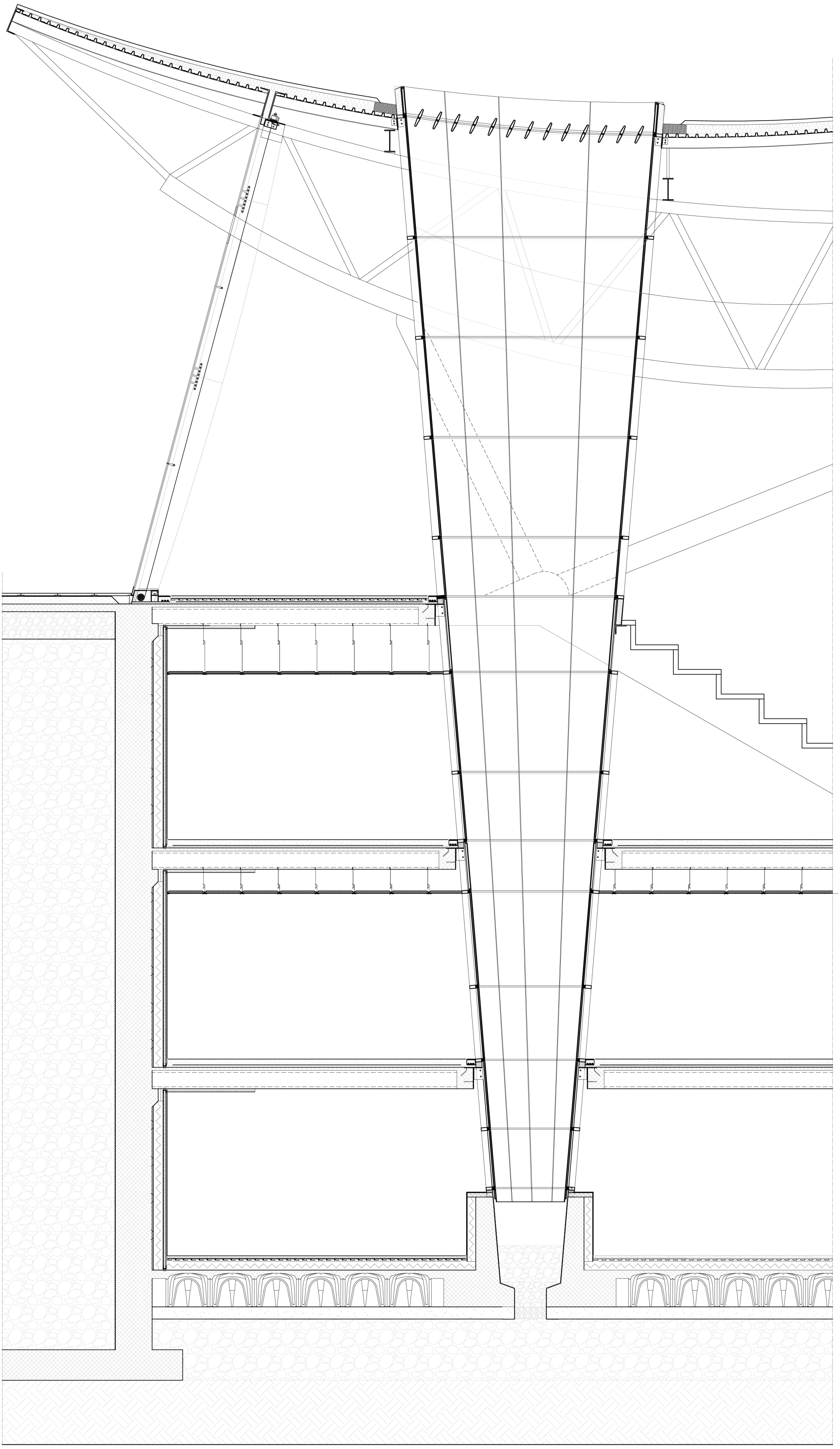
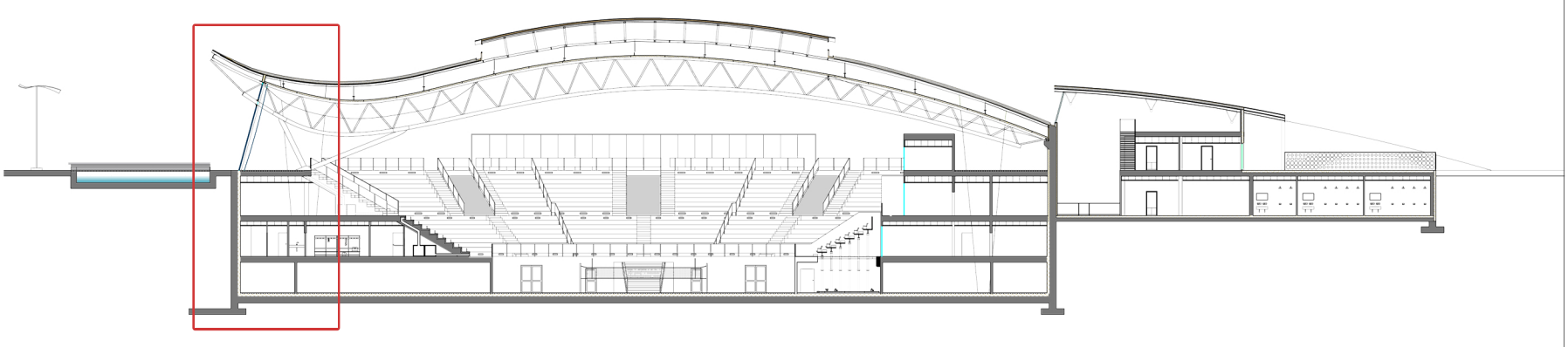




Politecnico di Milano

Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura

Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna

Relatore: Ing.Gabriele Masera

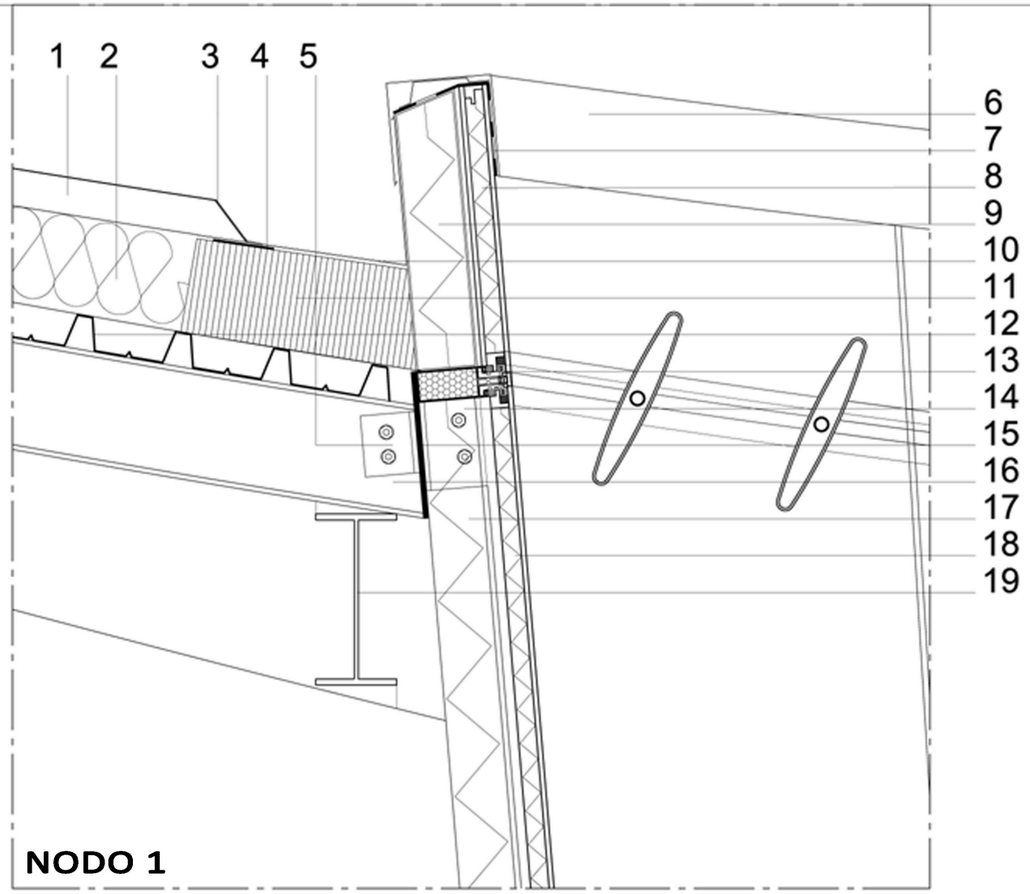
Tesi di Laurea:

