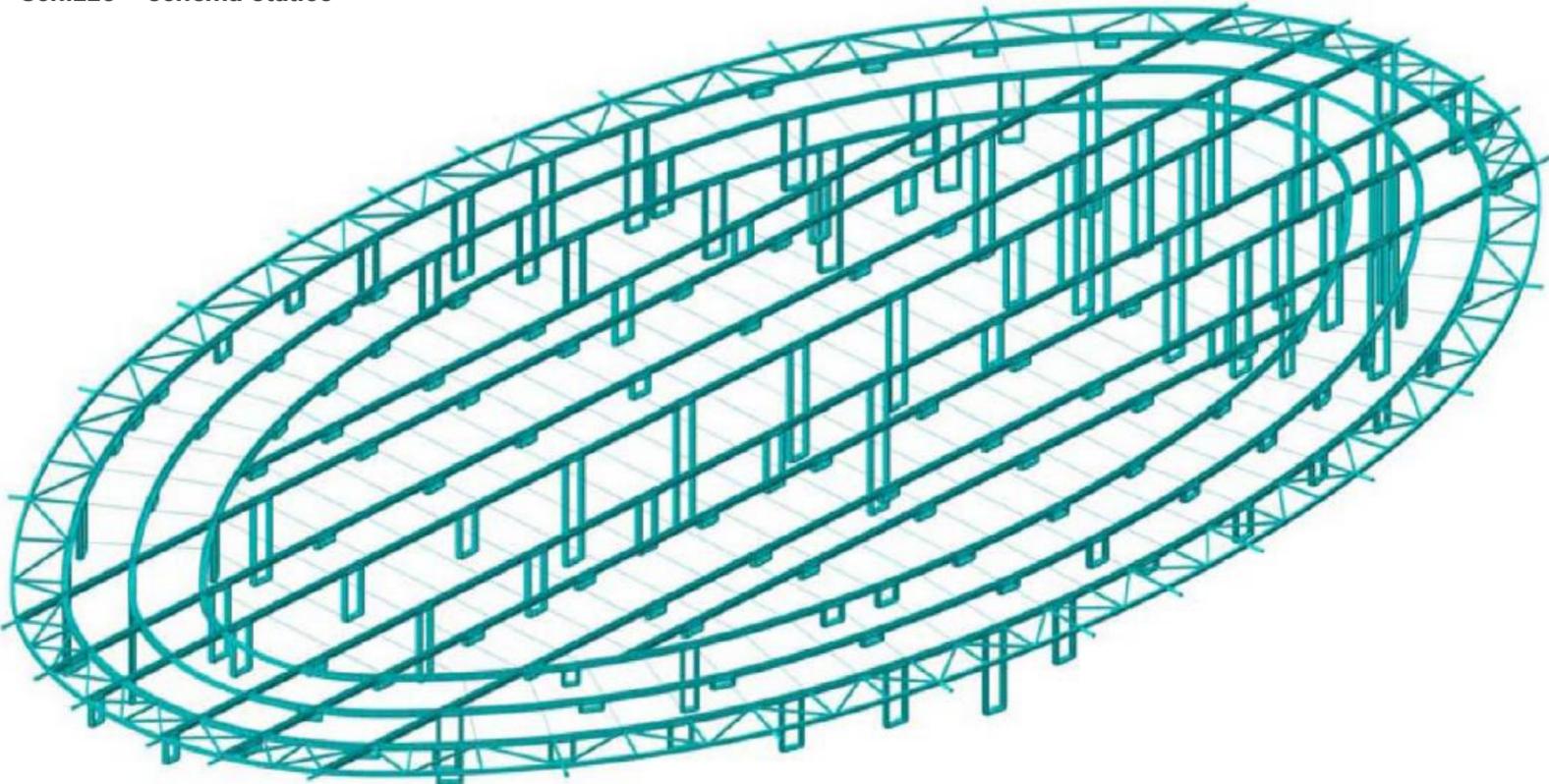


NUOVO PIANO DELL'ARENA

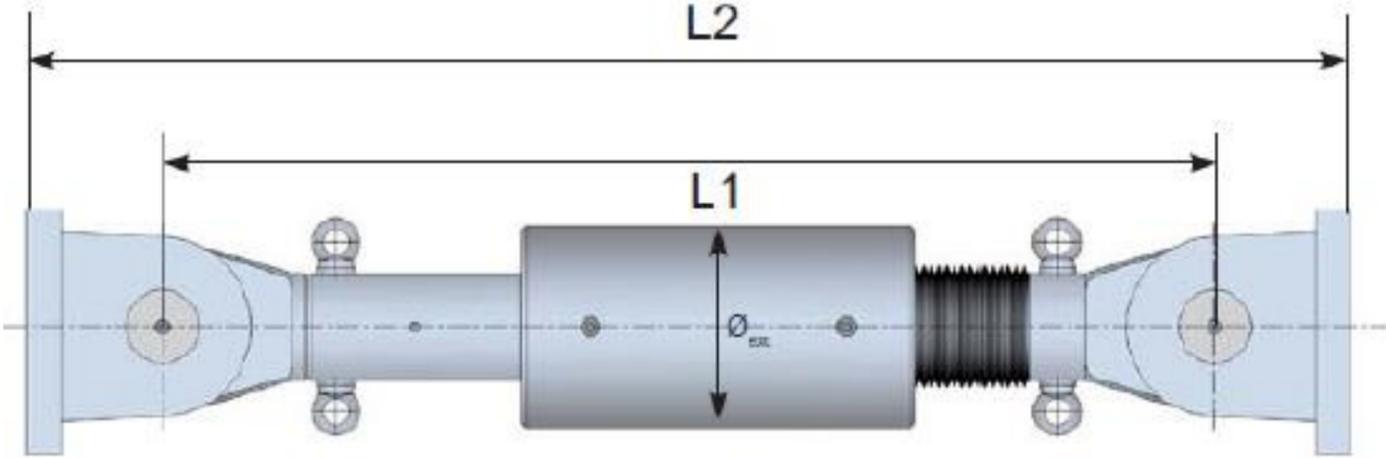
PROGETTO DELLE STRUTTURE



Schizzo - schema statico

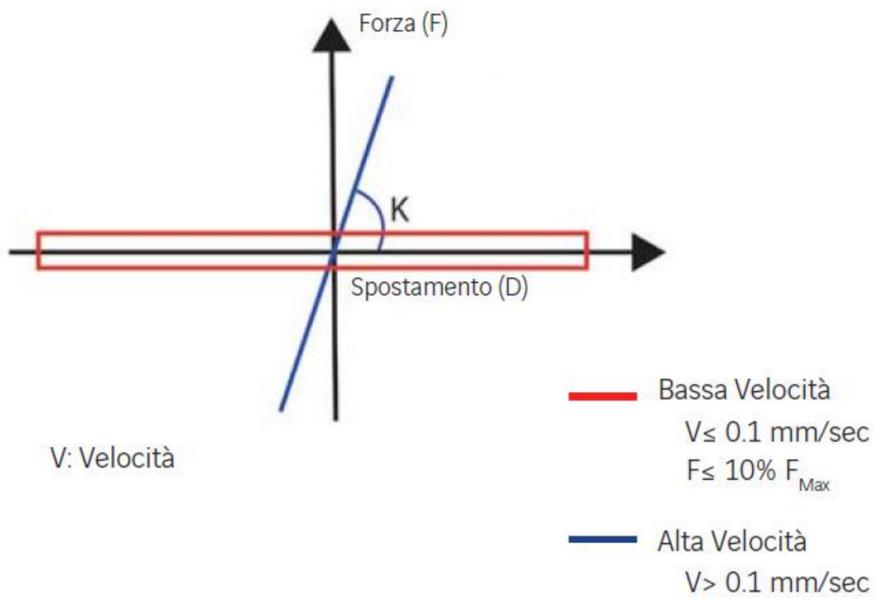


Modello ad elementi finiti delle carpenterie metalliche del piano dell'arena



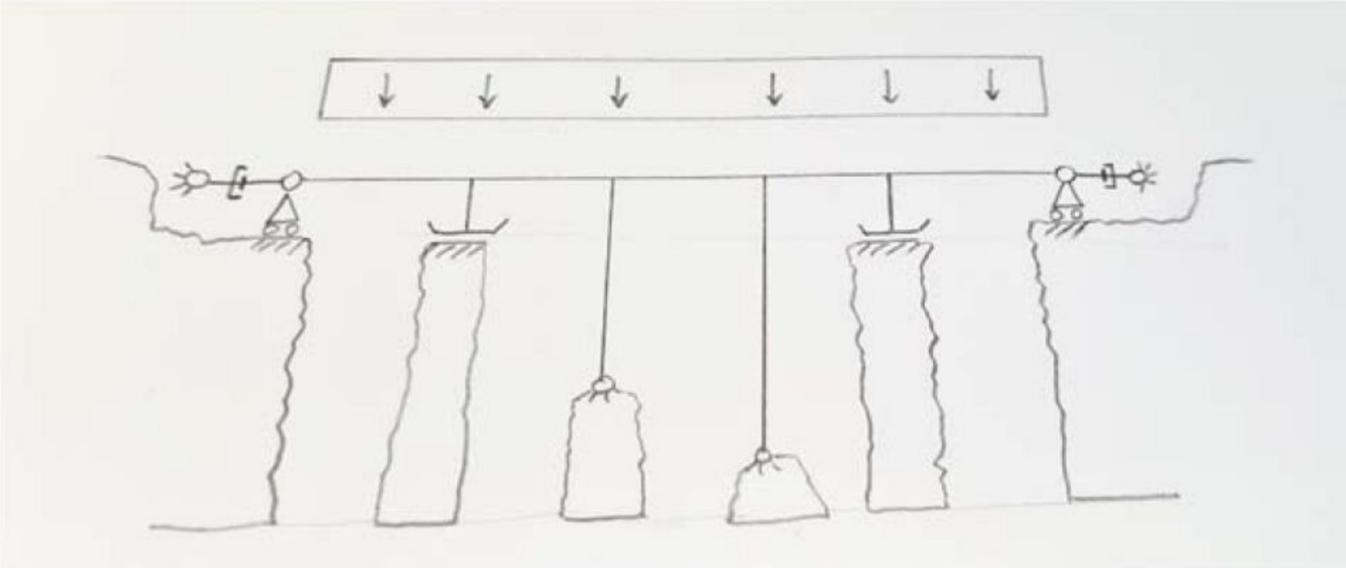
Legge di comportamento

La legge di comportamento dell'ISOSIMS STU
Dipende dalla velocità di applicazione della forza

