



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Ingegneria
Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale

Progetto della nuova sede dei laboratori del DICEA dell' Università degli Studi di Firenze

Relatori

Prof.ssa Arch. Frida Bazzocchi
Prof. Ing. Vincenzo di Naso
Prof. Ing. Marco Pio Lauriola

Candidato

Giacomo Fantacci



cell.:

347 9226823



mail:

giacomo.fantacci@gmail.com



STATO ATTUALE

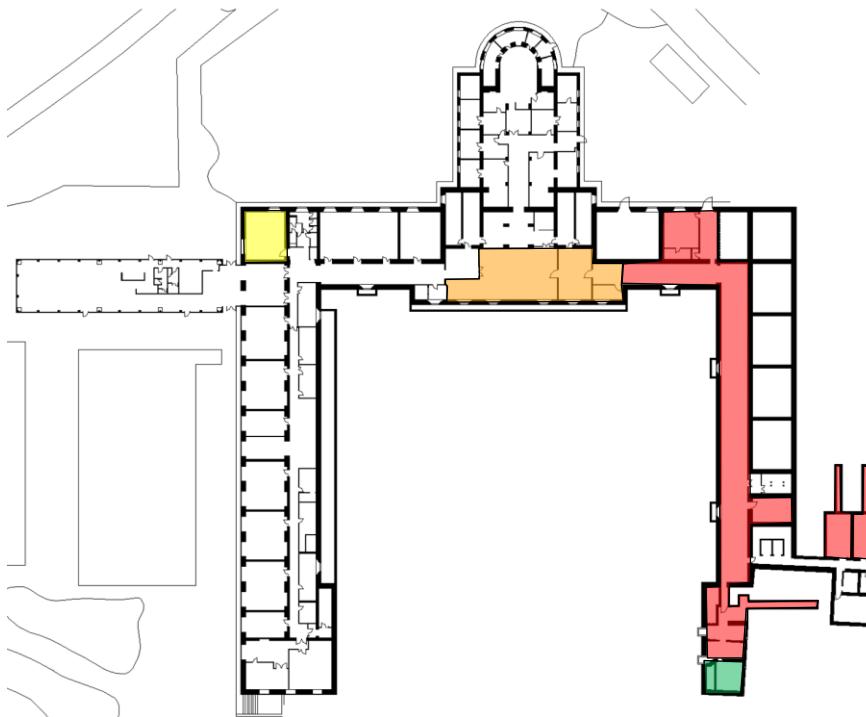
UNITÀ AMBIENTALI

PROGETTO ARCHITETTONICO

SISTEMI TECNOLOGICI

PROGETTO STRUTTURALE

Santa Marta – Pianta Piano Seminterrato

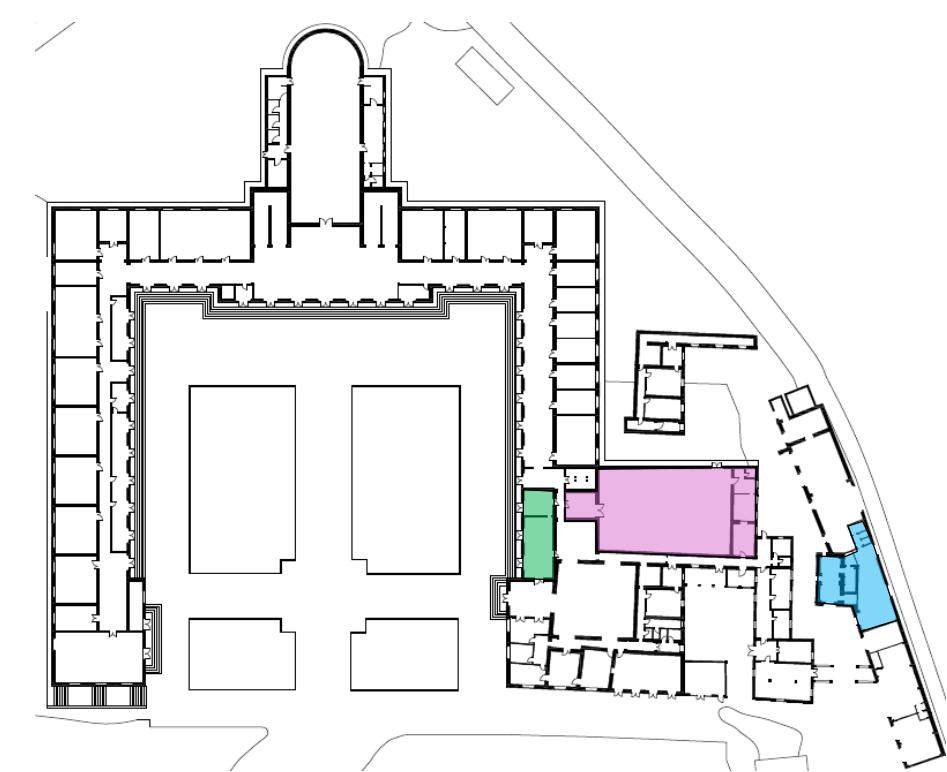


- █ Laboratorio di Sicurezza e Infortunistica Stradale
- █ Laboratorio di Idraulica Fluviale
- █ Laboratorio di Ingegneria Marittima