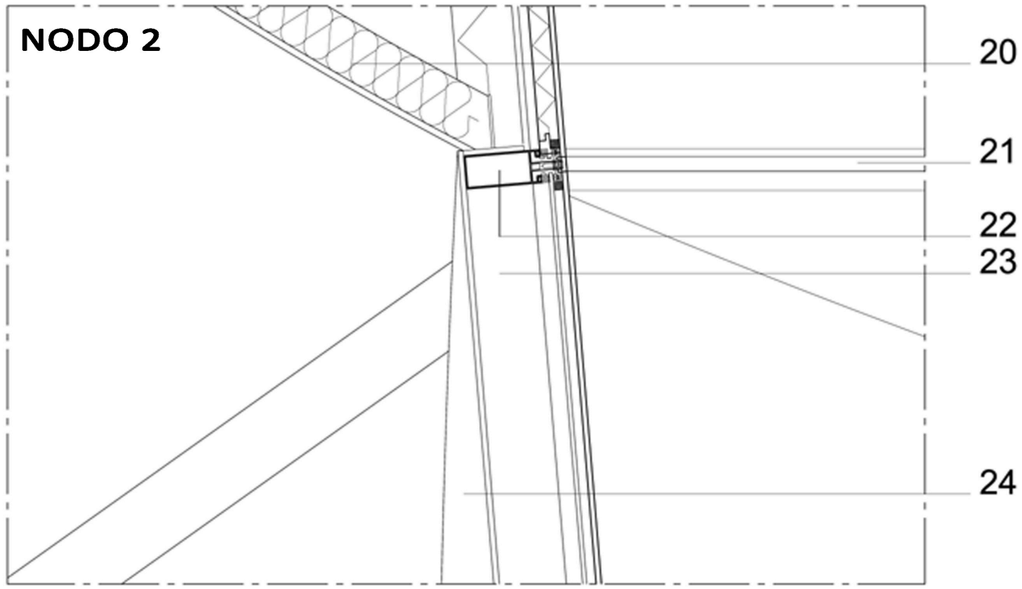
PalaVeil

Titolo: Sezione foro

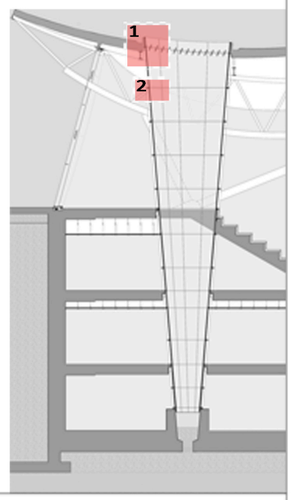
Scala: 1:50

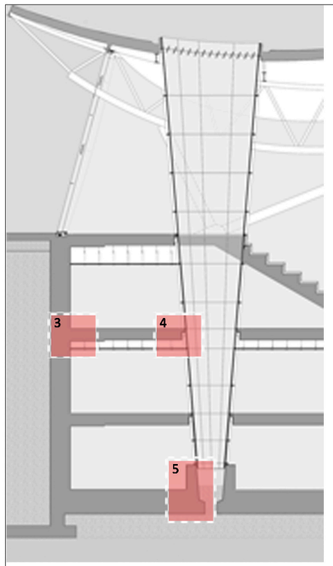
TAV. 13

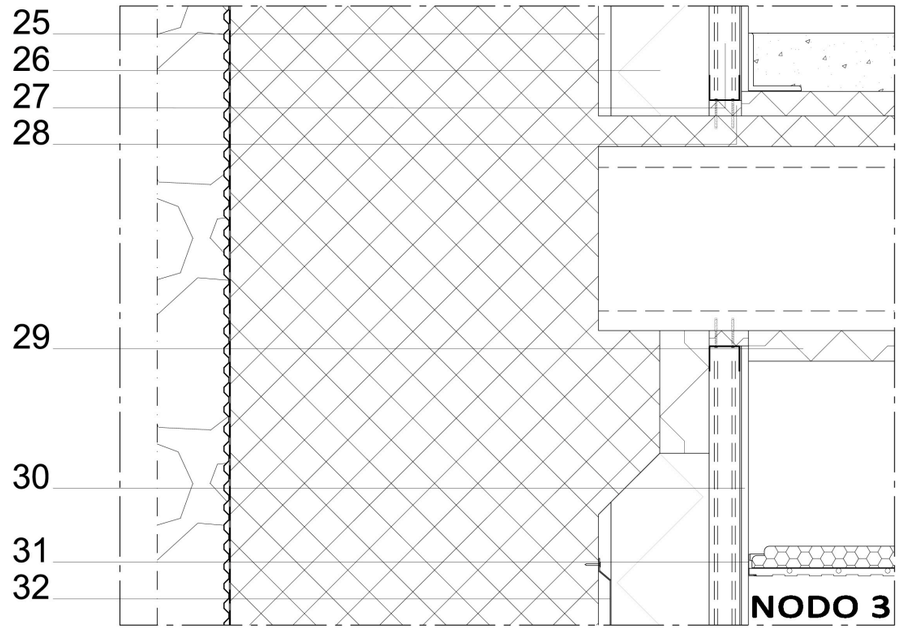


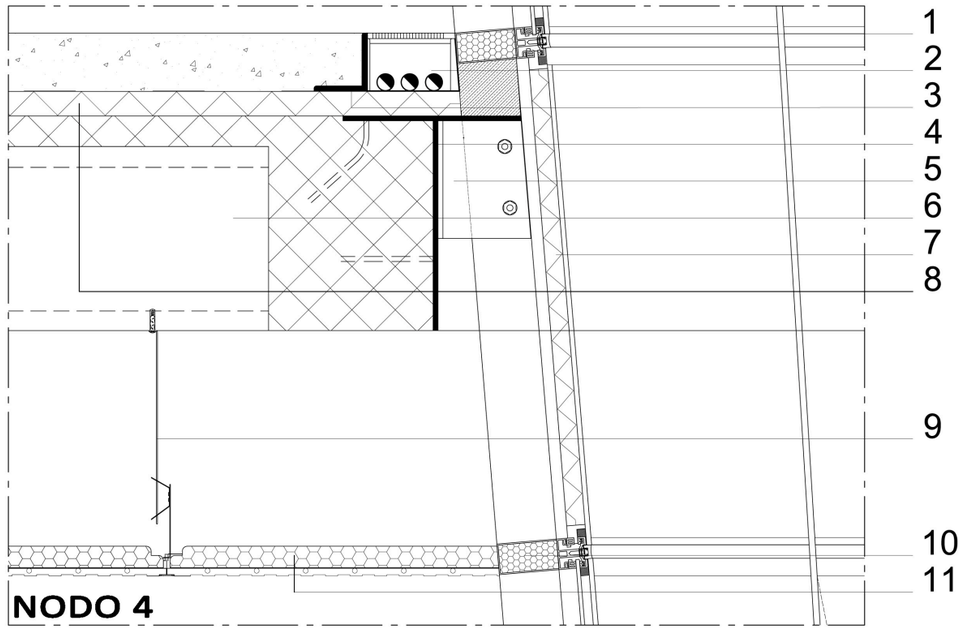


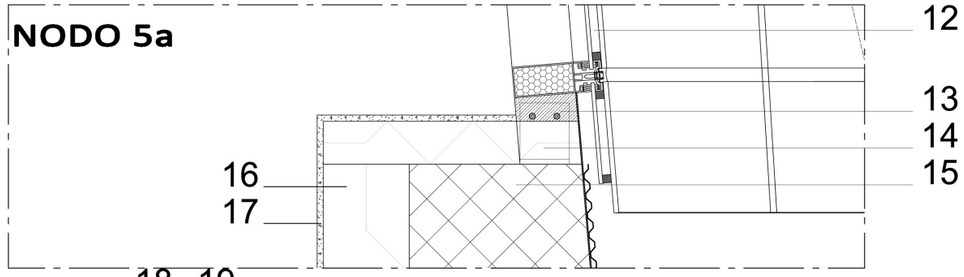
1. Rivestimento esterno in pannelli profilati in alluminio con superficie goffrata a stucco, larghezza pannelli 429 mm, hMAX=50mm, tipo Kalzip;
2. Feltro in lana di roccia a bassa densità, rivestito su un lato da un foglio di carta kraft politenata con funzione di freno vapore, λ= 0,042 W/(mK), sp.MAX=16 cm, tipo Rockwool;
3. Giunto saldato di chiusura della lamiera in alluminio di rivestimento della copertura;
4. Base per la saldatura;
5. Blocco di isolante rigido per chiusura solaio;
6. Scossalina metallica, sp. 0.12 mm;
7. Guaina impermeabilizzante di protezione dell'intercapedine tra i pannelli sottostanti, sp. 3 mm;
8. Pannello sandwich isolante composto da doppio pannello in poliuretano espanso estruso rivestito di legno su entrambi i lati, sp. 10+40+10 mm;
9. Pannello di poliuretano espanso estruso rivestito con scossalina in alluminio;
10. Scossalina in alluminio di protezione, sp. 0.12 mm;
11. Isolante termico rigido
12. Pannello composto da strato di isolante in lana di roccia rivestito con pannello in legno di larice, sp. 100+10 mm;
13. Trave a traliccio formata da correnti superiori con Ø= 300 mm, correnti inferiori con Ø=200 mm e traversi con Ø=100 mm;
14. Profilo a L in acciaio imbulonatura per fissaggio del montante strutturale al solaio
15. Piastra in acciaio di chiusura del solaio, sp. 8 mm;
16. Trave in acciaio secondaria superiore, IPE 180;
17. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 100mm, λ = 0,026 W/(mK);
18. Pannello sandwich isolante composto da doppio pannello in poliuretano espanso estruso rivestito di legno su entrambi i lati, sp. 10+40+10 mm;
19. Trave in acciaio secondaria inferiore, IPE 260;
20. Pannello composto da strato di isolante in lana di roccia rivestito con pannello in legno di larice, sp. 100+10 mm;
21. Giuntura siliconata tra due lastre di vetro;
22. Traverso del telaio strutturale della vetrata fissato ai montanti verticali;
23. Montante del telaio strutturale della vetrata;
24. Profilo a T a sezione variabile di irrigidimento del montante della vetrata;