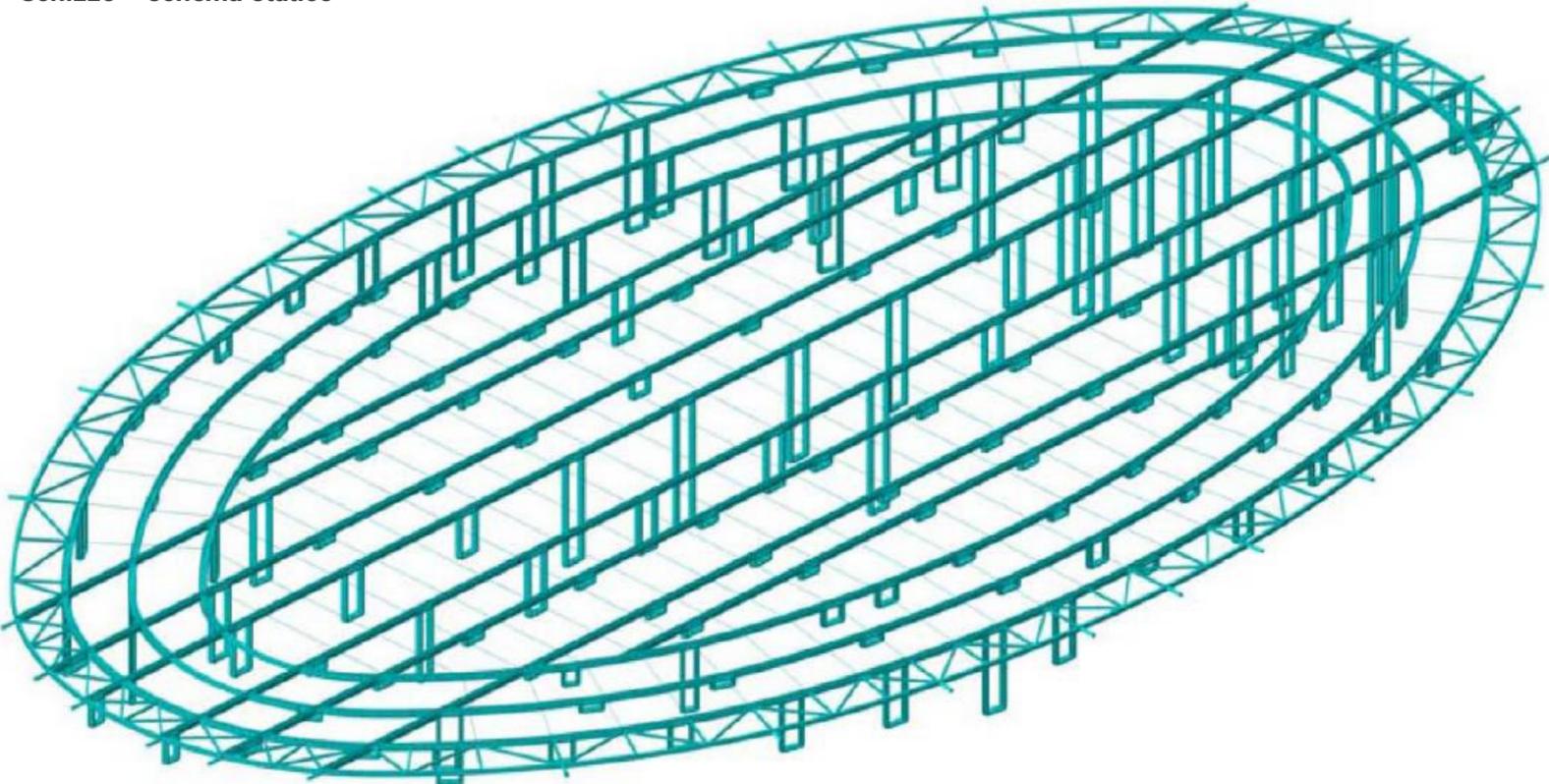


NUOVO PIANO DELL'ARENA

PROGETTO DELLE STRUTTURE



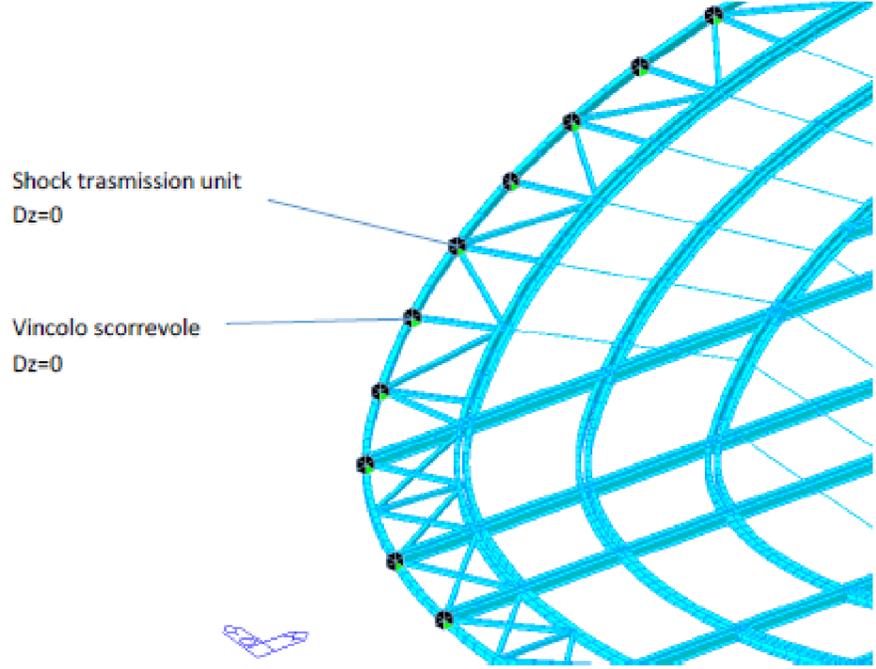
Schizzo - schema statico



Modello ad elementi finiti delle carpenterie metalliche del piano dell'arena

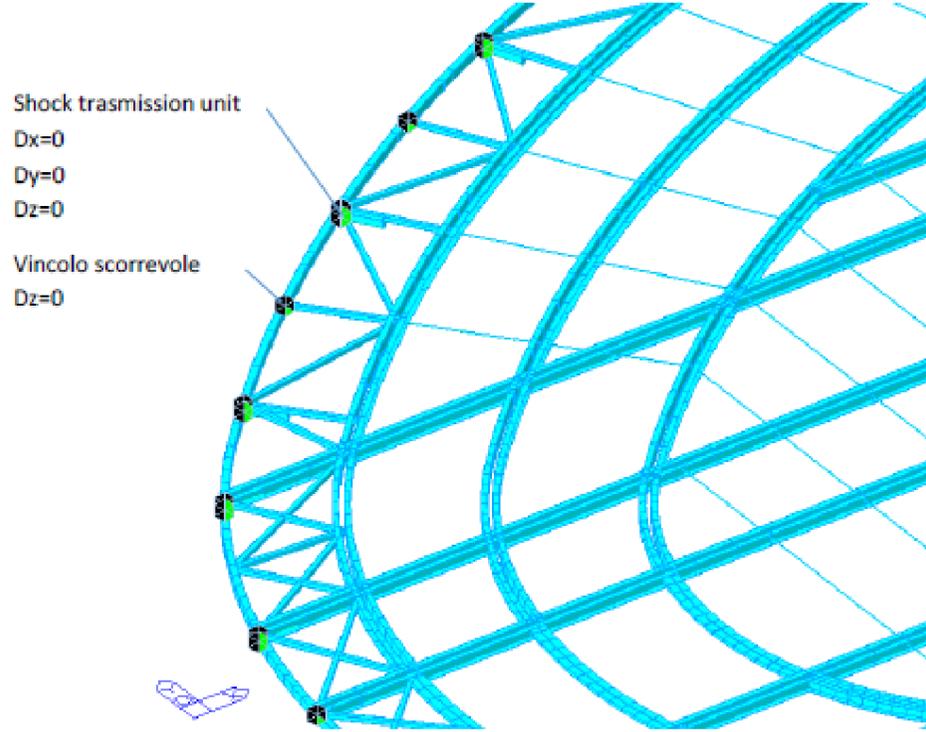
Modello 1 - Modello statico SLU

Il modello è svincolato al perimetro simulando il reale comportamento dello shock transmission unit per i movimenti lenti. Le bielle perimetrali sono connesse a terra con un carrello.