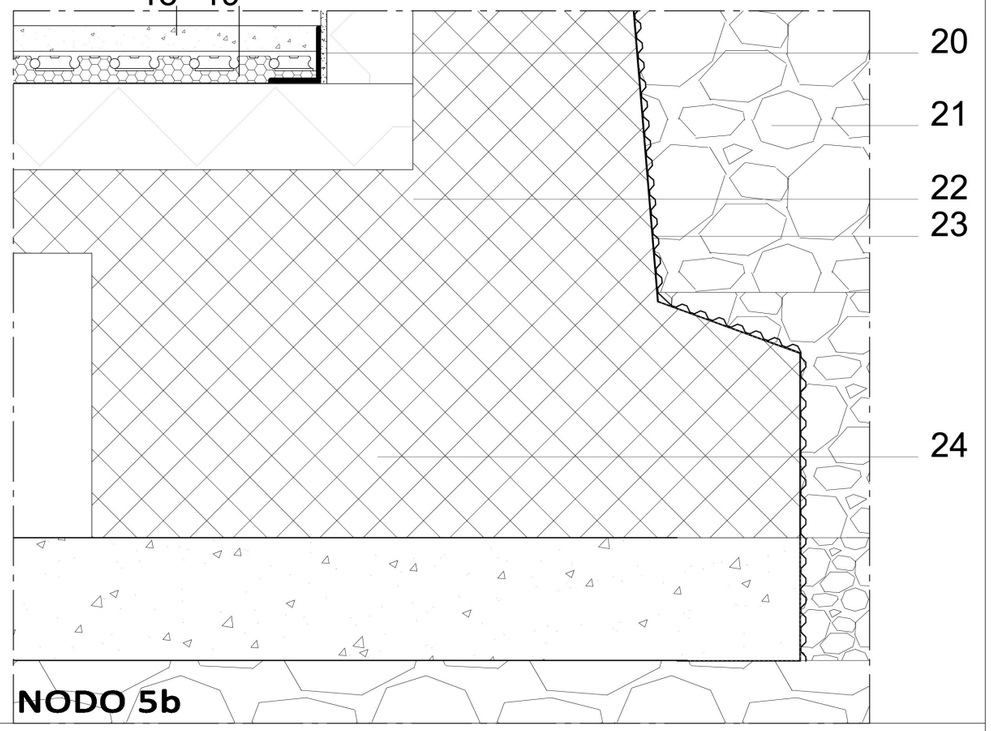




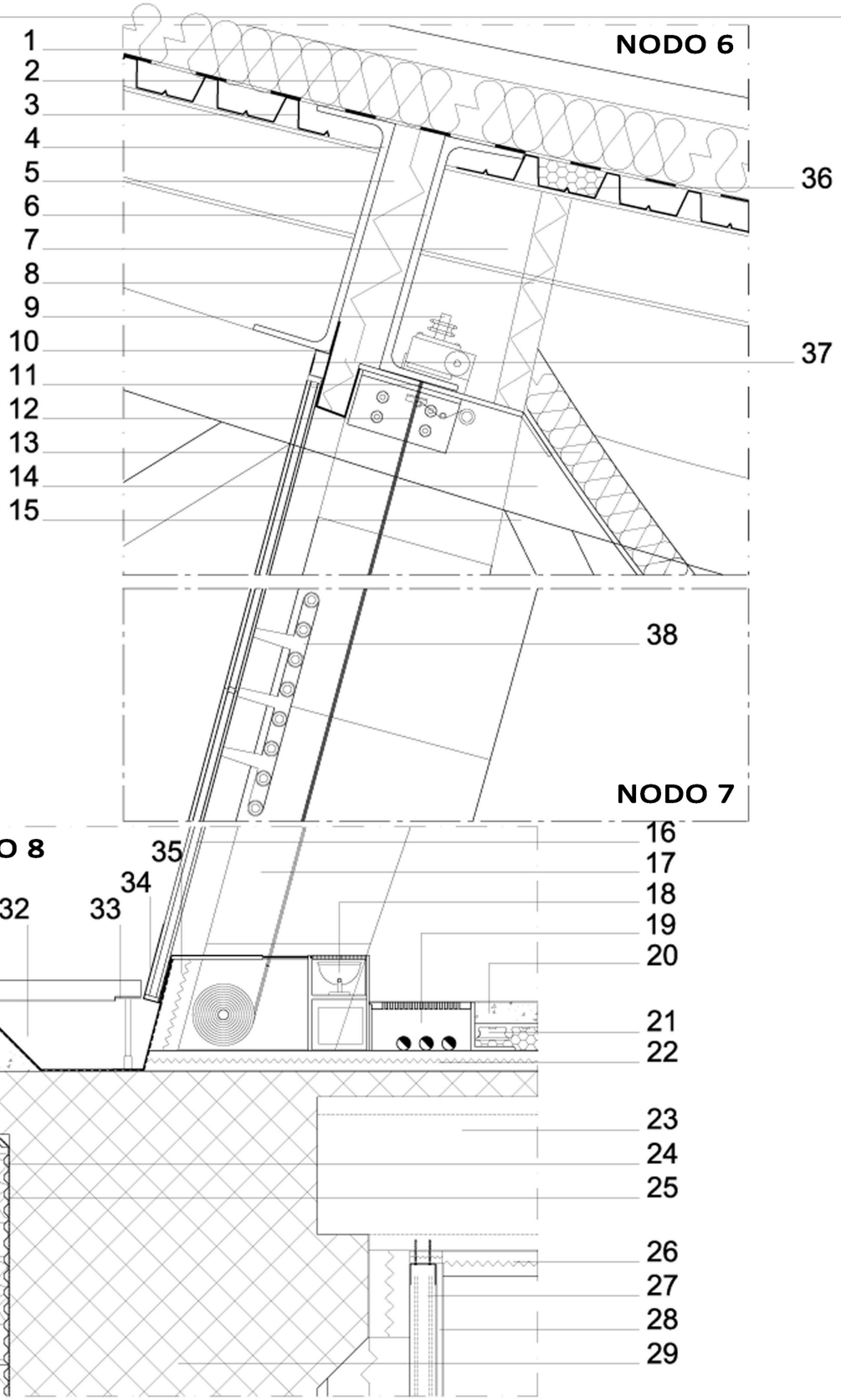




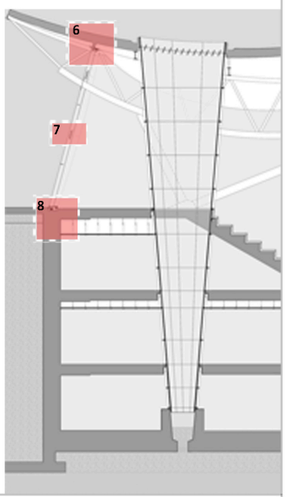


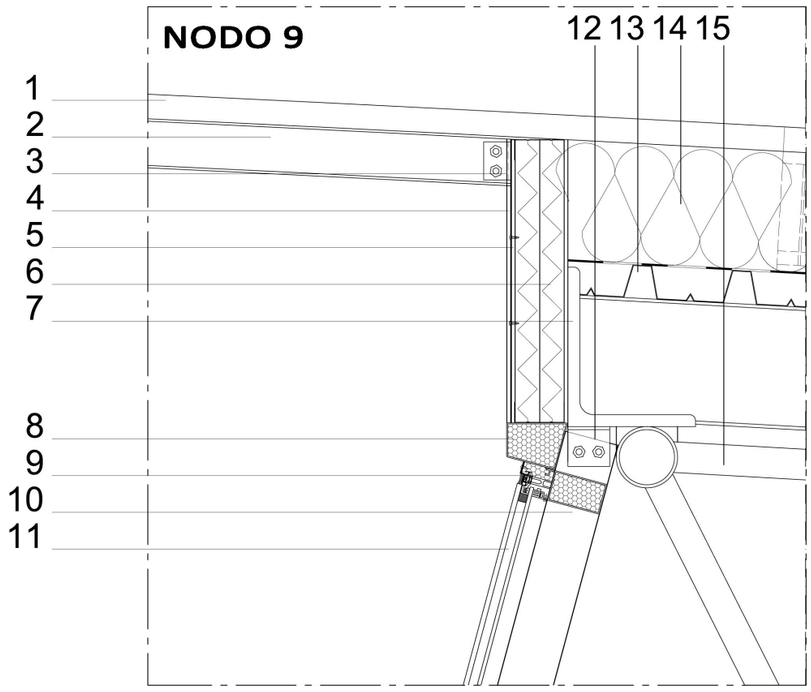


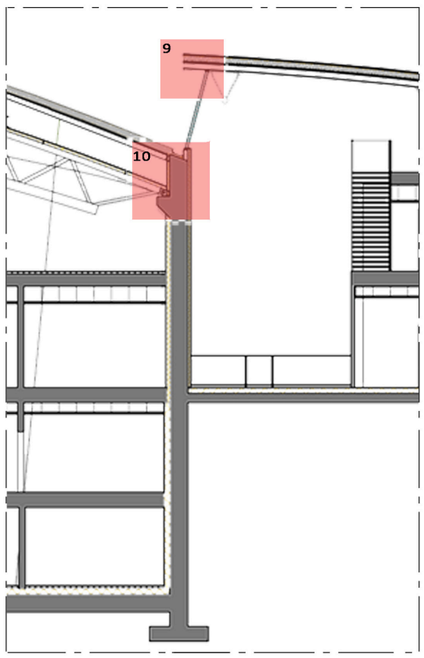
1. Traverso con serramento a tenuta termica della struttura vetrata;
2. Canalina per passaggio impianti elettrici;
3. Profilo a L di chiusura del getto di finitura della pavimentazione, dim 90x90 mm, sp. 0,8;
4. Piastre saldate di chiusura del getto di cls del solaio, sp. 0,8 mm;
5. Profilo a L per ancoraggio dei montanti al solaio, sp. 0,8 mm;
6. Solaio alveolare con getto di completamento, h = 30+5 cm;
7. Pannello sandwich composto da pannello rigido in poliuretano espanso estruso rivestito da lastra in vetro specchiato, sp. 4+0,8 cm;
8. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 4 cm;
9. Pendini per fissaggio del controsoffitto a pannelli acustici;
10. Traverso con serramento a tenuta termica della struttura vetrata;
11. Pannello fonoassorbente in MDF con finitura melamminica con integrato sistema di riscaldamento a soffitto, dim 60x60 cm, sp. 4,85 cm;
12. Vetrocamera con intercapedina in argon, sp. 8+14+6 mm;
13. Blocco di isolante rigido per tamponamento intercapedine tra montante e isolante sottostante;
14. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 7 cm;
15. Muro in c.a.;
16. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso incollato al muro in c.a., sp. 14 cm;
17. Finitura in intonaco, sp. 1,5 cm;
18. Massetto in c.a. alleggerito, sp. 4 cm ;
19. Sistema di riscaldamento a pavimento a basso spessore con cassette per passaggio canaline prefabbricate;
20. Profilo a L, dim 90x90, sp. 0,8;
21. Ghiaia filtrante di riempimento;
22. Membrana impermeabilizzante, sp. 8 mm;
23. Guaina bugnata di protezione della membrana impermeabilizzante, sp. 2cm;
24. Magrone, sp. 20cm;
25. Intercapedine d'aria, sp. 2 cm;
26. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso con fissaggio meccanico, sp. 16 cm;
27. Sistema di montanti e traversi in alluminio, sp.0,6 mm, dim 5x5 cm, per fissaggio del rivestimento in lastre di cartongesso, sp. 1,25 cm;
28. Pannelli isolante in poliuretano espanso estruso compresso per riduzione del ponte termico, sp. 2,5 cm;
29. Pannelli isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 4 cm;
30. Lastra di rivestimento in cartongesso, sp. 1,25 cm;
31. Profilo per fissaggio del pannello di controsoffitto alla controparete in cartongesso;
32. Profilo metallico di ancoraggio del pannello isolante.

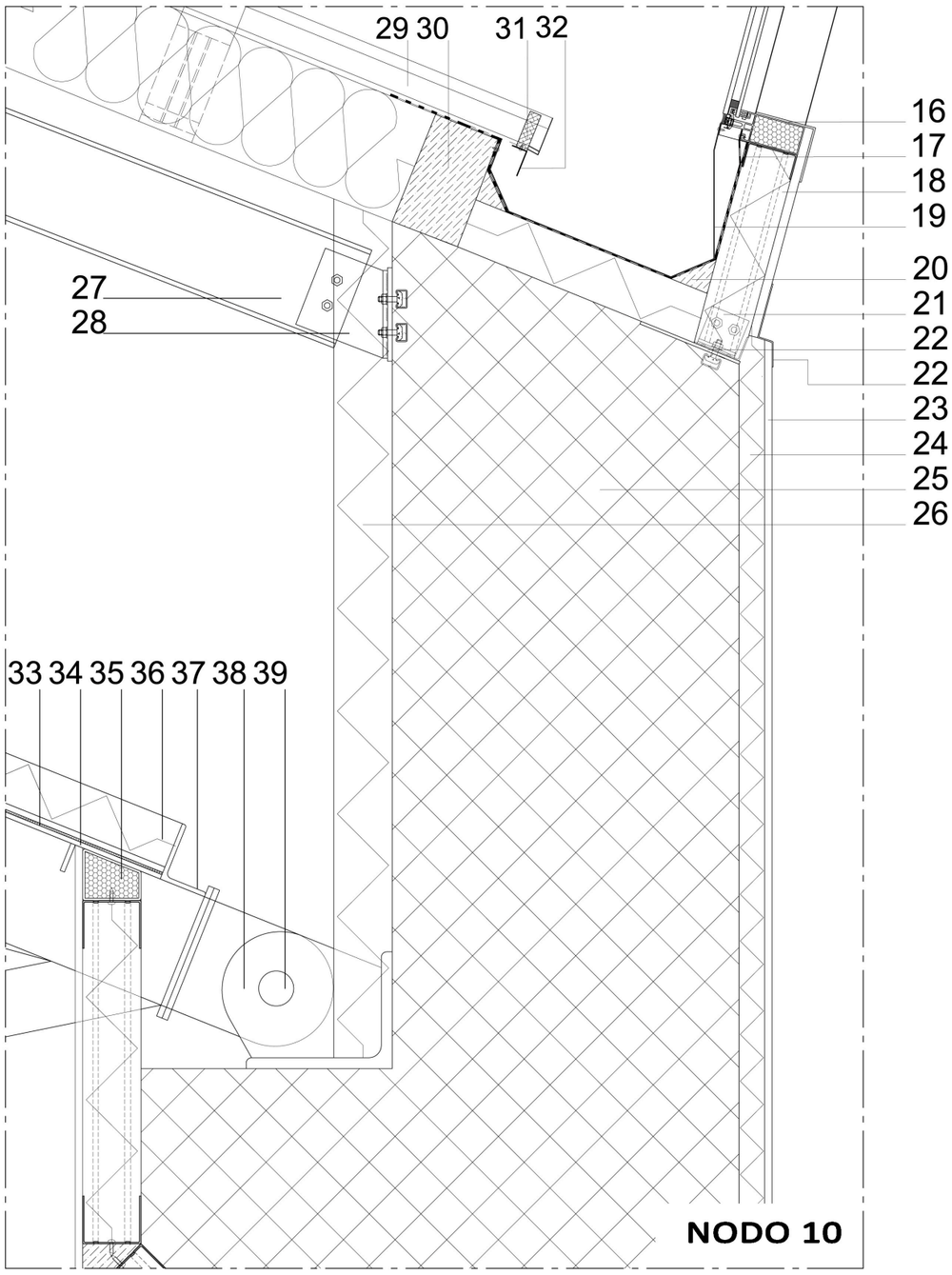


1. Rivestimento esterno in pannelli profilati in alluminio con superficie goffrata a stucco, larghezza pannelli 429 mm, hMAX=50mm, tipo Kalzip;
2. Feltro in lana di roccia a bassa densità, rivestito su un lato da un foglio di carta kraft politenata con funzione di freno vapore, λ= 0,042 W/(mK), sp.MAX=16 cm, tipo Rockwool;
3. Lamiera gracata
4. Profilo a C in acciaio di chiusura del solaio, h=46cm;
5. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 100mm, λ = 0,026 W/(mK),;
6. Profilo a C in acciaio di chiusura del solaio, h=46cm;
7. Trave secondaria superiore in acciaio, IPE 180;
8. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso, , sp. 60mm, λ = 0,026 W/(mK),;
9. Motore per lo scorrimento del sistema di schermatura a tendaggi;
10. Lamiera in alluminio di chiusura del pannello isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 0,12 mm;
11. Piatto in acciaio, sp. 10 mm;
12. Profilo a L di fissaggio dei pilastri in vetro al piatto superiore, sp. 10 mm;
13. Pannello composto da strato di isolante in lana di roccia rivestito con pannello in legno di larice, sp. 100+10 mm;
14. Trave a traliccio formata da correnti superiori con Ø= 300 mm, correnti inferiori con Ø=200 mm e traversi con Ø=100 mm;
15. Piatto di ancoraggio del pilastro strutturale in vetro
16. Vetrocamera con intercapedine in argon, sp. 8+14+6 mm, λ =1,2 W/(mK);
17. Pilastro in vetro a sezione variabile, sp. 40 mm, larghezza minima=300mm, larghezza massima=450mm
18. Sistema di illuminazione integrato nei basamenti al piede della vetrata;
19. Canaline per il passaggio degli impianti elettrici;
20. Getto di calcestruzzo con trattamento di finitura di lucidatura a specchio, sp. 40mm;
21. Sistema di riscaldamento a pavimento a basso spessore con cassette per passaggio canaline prefabbricate;
22. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 40 mm, λ=0,12 mm;
23. Solaio alveolare;
24. Guaina bugnata a protezione dell'impermeabilizzazione, sp. 20 mm;
25. Guaina di impermeabilizzazione, sp. 3 mm;
26. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 40 mm, λ=0,12 mm;
27. Sistema di fissaggio della controparete in cartongesso con sistema di montanti traversi in alluminio, dim. 50x50x0,6 mm, passo 60 cm;
28. Finitura in lastra di cartongesso, sp. 12,5 mm;
29. Parete controterra;
30. Massetto di pendenza in cls alleggerito, sp. 120 mm, pendenza 1%;
31. Pavimento galleggiante in quadrotti di cemento prefabbricati, dim 60x60x4 cm;
32. Doppio strato di guaina impermeabilizzazione per rivestimento canale di scolo, sp. 4 mm;
33. Piedino metallico di sostegno della pavimentazione;
34. Scossalina in alluminio di protezione della vetrocamera, sp. 0,12 mm;
35. Pannello isolante in polistirene espanso estruso, sp. 40 mm;
36. Riempimento isolante in schiuma di poliuretano;
37. Giunto in neoprene con struttura in alluminio;
38. Sistema di imbullonatura per fissaggio delle vetrocamere ai pilastri di vetro.









1. Rivestimento esterno in pannelli profilati in alluminio con superficie goffrata a stucco, larghezza pannelli 429 mm, hMAX=50mm, tipo Kalzip;
2. Profilo in acciaio IPE80 imbullonato;
3. Profilo a L in acciaio imbullonato, sp.4mm;
4. Rasatura in intonaco, sp. 15 mm;
5. Profilo a C in acciaio, sp. 0,6 mm;
6. Doppio pannello isolante in polistirene espanso estruso; sp. 8+8 cm;
7. Profilo a L in acciaio 200x260, sp. 19 mm;
8. Profilo scatolare in alluminio estruso con riempimento in schiuma polimerica per isolamento termico;
9. Elemento in alluminio con riempimento termoisolante per chiusura serramento, dim 50x20 mm;
10. Montante in alluminio della vetrata, sez 40x80 mm;
11. Vetrocamera con intercapedine in argon, sp. 8+14+6 mm;
12. Profilo in acciaio a L di ancoraggio delle struttura della vetrata, sp. 5 mm;
13. Lamiera gracata;
14. Feltro composto da strato di isolante in lana di roccia rivestito con pannello in legno di larice, sp. 100+10 mm;
15. Trave a traliccio;
16. Scossalina in alluminio di rivestimento, sp.0.12 mm;
17. Doppio strato di guaina impermeabilizzante, sp. 10+10 mm;
18. Pannello isolante in poliuretano espanso estruso, sp. 8 cm;
19. Rivestimento del canale di gronda con scossalina in alluminio sp.0,12 mm;
20. Blocchetto di legno;
21. Profilo a L per ancoraggio montante, 5 mm;
22. Piastra in acciaio per ancoraggio montante vetrata, sp. 5 mm;
23. Scossalina in alluminio, sp. 0,12 mm;
24. Pannello termoisolante incollato in poliuretano espanso estruso, sp. 4 cm;
25. Muro portante in c.a., sp. 60 cm;
26. Pannello termoisolante incollato in poliuretano espanso estrusso, sp. 10 cm;
27. trave secondaria superiore in acciaio, IPE 180;
28. Profilo a L in acciaio di ancoraggio delle travi secondarie, sp. 8 mm;
29. Rivestimento esterno in pannelli profilati in alluminio con superficie goffrata a stucco, larghezza pannelli 429 mm, hMAX=50mm, tipo Kalzip;
30. Blocco di legno, sez 12x20 cm;
31. Riempitore di forma;
32. Gocciolatoio in lamiera metallica;
33. Materassino in neoprene, sp. 4 mm;
34. Piastra in acciaio d'appoggio per pannello sandwich, sp. 8 mm;
35. Tubolare in acciaio con riempimento in schiuma polimerica termoisolante;
36. Pannello sandwich formato da pannelli in poliuretano con rivestimento in pannelli di legno di larice, sp. 80+10 mm;
37. Profilo a L di appoggio dei pannelli sandwich, dim 100x80 mm, sp. 7 mm;
38. Terminazione in acciaio del corrente superiore della trave a traliccio per fissaggio al giunto strutturale;
39. Giunto strutturale a cerniera di appoggio della trave a traliccio

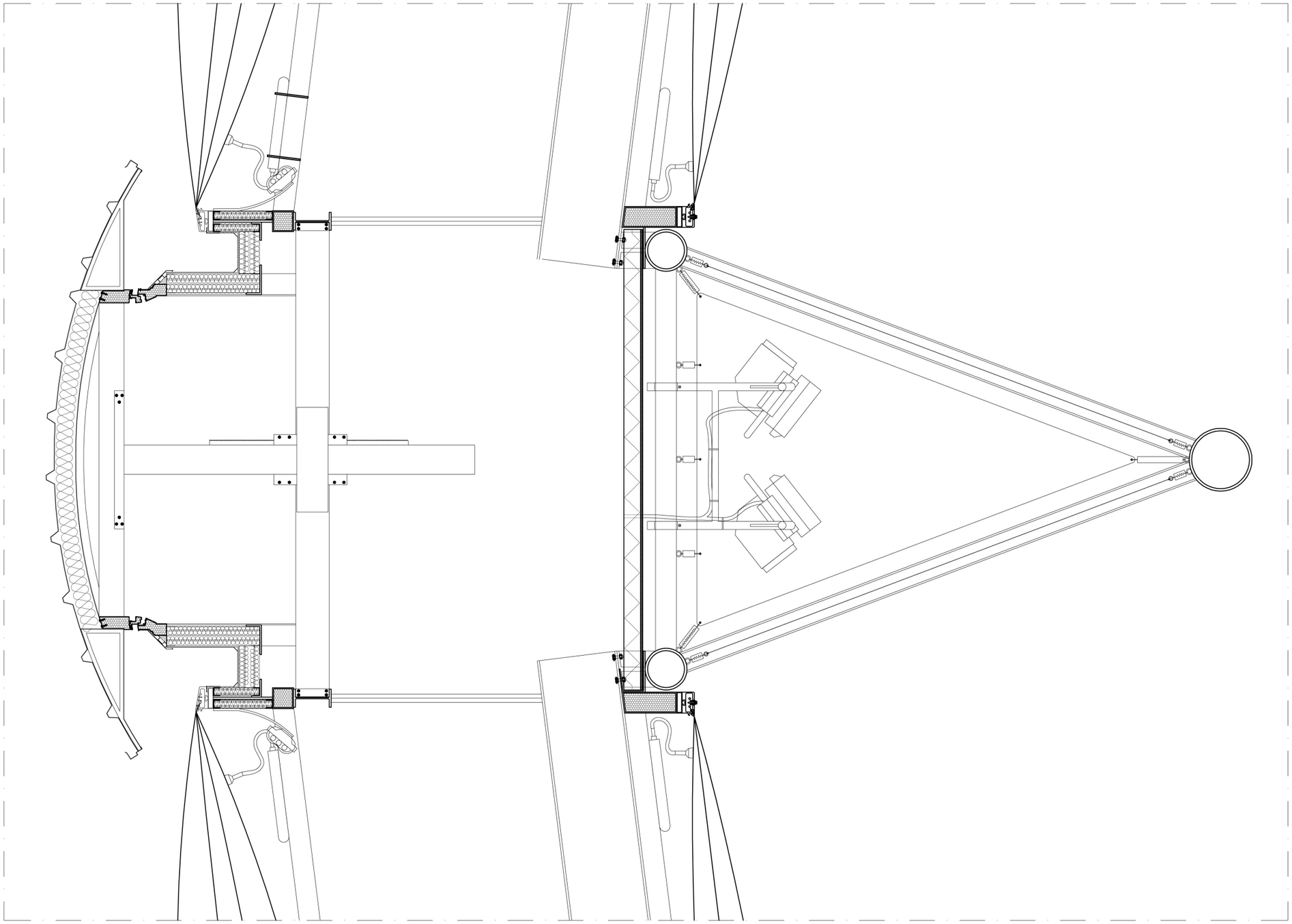
Politecnico di Milano
Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura

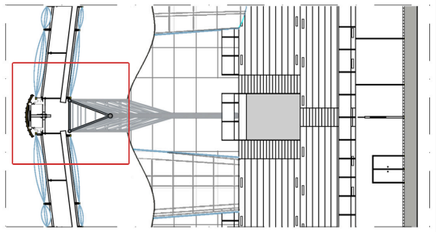
Tesi di Laurea:
PalaVeil

Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna
Relatore: Ing.Gabriele Masera

Titolo: Nodi tecnologici
Scala: 1:10

TAV. 17





Politecnico di Milano

Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura

Tesi di Laurea:

PalaVeil

Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna

Relatore: Ing.Gabriele Masera

Titolo: Sezione Lucernario

Scala: 1:20

TAV. 18

Politecnico di Milano
Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura

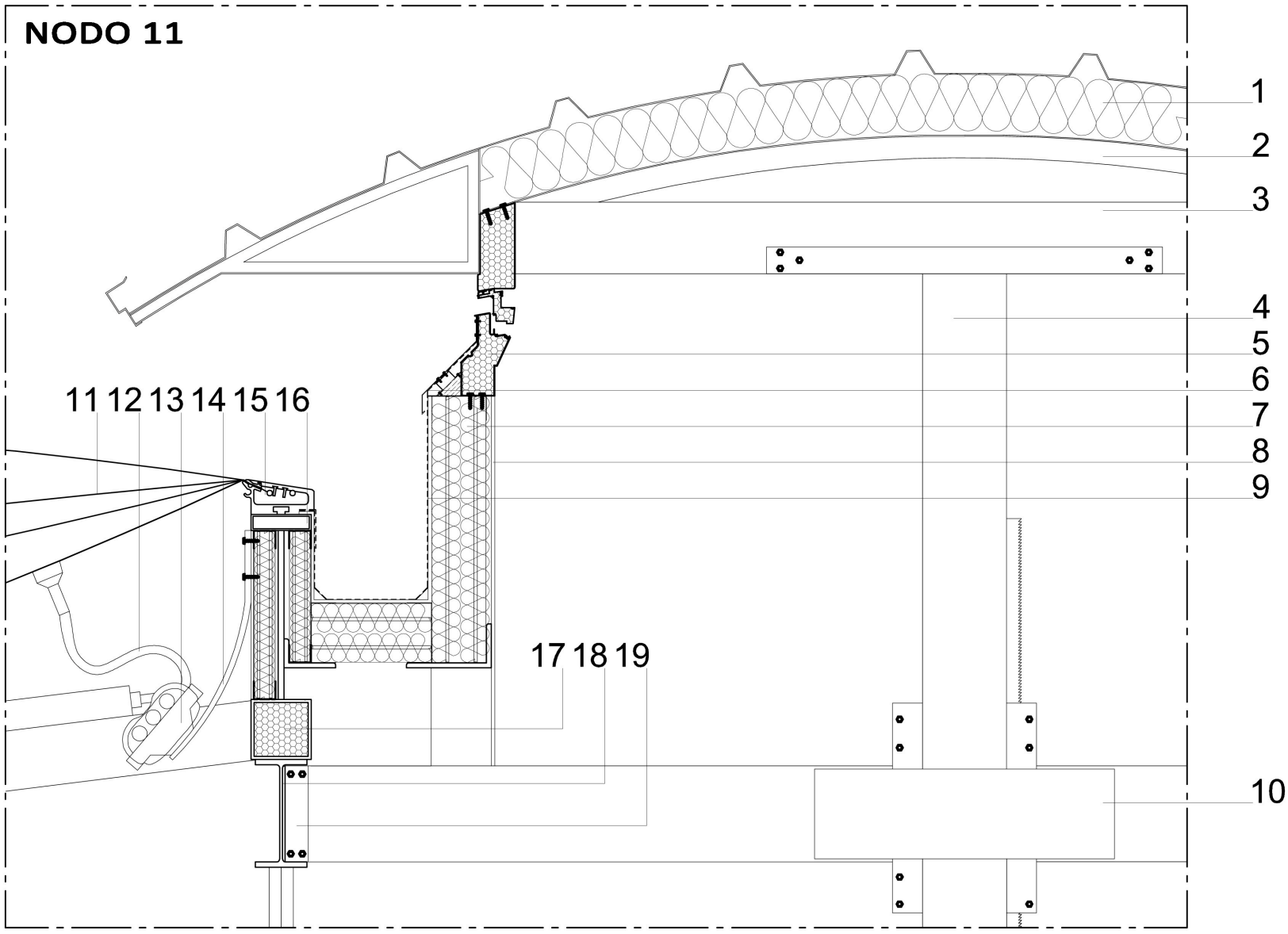
Tesi di Laurea:
PalaVeil

Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna
Relatore: Ing.Gabriele Masera