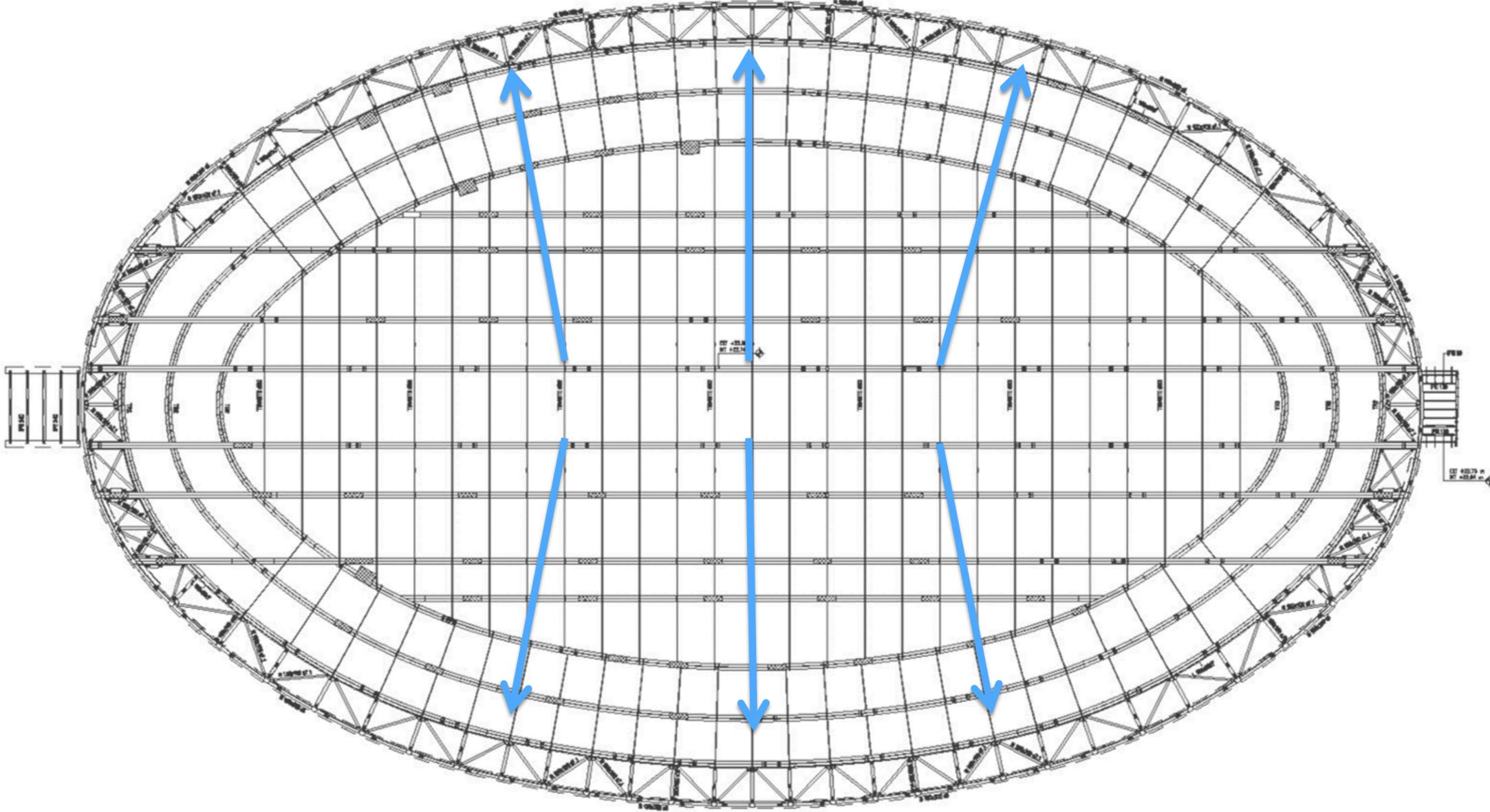
Modello 2 - Modello statico SLV

Il modello sismico è vincolato al perimetro, simula il blocco degli shock transmission unit. Le bielle perimetrali sono connesse a terra con una cerniera.