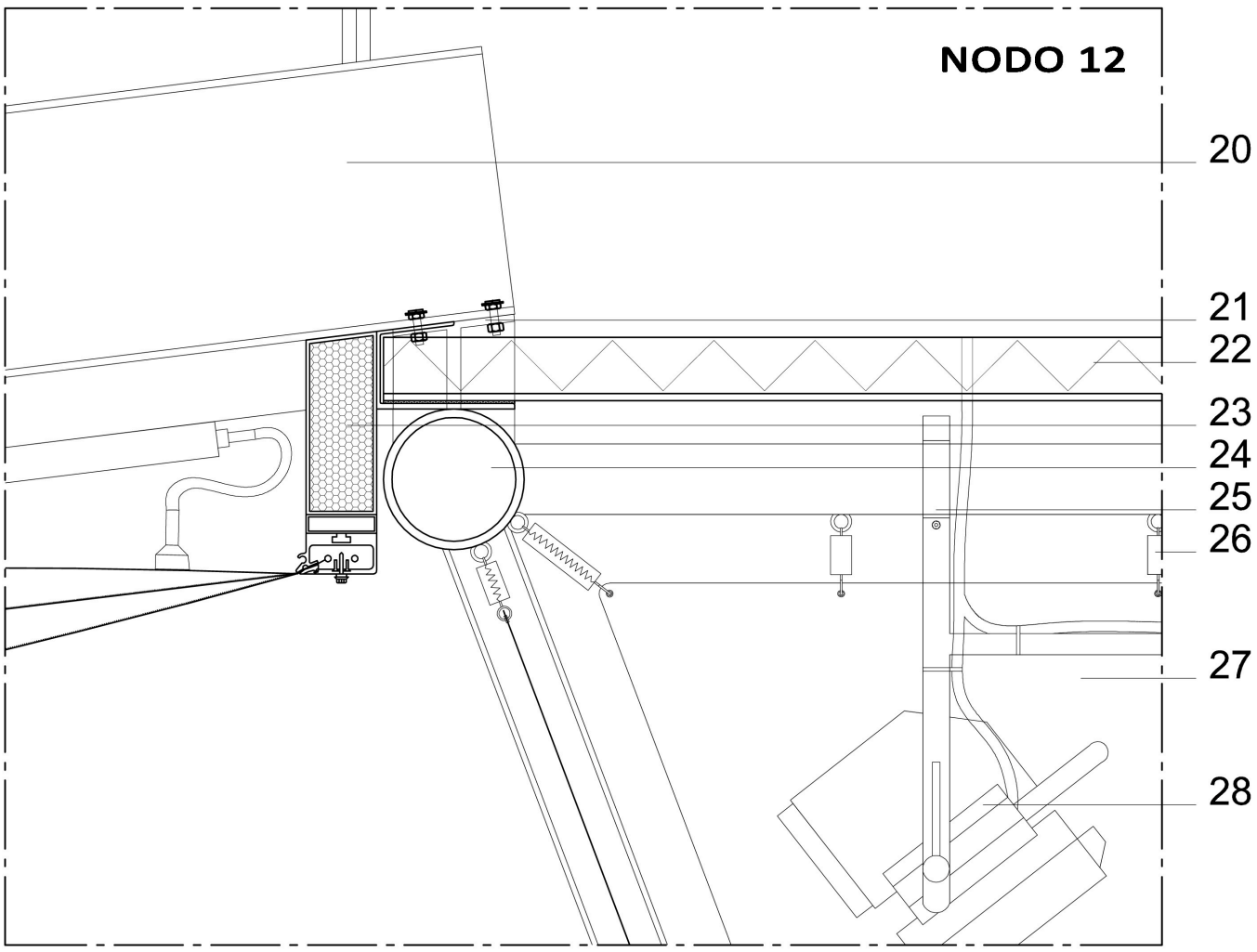
Titolo: Nodi tecnologici
Scala: 1:10

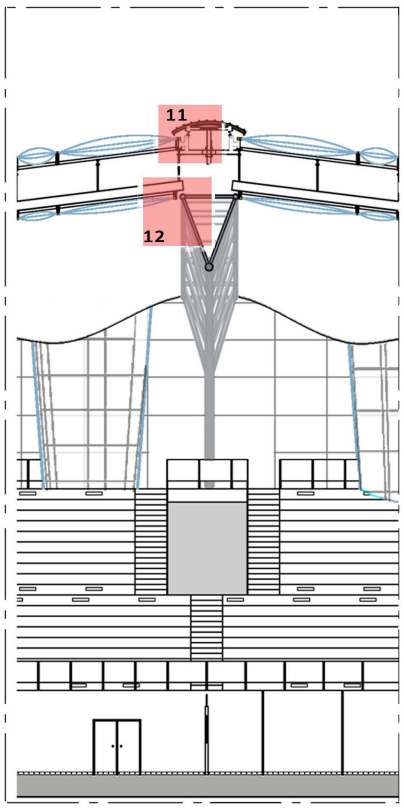
TAV. 19

NODO 11

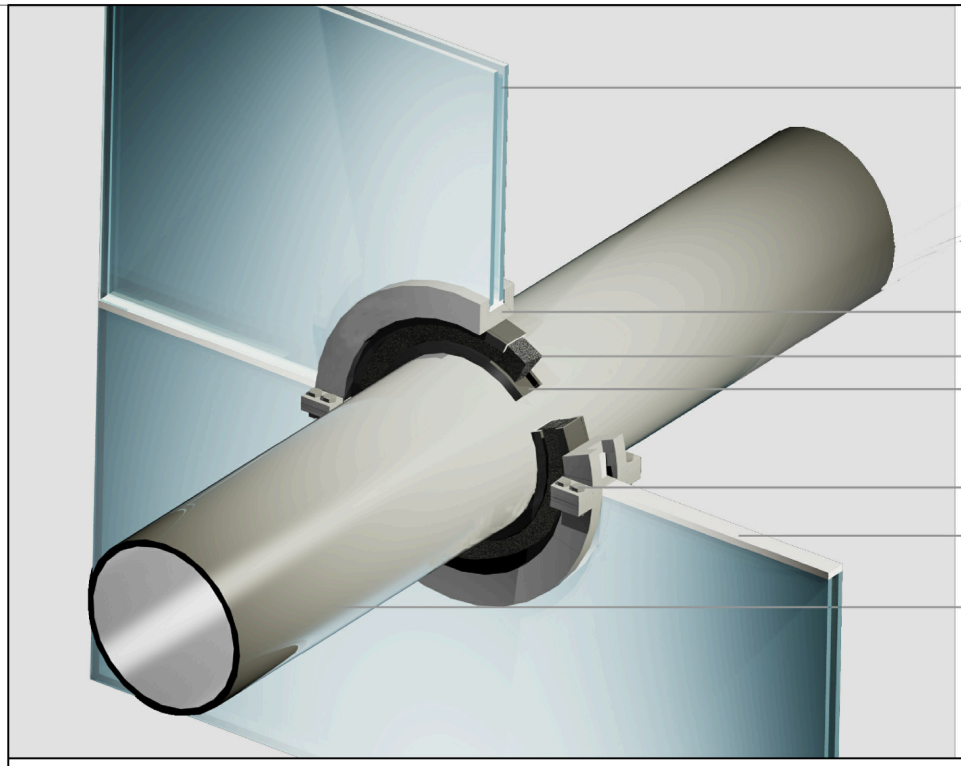


NODO 12

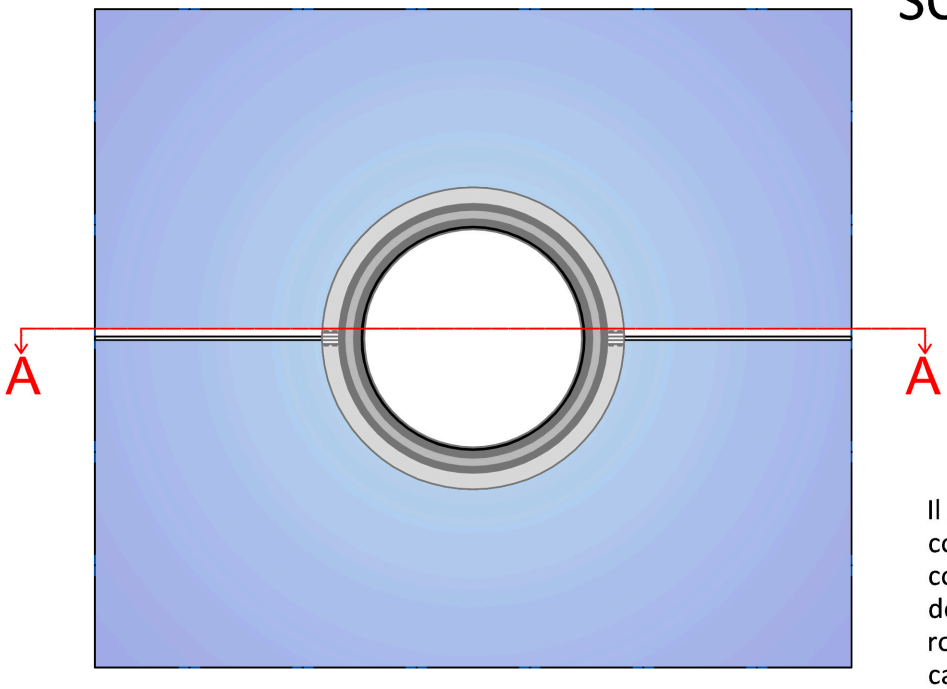




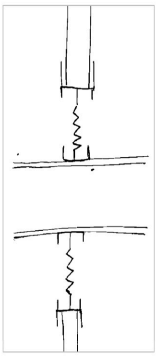
1. Rivestimento esterno in pannelli sandwich formati da lastre profilae in alluminio con superficie goffrata a stucco, larghezza pannelli 429 mm, hMAX=50mm, tipo Kalzip, e feltro in lana di roccia a bassa densità, tipo Rockool;
2. Profilo in acciaio di irrigidimento del pannello sandwich;
3. Sottostruttura mobile del lucernario;
4. Pistone mobile;
5. Serramento lucernario con riempimento in materiale isolante;
6. Lamiera in alluminio con rompigoccia, sp. 0,12 mm;
7. Doppio strato isolante in lana di roccia, sp. 50+50 mm ;
8. Profilo in acciaio a L, sp. 6 mm;
9. Guaina impermeabilizzante, sp. 0,8 mm;
10. Blocco motore per movimentazione lucernario;
11. Cuscino di ETFE formato da 4 layer;
12. Tubi per regolazione della pressione interna ai cuscini;
13. Faro per illuminazione notturna cuscini di ETFE;
14. Piastra per fissaggio dei fari di illuminazione;
15. Serramento ETFE;
16. Controtelaio per fissaggio serramento;
17. Profilo metallico in acciaio con riempimento in schiuma poliuretanica per tenuta termica;
18. Trave in acciaio secondaria superiore, IPE 180;
19. Profilo a L di ancoraggio del telai inferiore del lucernario alla struttura;
20. Trave in acciaio secondaria inferiore IPE 360;
21. Profilo metallico di connessione delle travi secondarie alla trave reticolare;
22. Pannello sandwich formato da pannello isolante in poliuretano espanso estruso con rivestimento in legno di larice, sp. 80+10 mm;
23. Profilo metallico con riempimento in schiuma di poliuretano;
24. Corrente superiore trave a traliccio;
25. Struttura di ancoraggio dei fari per l'illuminazione del palazzetto;
26. Tiranti per tensione teli di diffusione della luce;
27. Telo opacizzato in ETFE per diffusione luce;
28. Faro di illuminazione



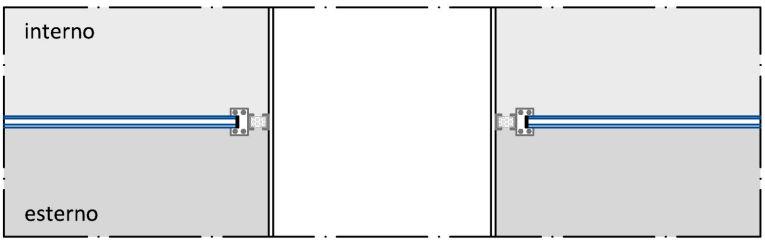
NODO 13

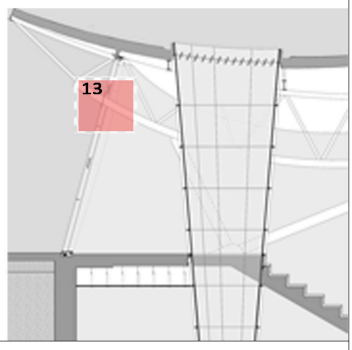


SCHEMA STATICO:



Il giunto in neoprene funziona come una molla consentendo al corrente della trave principale di deformarsi senza causare la rottura del vetro forato. Si è calcolata localmente la freccia massima del corrente che risulta essere pari a 13mm.





Politecnico di Milano
Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura
Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna
Relatore: Ing.Gabriele Masera

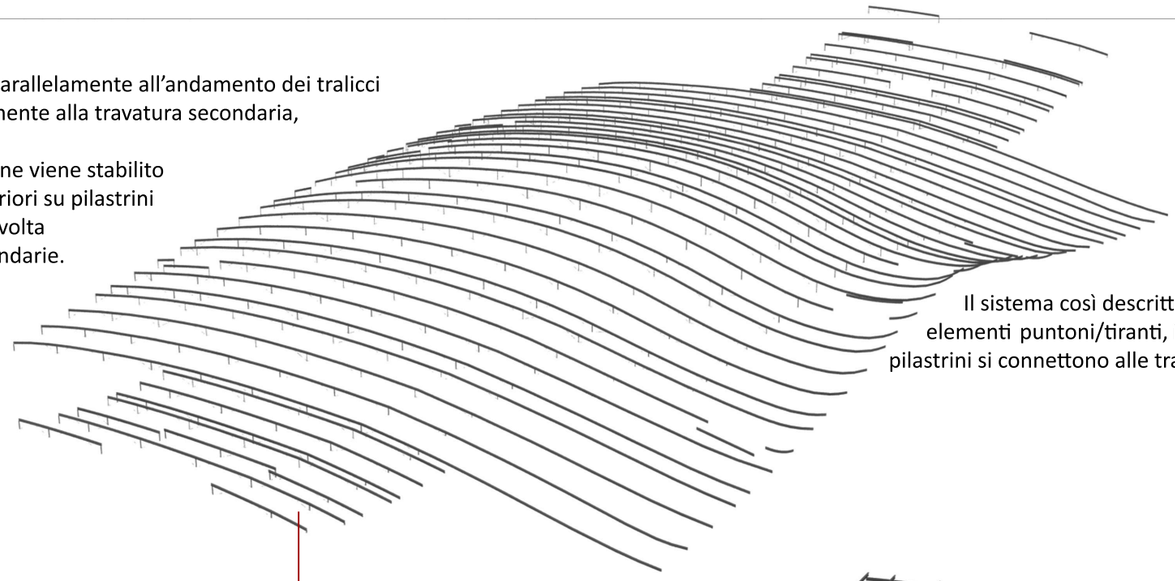
Tesi di Laurea:
PalaVeil

Titolo: Nodo 13
Scala: 1:10

TAV. 20

\ INTERCAPEDINE

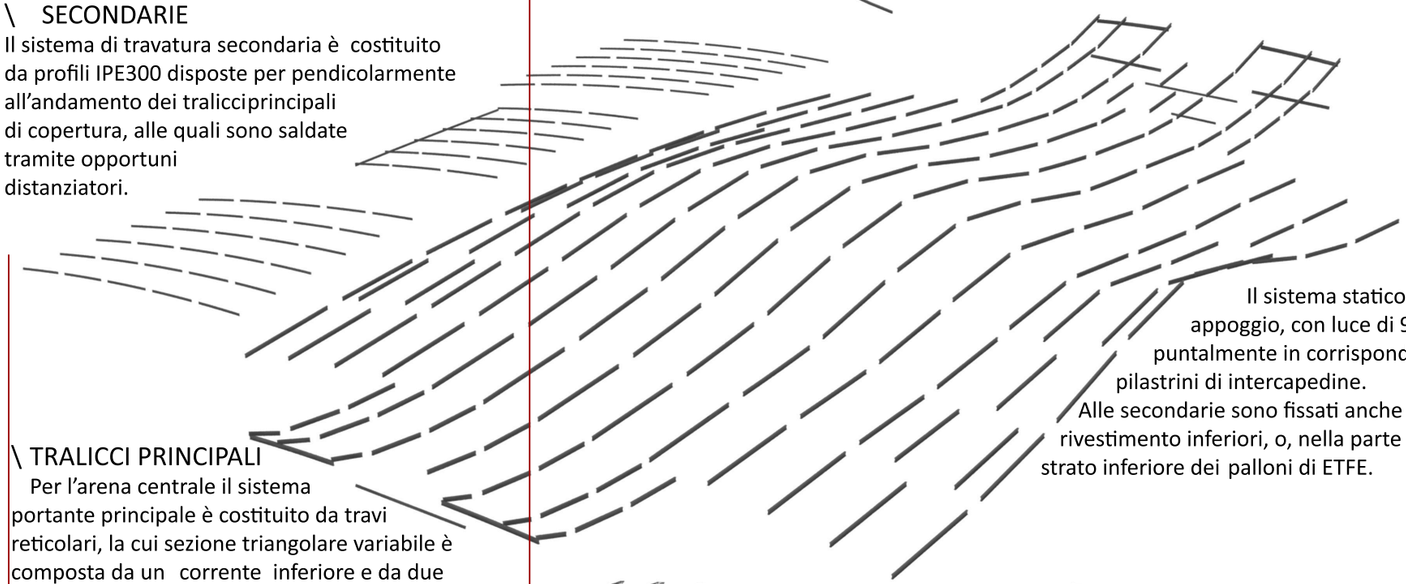
Travi IPE180, disposte parallelamente all'andamento dei tralicci principali e pendicolarmente alla travatura secondaria, reggono la copertura.
Lo spazio di intercapedine viene stabilito poggiando le travi superiori su pilastrini (profili ad L), che a loro volta poggiano sulle IPE secondarie.