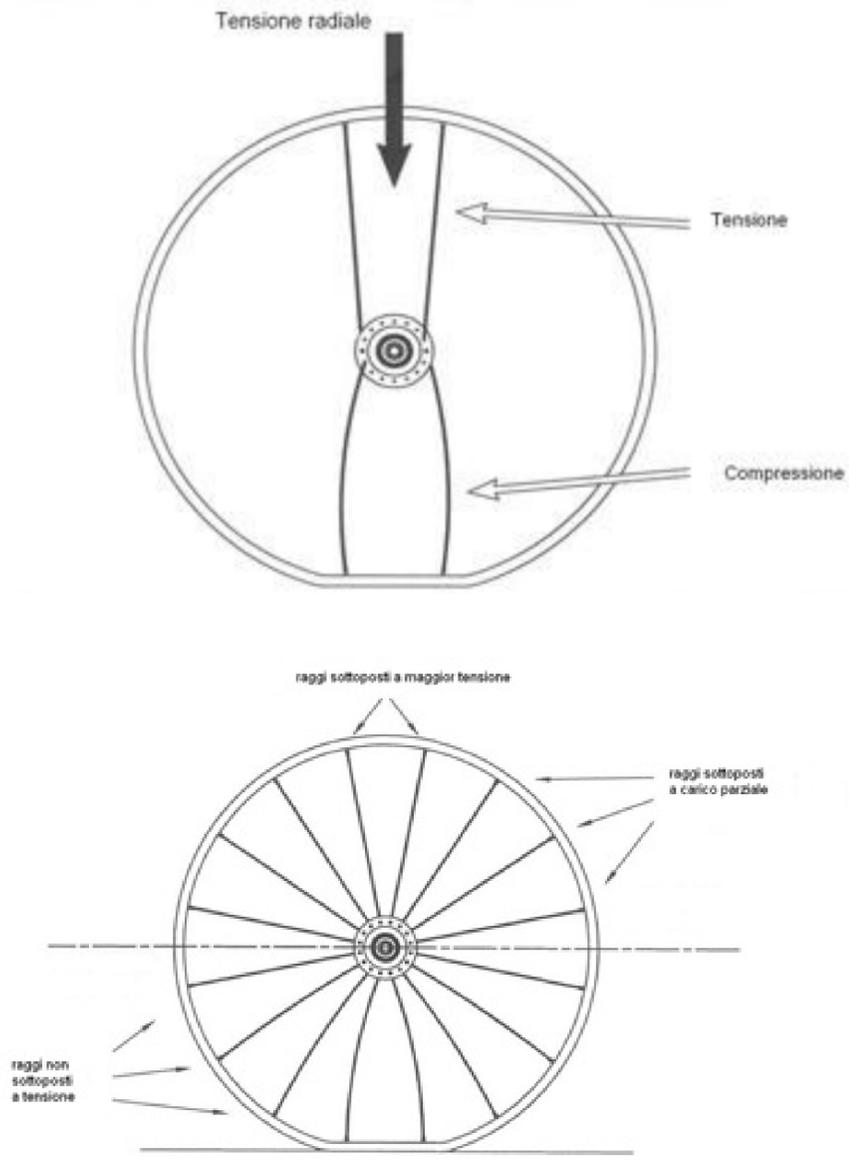


NUOVO PIANO DELL'ARENA

PROGETTO DELLE STRUTTURE



Pianta impalcato piano terra









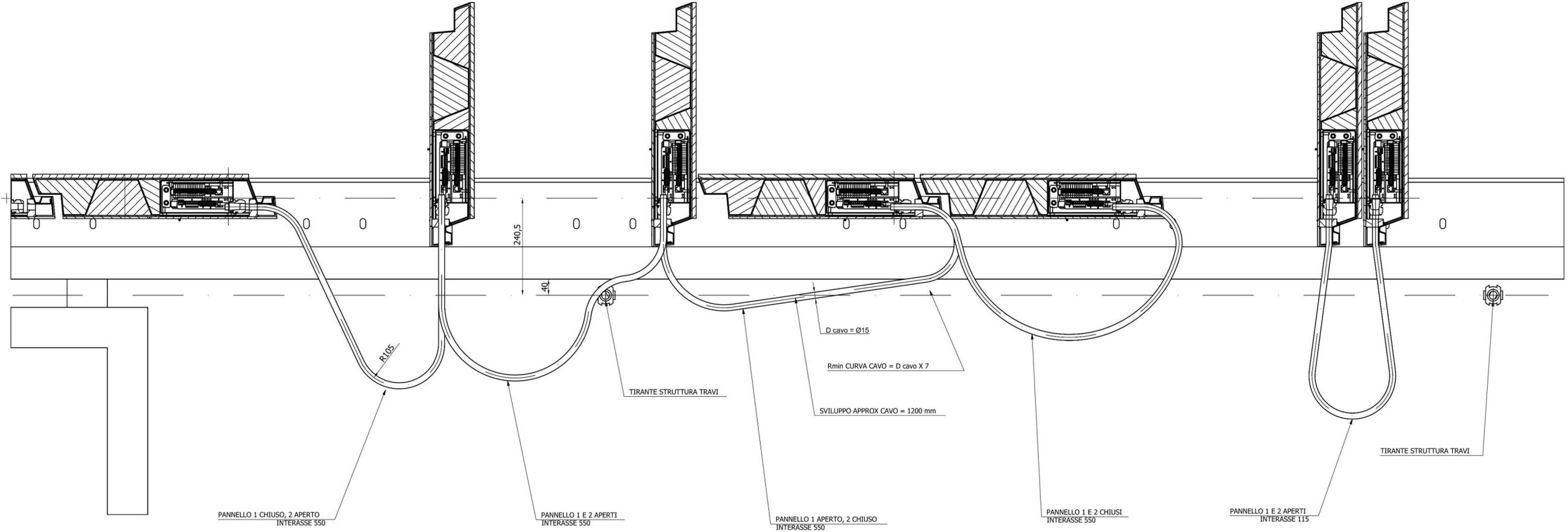
NUOVO PIANO DELL'ARENA

PROGETTO DELLE STRUTTURE



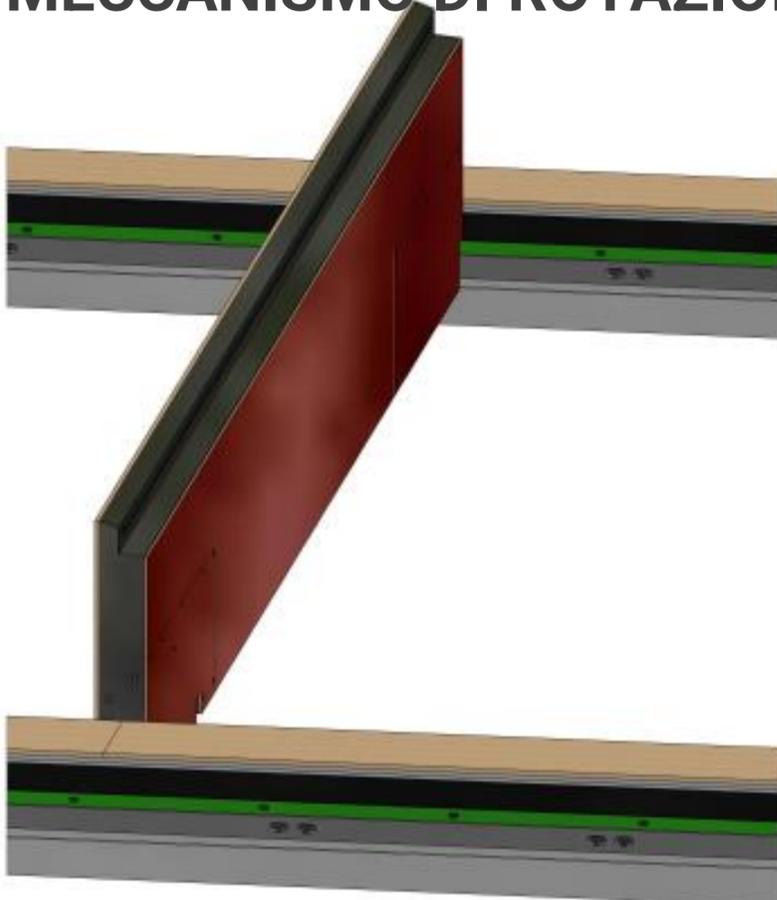
NUOVO PIANO DELL'ARENA

MECCANISMO DI ROTAZIONE

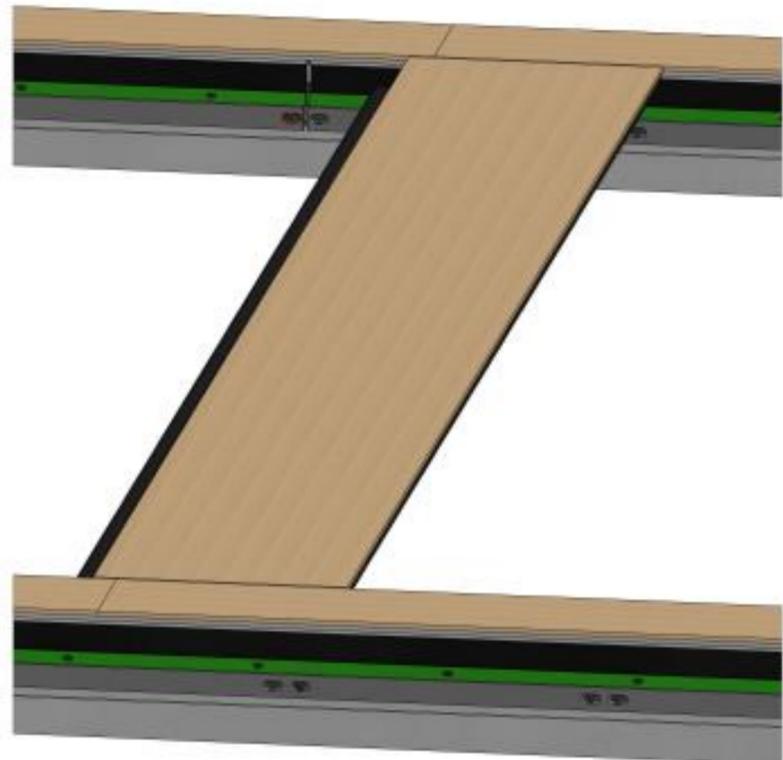