Il sistema così descritto viene irrigidito con elementi puntoni/tiranti, i quali dalla base dei pilastrini si connettono alle travi superiori.

\ SECONDARIE

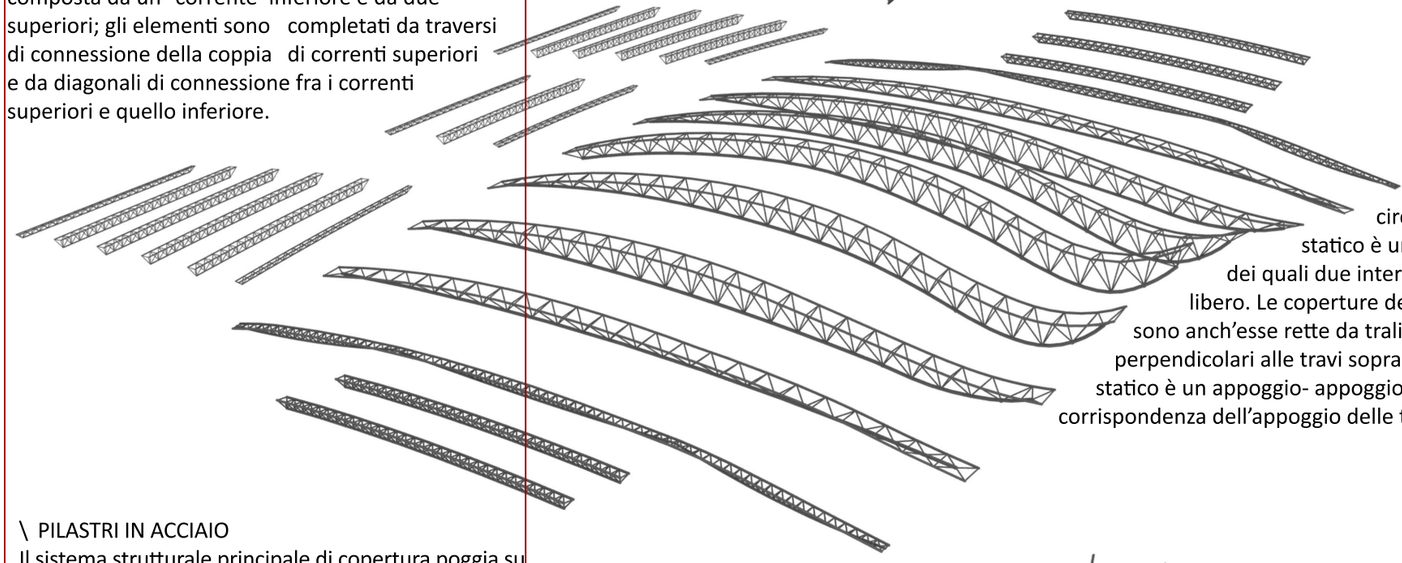
Il sistema di travatura secondaria è costituito da profili IPE300 disposte per pendicolarmente all'andamento dei tralicci principali di copertura, alle quali sono saldate tramite opportuni distanziatori.



Il sistema statico è quello dell'appoggio-appoggio, con luce di 9,74 metri, caricato puntalmente in corrispondenza dell'appoggio dei pilastrini di intercapedine.
Alle secondarie sono fissati anche i pannelli di rivestimento inferiori, o, nella parte centrale, il telaio dello strato inferiore dei palloni di ETFE.

\ TRALICCI PRINCIPALI

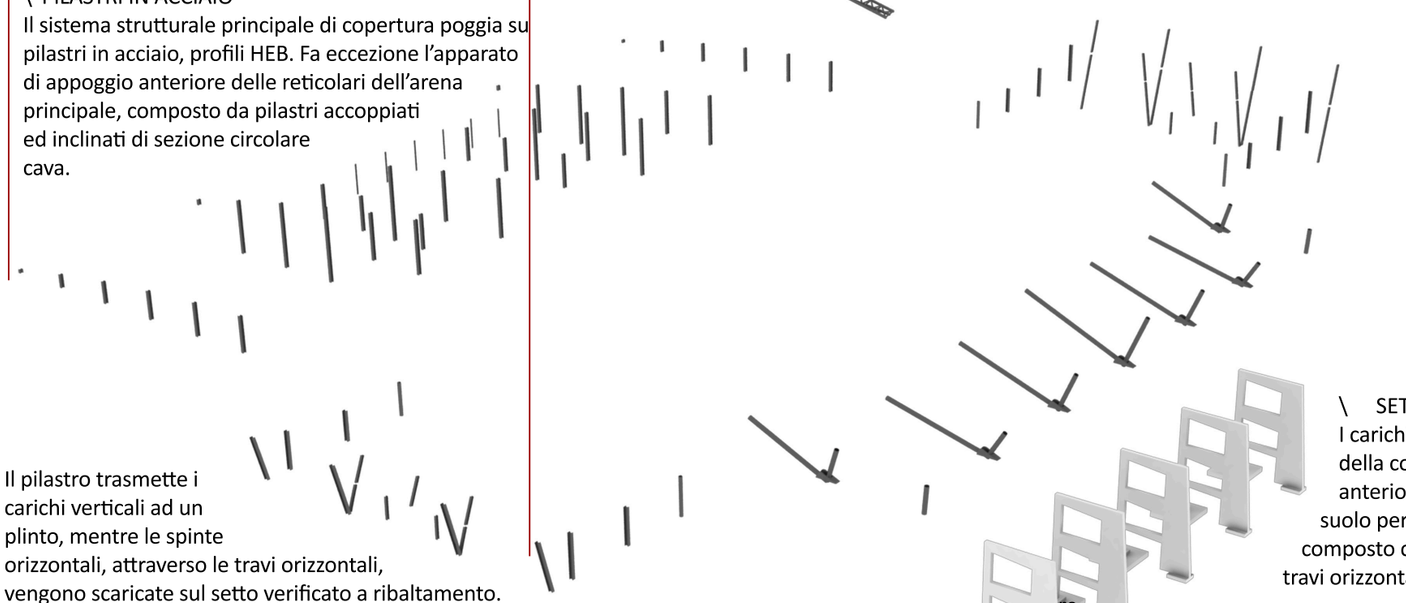
Per l'arena centrale il sistema portante principale è costituito da travi reticolari, la cui sezione triangolare variabile è composta da un corrente inferiore e da due superiori; gli elementi sono completati da traversi di connessione della coppia di correnti superiori e da diagonali di connessione fra i correnti superiori e quello inferiore.



Tutti i profili sono circolari cavi. Lo schema statico è una trave su tre appoggi dei quali due interni ed un estremo libero. Le coperture delle palestre accessorie sono anch'esse rette da tralicci reticolari, disposte perpendicolari alle travi sopra descritte. lo schema statico è un appoggio- appoggio, con carichi puntuali in corrispondenza dell'appoggio delle travi secondarie.

\ PILASTRI IN ACCIAIO

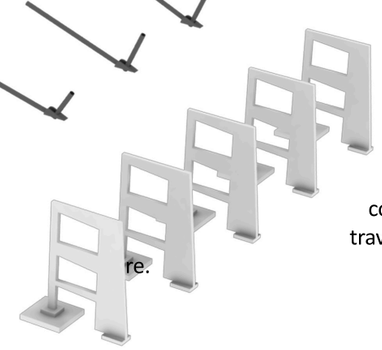
Il sistema strutturale principale di copertura poggia su pilastri in acciaio, profili HEB. Fa eccezione l'apparato di appoggio anteriore delle reticolari dell'arena principale, composto da pilastri accoppiati ed inclinati di sezione circolare cava.



Il pilastro trasmette i carichi verticali ad un plinto, mentre le spinte orizzontali, attraverso le travi orizzontali, vengono scaricate sul setto verificato a ribaltamento.
L'apparato viene completato da sistemi di palificata applicati sia alla base del pilastro che del setto: nel primo caso resistono a pull out, contrastando il ribaltamento, nel secondo si oppongono alla traslazione del contrafforte.

\ SETTI

I carichi orizzontali e verticali della copertura vengono anteriormente trasmessi al suolo per mezzo di un sistema composto ciascuno da un pilastro, travi orizzontali ed un setto anterio-re.



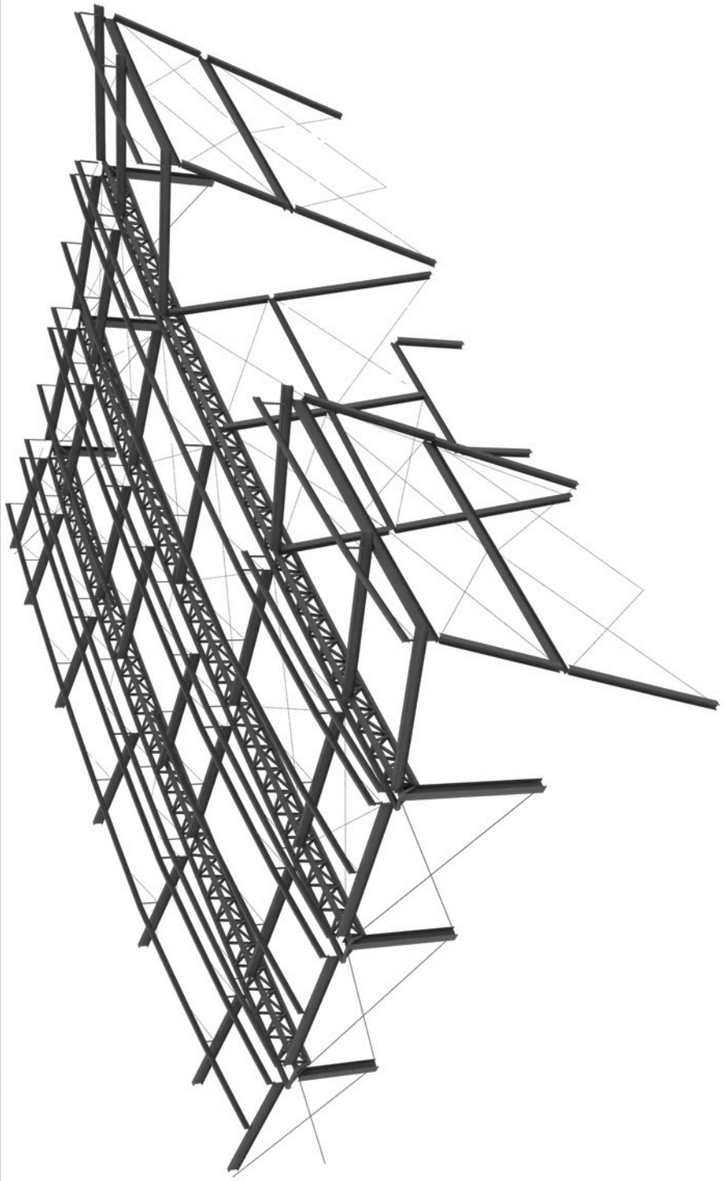
Politecnico di Milano
Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura

Tesi di Laurea:
PalaVeil

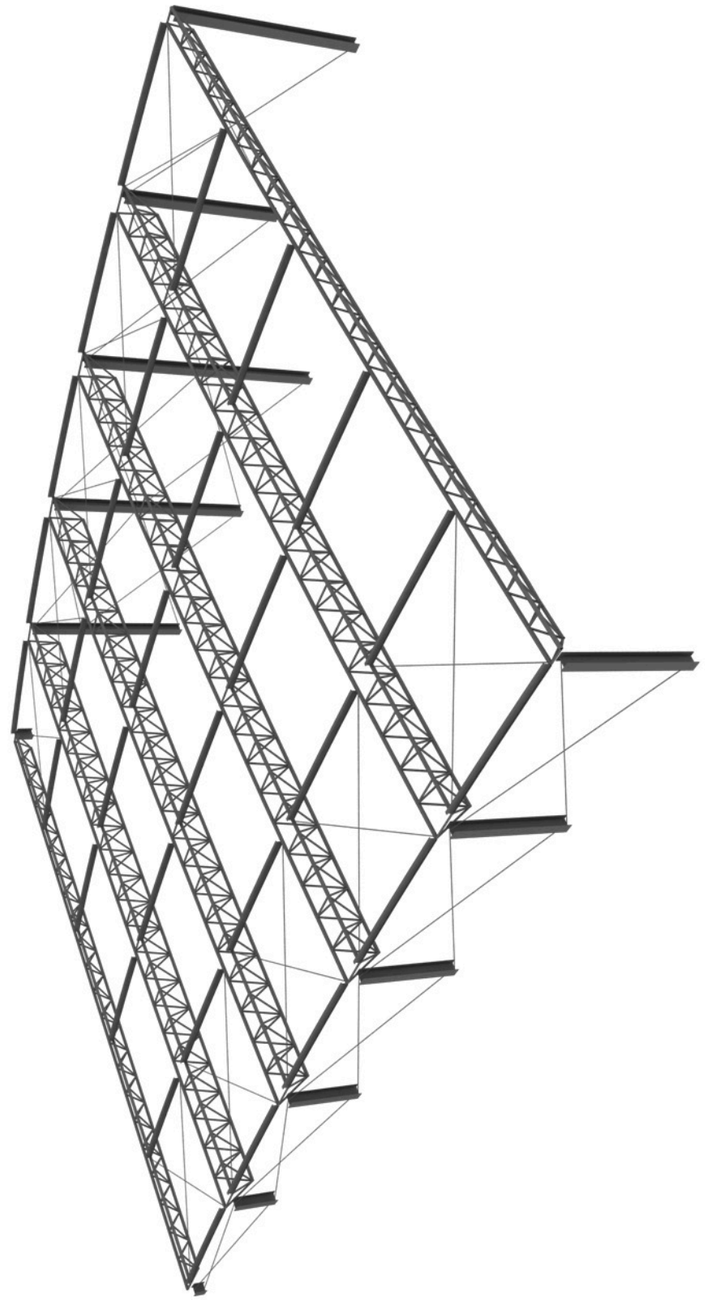
Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna
Relatore: Ing.Gabriele Masera