NUOVO PIANO DELL'ARENA

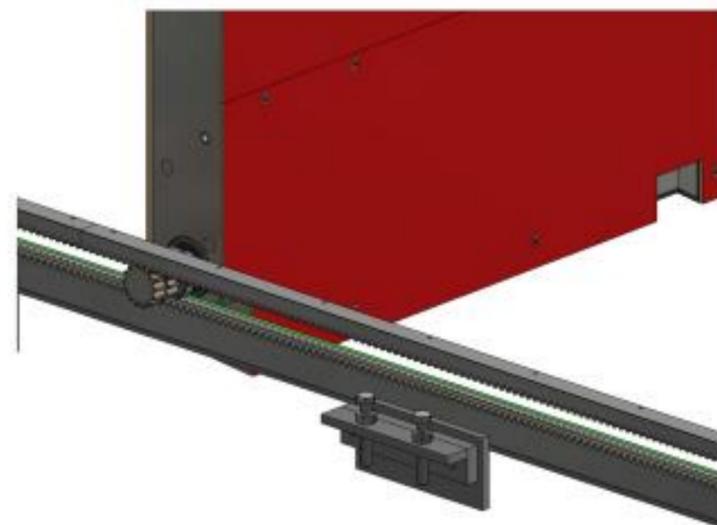
MECCANISMO DI ROTAZIONE



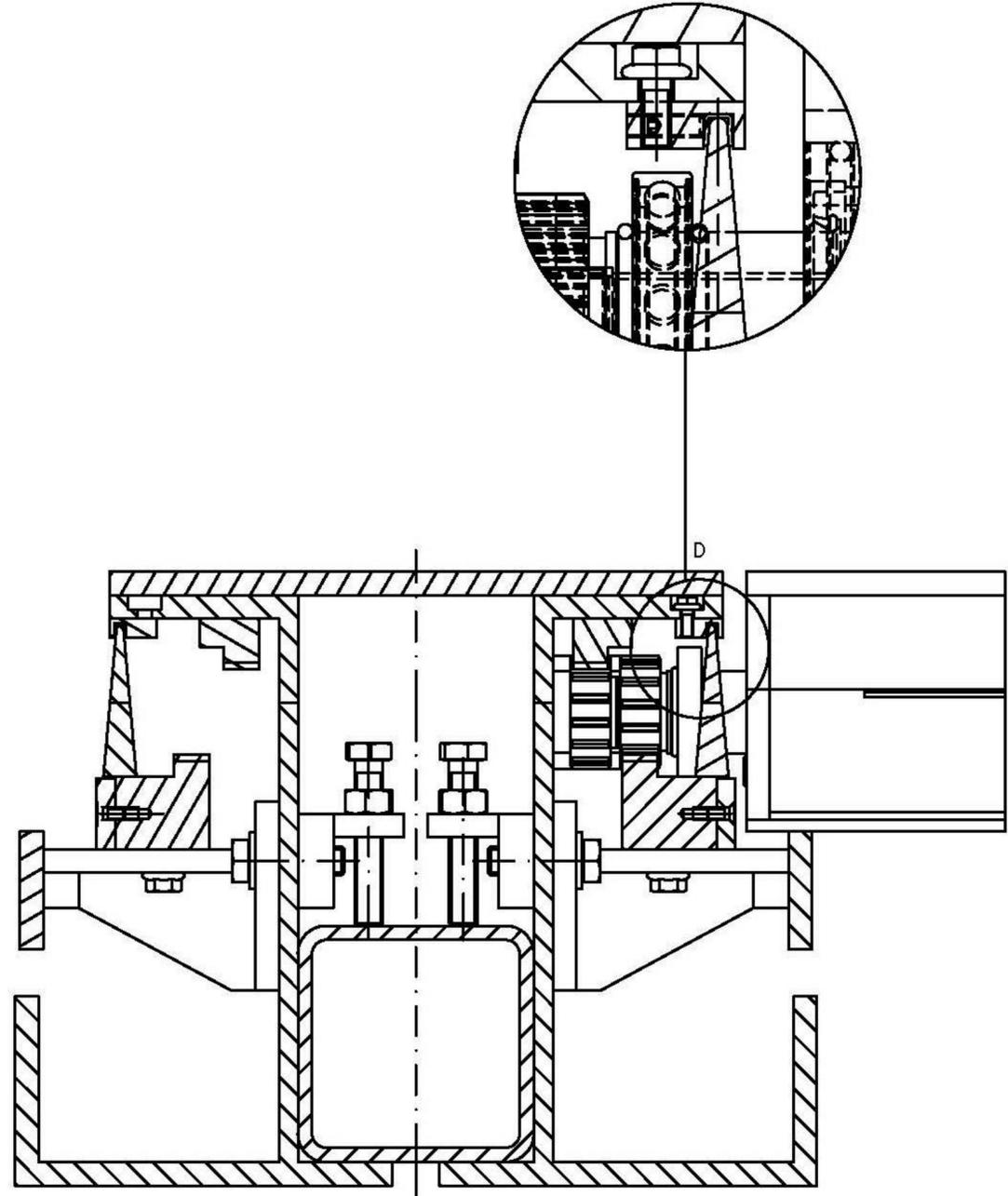
Pannello aperto



Pannello chiuso

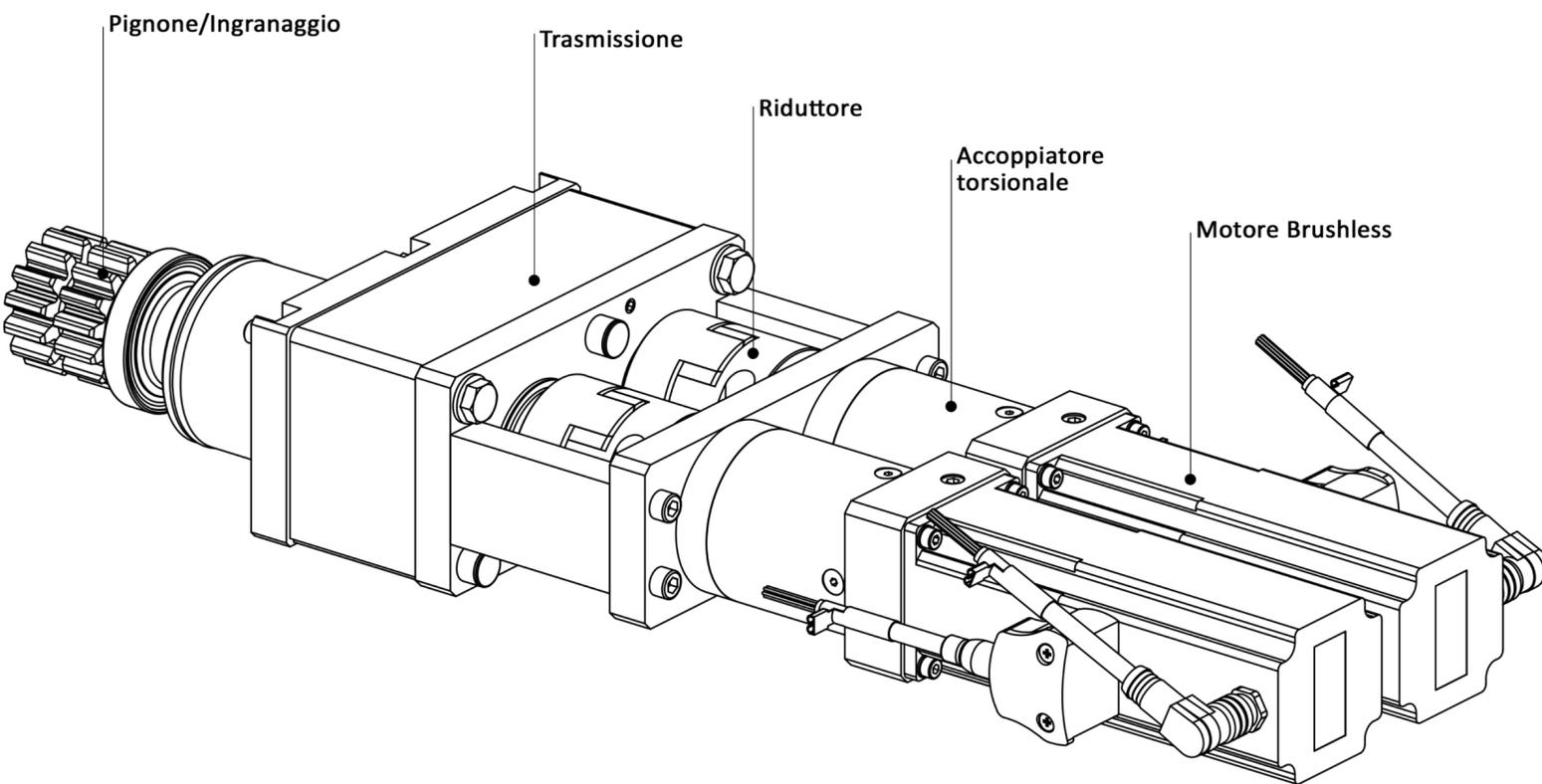
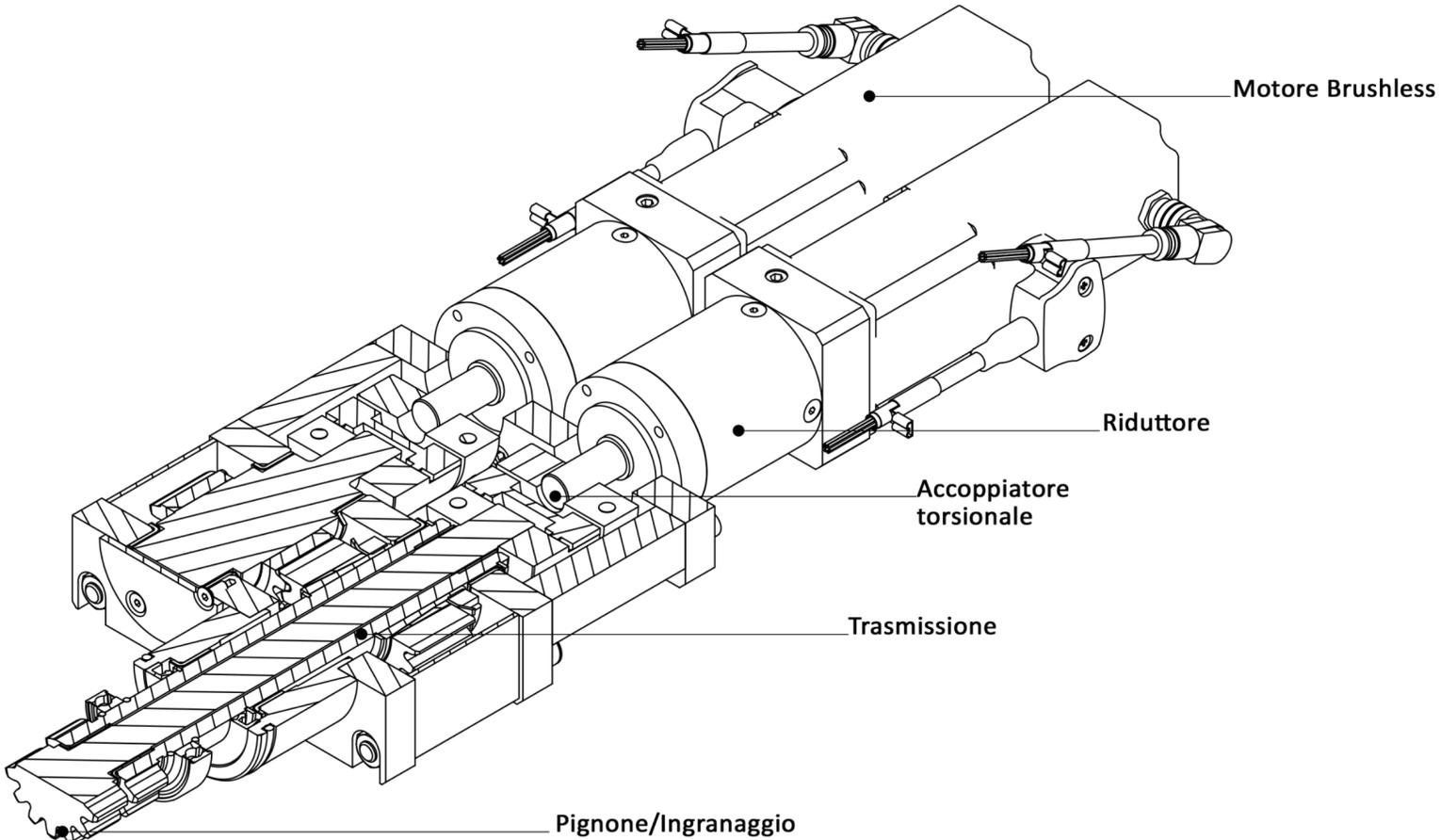
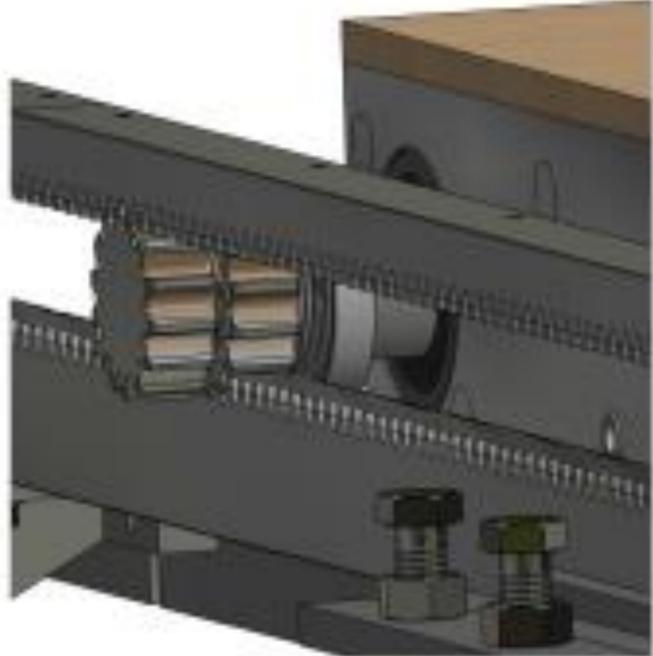
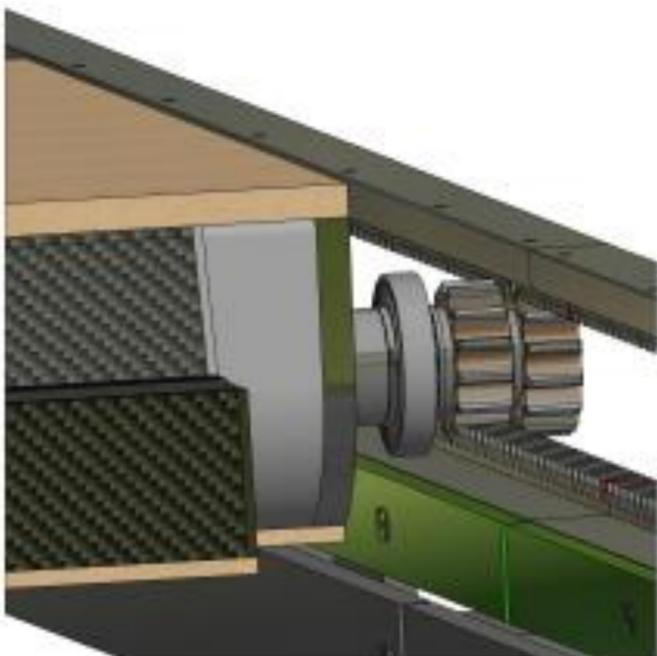