Titolo: Struttura copertura

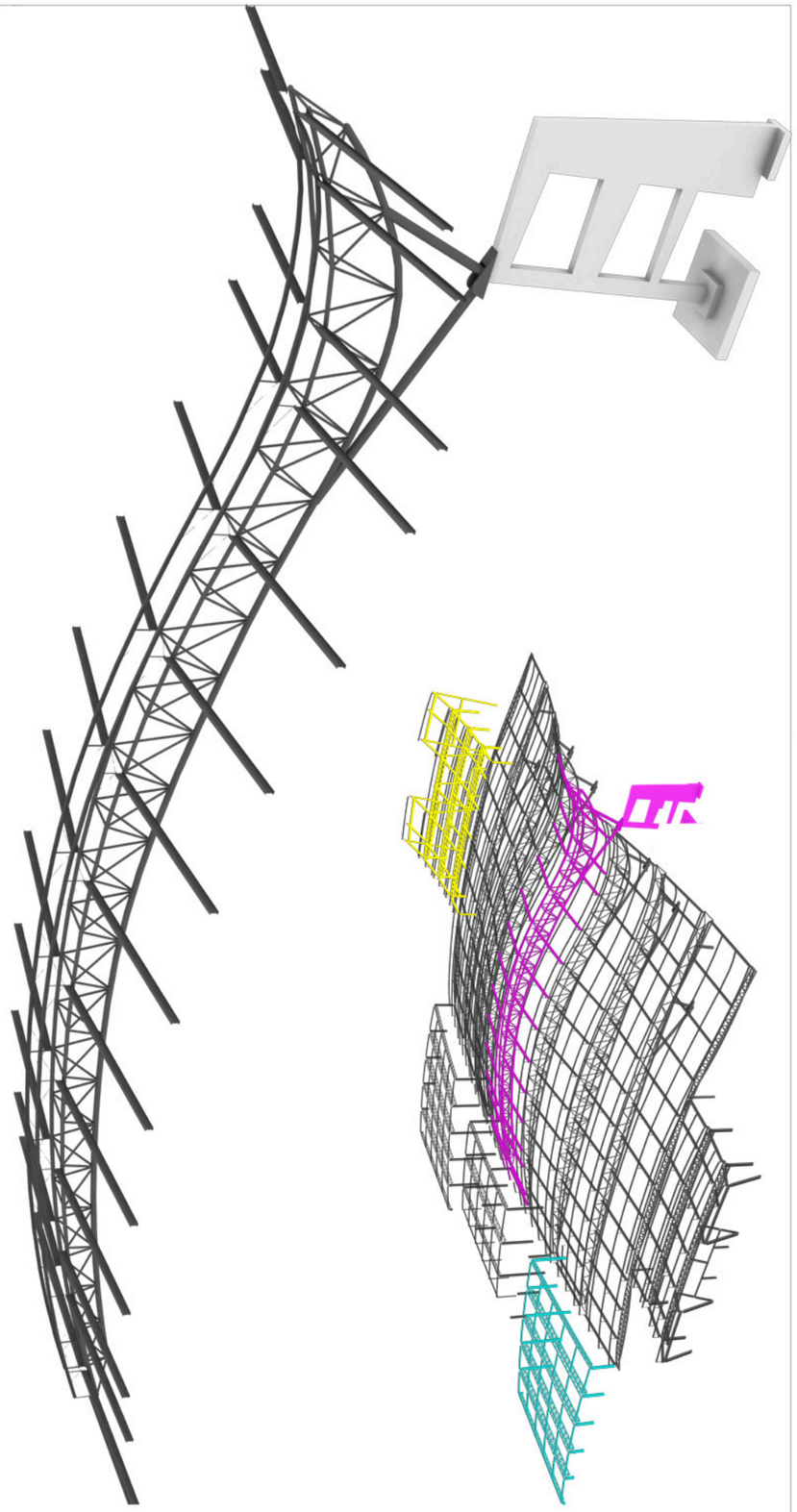
TAV. 21



FOCUS 3



FOCUS 2



FOCUS 1

NAVIGATORE

Politecnico di Milano

Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura

Tesi di Laurea:

PalaVeil

Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna

Relatore: Ing.Gabriele Masera

Titolo: Struttura copertura B

TAV. 22

Politecnico di Milano
Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura

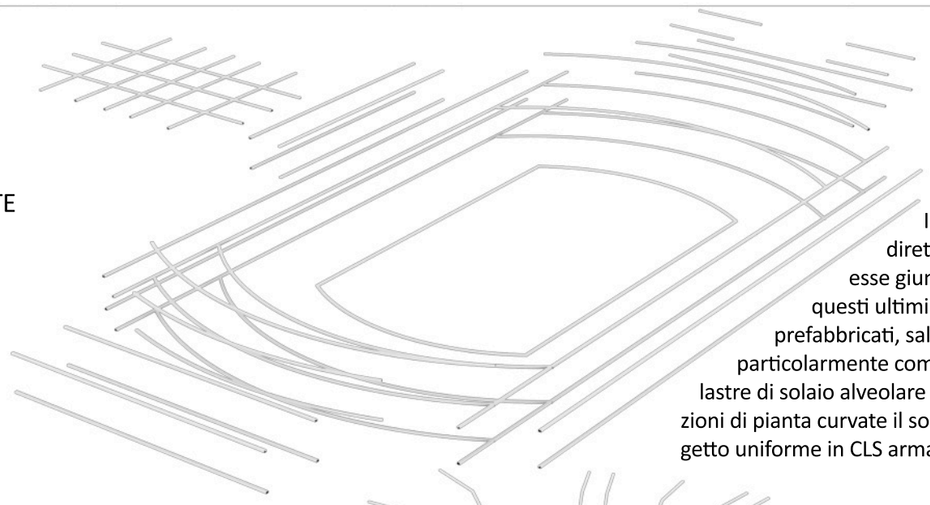
Tesi di Laurea:
PalaVeil

Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna
Relatore: Ing.Gabriele Masera

Titolo: Struttura edificio

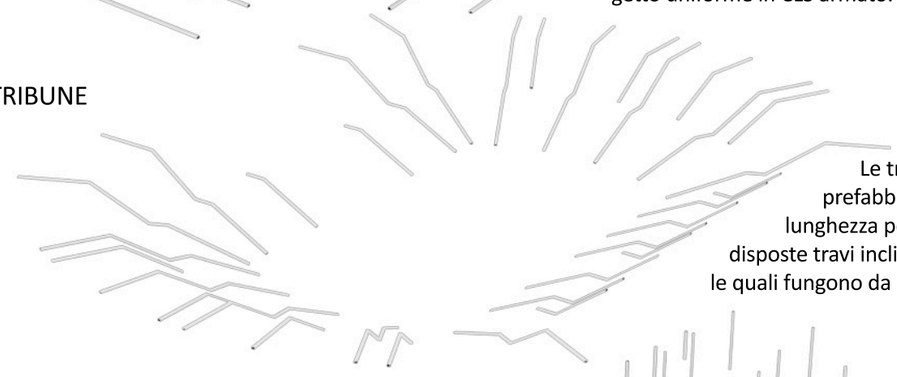
TAV. 23

\ TRAVI IN CA PREFABBRICATE



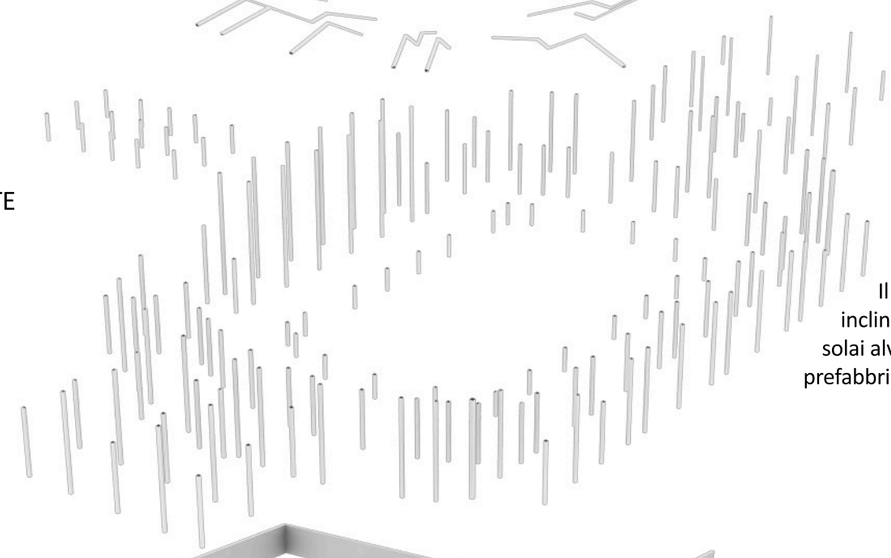
Il sitema di travi in CLS armato poggia direttamente sui denti dei pilastri o, laddove esse giungono ai setti controterra sui denti di questi ultimi. L'intero sistema è composto da elementi prefabbricati, salvo eccezioni causate da schemi in pianta particolarmente complessi. Sulle travi vengono disposte le lastre di solaio alveolare con schema appoggio-appoggio. Nelle sezioni di pianta curvate il solaio è costituito da una sezione portante di getto uniforme in CLS armato.

\ TRAVI IN CA DI SOSTEGNO ALLE TRIBUNE



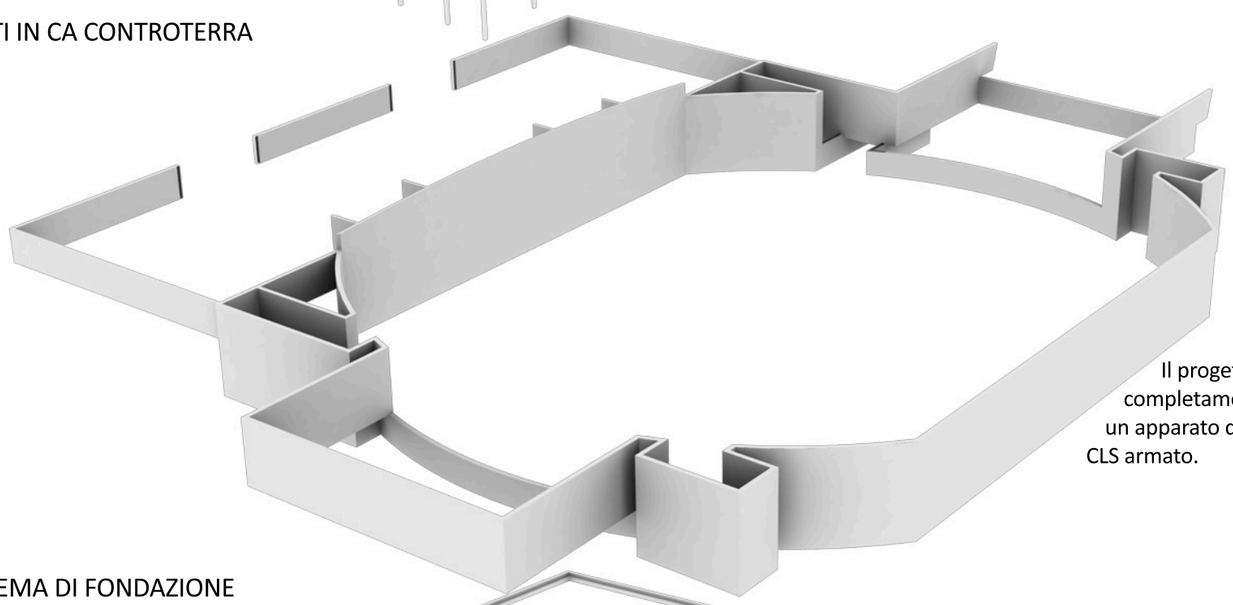
Le tribune sono costituite da tegoli prefabbricati di sezione ad L, di massima lunghezza possibile 12 metri. Vengono quindi disposte travi inclinate opportunamente scalettate, le quali fungono da appoggio alle tribune.

\ PILASTRI IN CA PREFABBRICATE



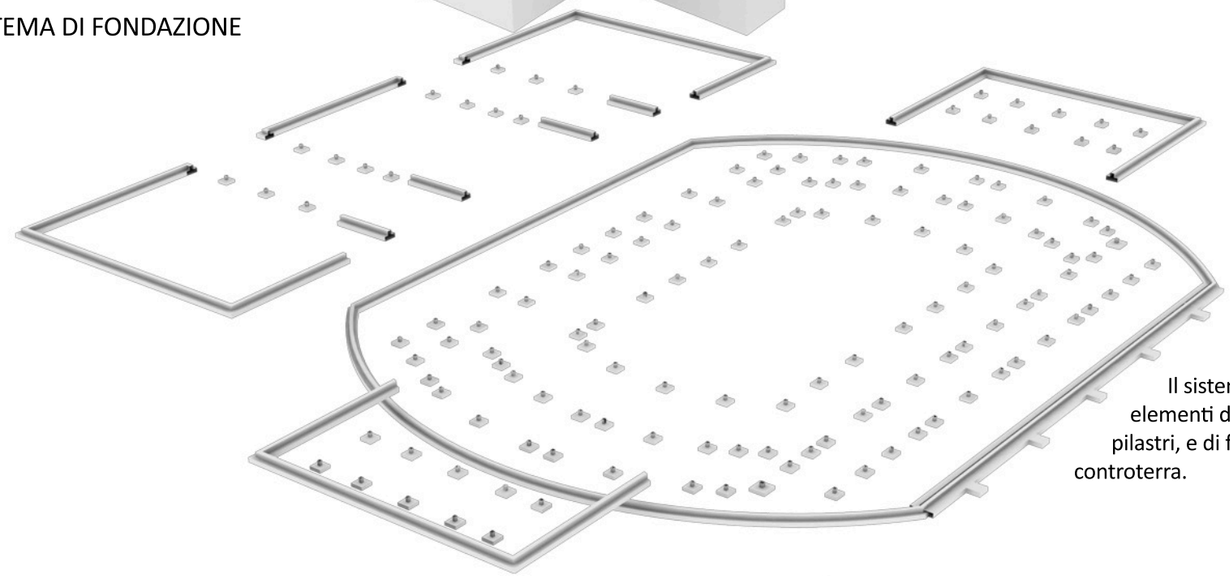
Il sistema di pilastri regge le travi inclinate delle tribune, e le travi piane dei solai alveolari. I pilastri giungono in cantiere prefabbricati.

\ SETTI IN CA CONTROTERRA



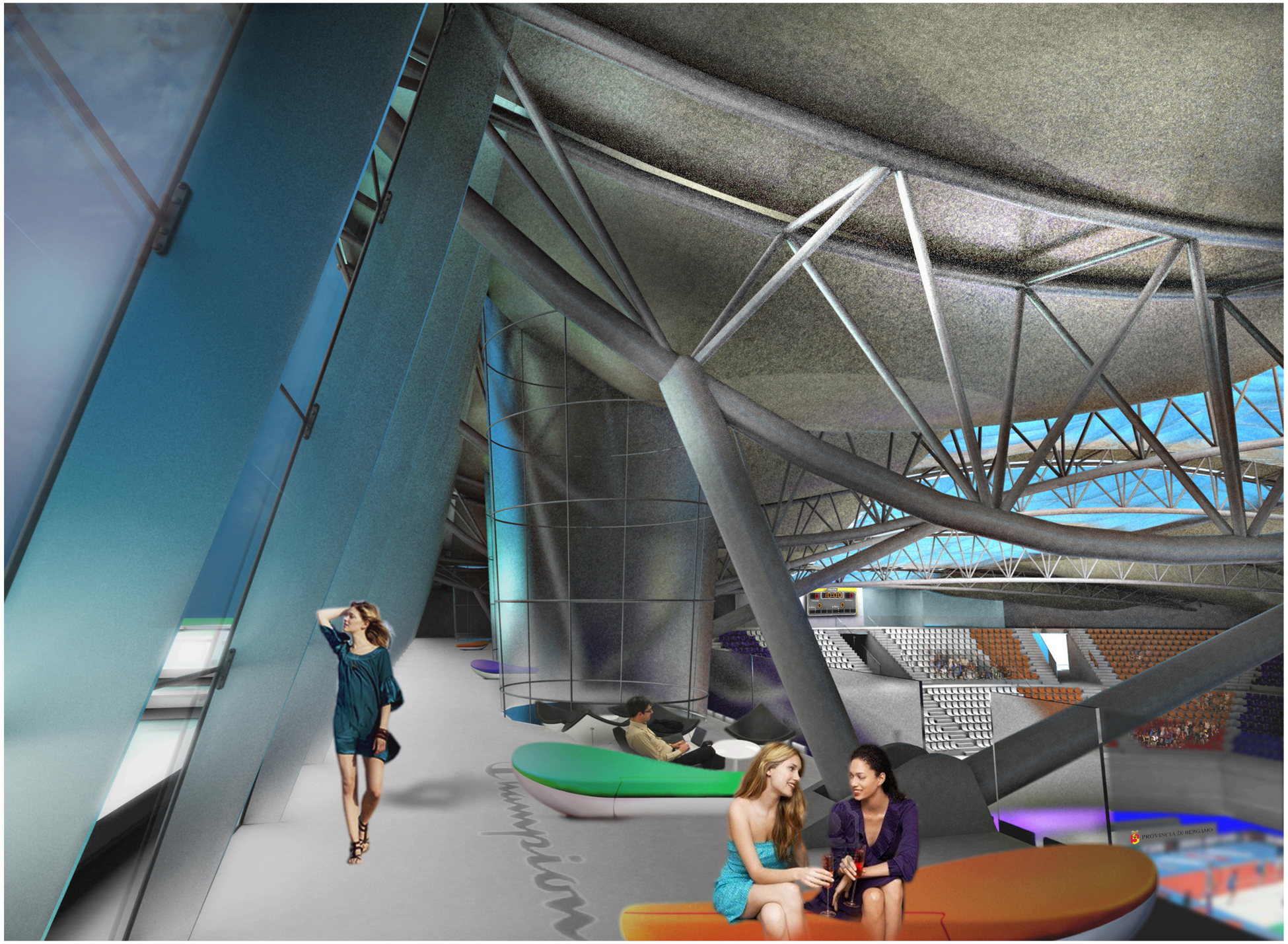
Il progetto si caratterizza per essere quasi completamente ipogeo: è percui necessario un apparato di chiusure verticali controterra, in CLS armato.

\ SISTEMA DI FONDAZIONE

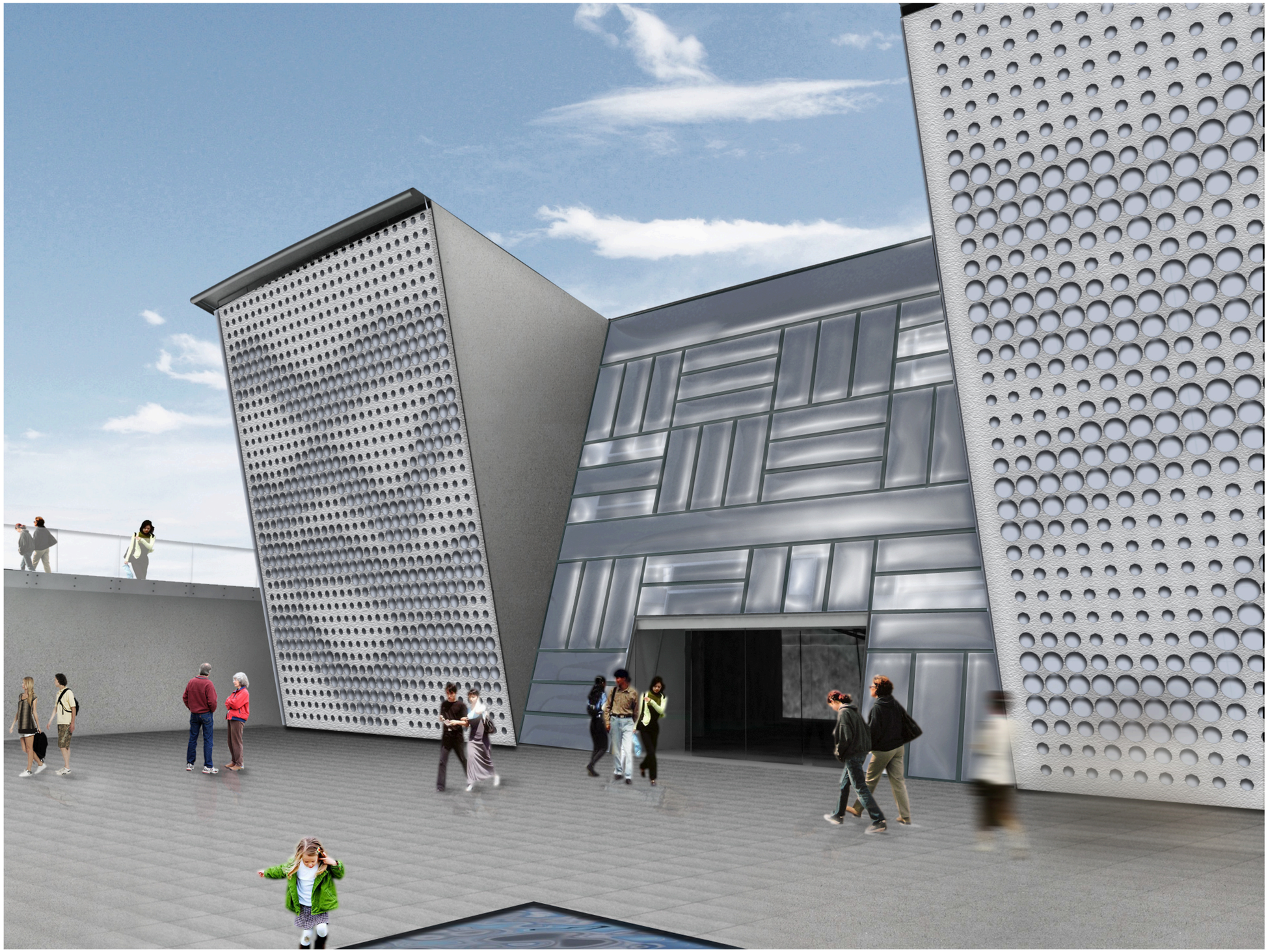


Il sistema di fondazioni si compone di elementi di fondazione puntuale nel caso di pilastri, e di fondazioni a nastro per i setti controterra.

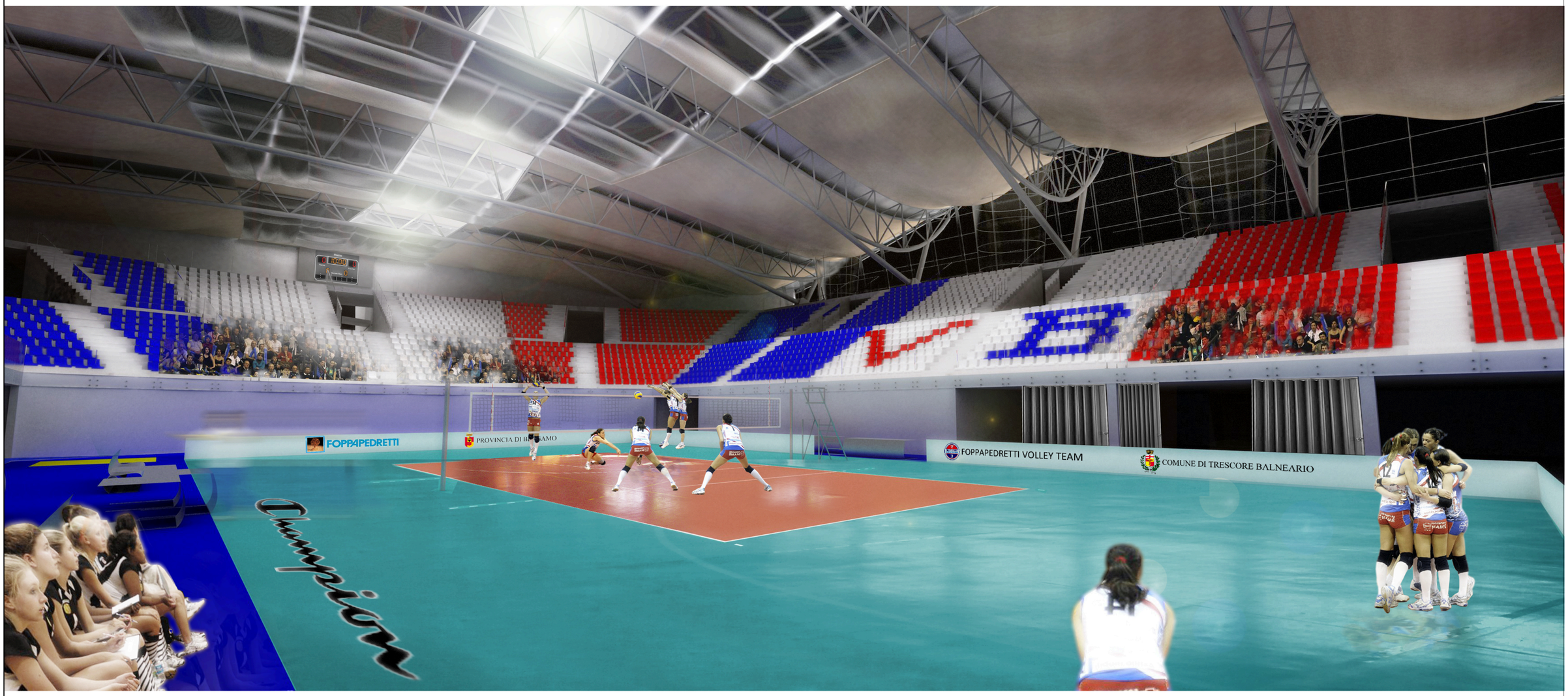
Vetrata Nord



Zona Bar



Ingresso Ovest



Interno arena

Politecnico di Milano
Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura

Tesi di Laurea:
PalaVeil

Tesisti: Gandossi Fabio, Pensa Federico, Piazzalunga Anna
Relatore: Ing.Gabriele Masera

Titolo: Render

TAV. 27