Dettagli corridoio ingranaggi e cremagliere con trave nascosta



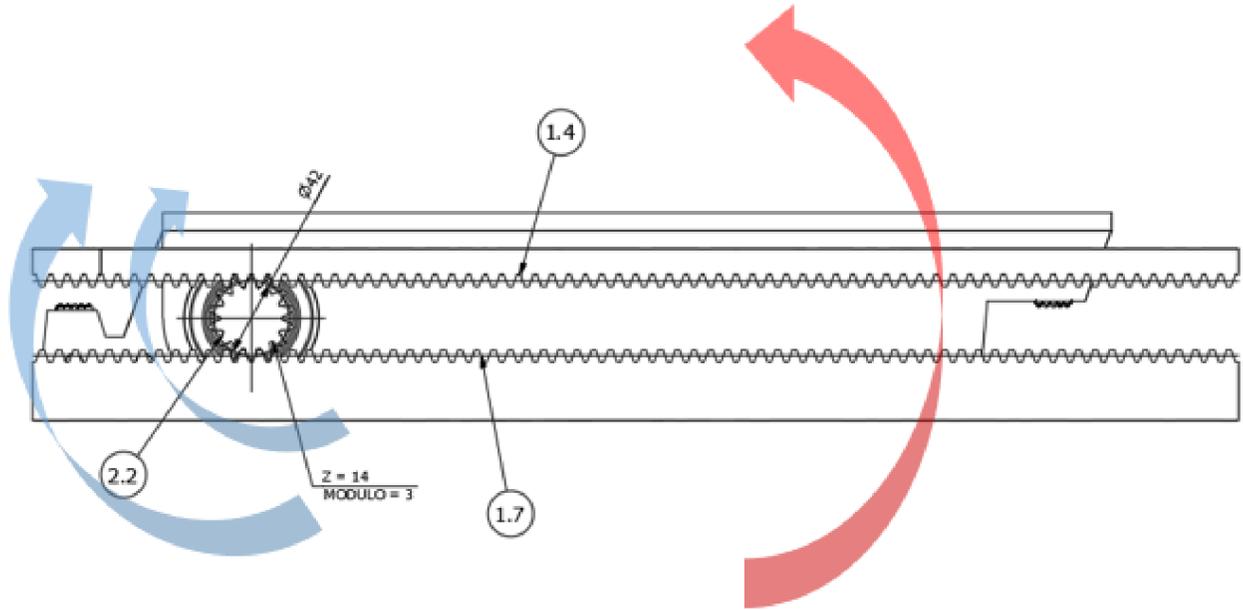
NUOVO PIANO DELL'ARENA

MECCANISMO DI ROTAZIONE

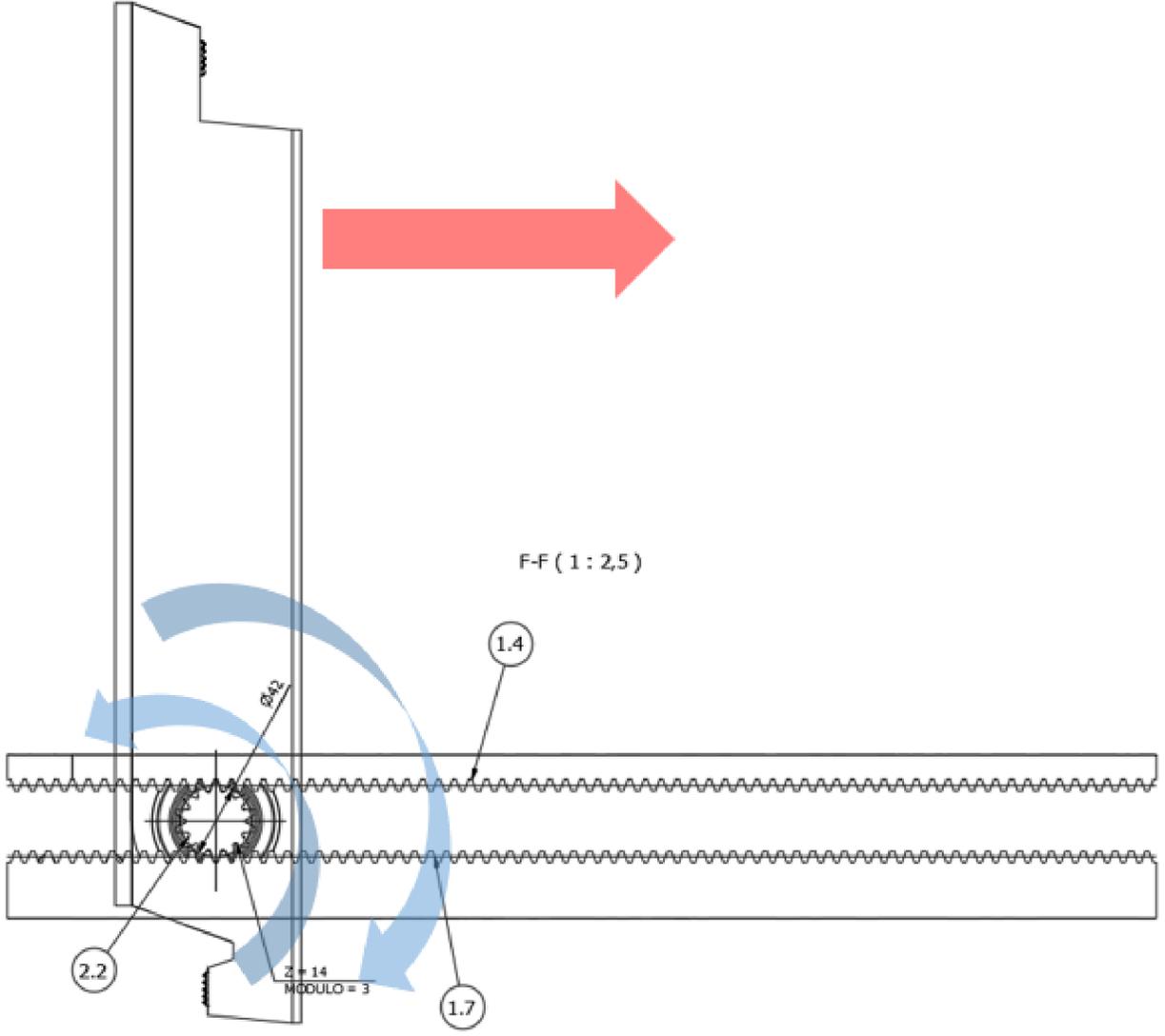


NUOVO PIANO DELL'ARENA

MECCANISMO DI ROTAZIONE



Cinematismo di rotazione



Cinematismo di traslazione

NUOVO PIANO DELL'ARENA

PROGETTO DELLE STRUTTURE





SEISMIC ACADEMY

Think smart, build safe

5 luglio 2022

milan ingegneria

IL NUOVO PIANO ARENA DEL COLOSSEO

Ing. Massimiliano Milan