Galleria del Vento (sede di Prato)



Santa Marta – Pianta Piano Terra



- █ Laboratorio di Geotecnica
- █ Laboratorio di Strutture e Materiali
- █ Laboratorio di Ingegneria Sanitaria

STATO ATTUALE

UNITÀ AMBIENTALI

PROGETTO ARCHITETTONICO

SISTEMI TECNOLOGICI

PROGETTO STRUTTURALE

Esempio: Laboratorio di
Strutture e Materiali

Tornio



Banco di prova



Pompa ad olio

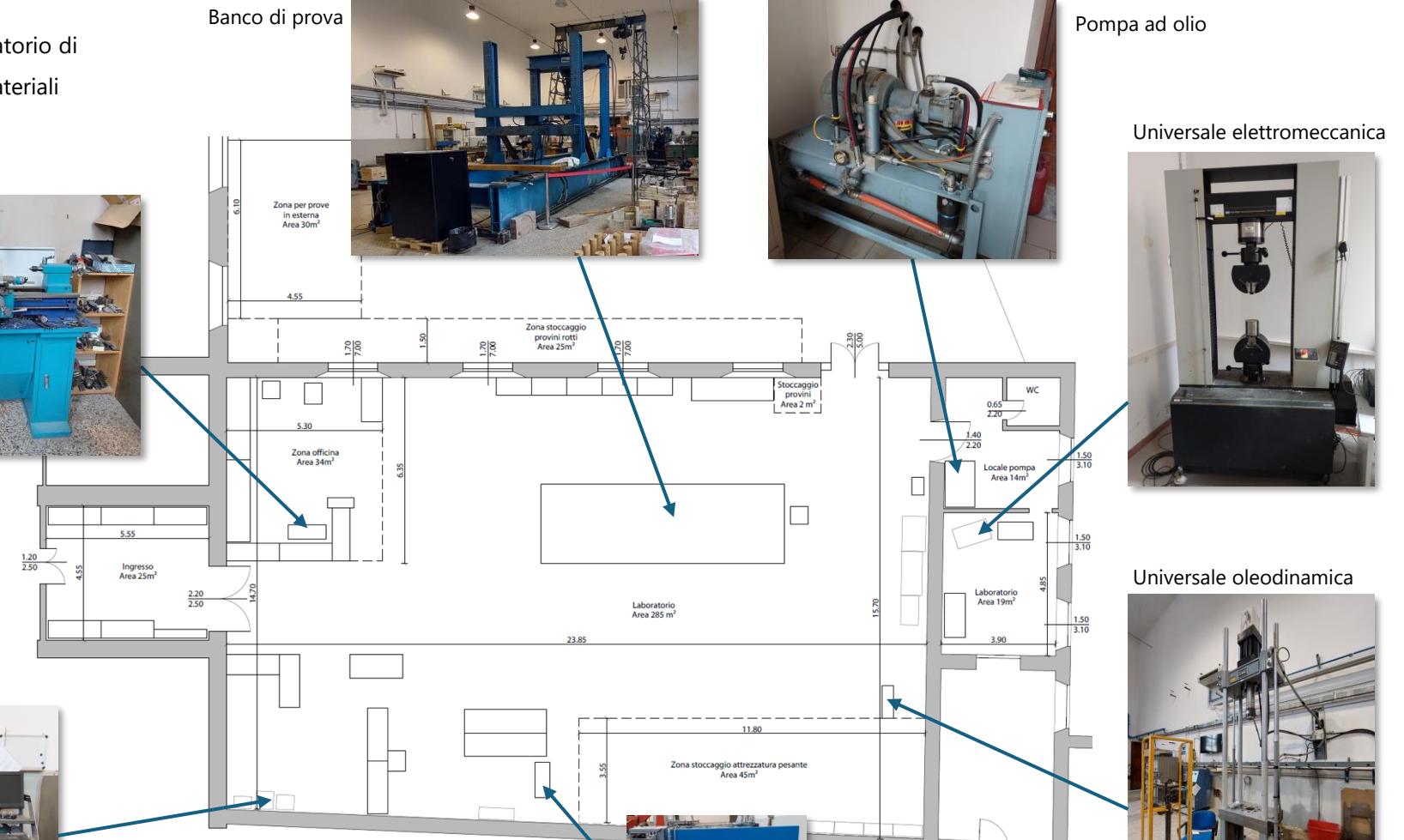
Universale elettromeccanica



Pressa per cls

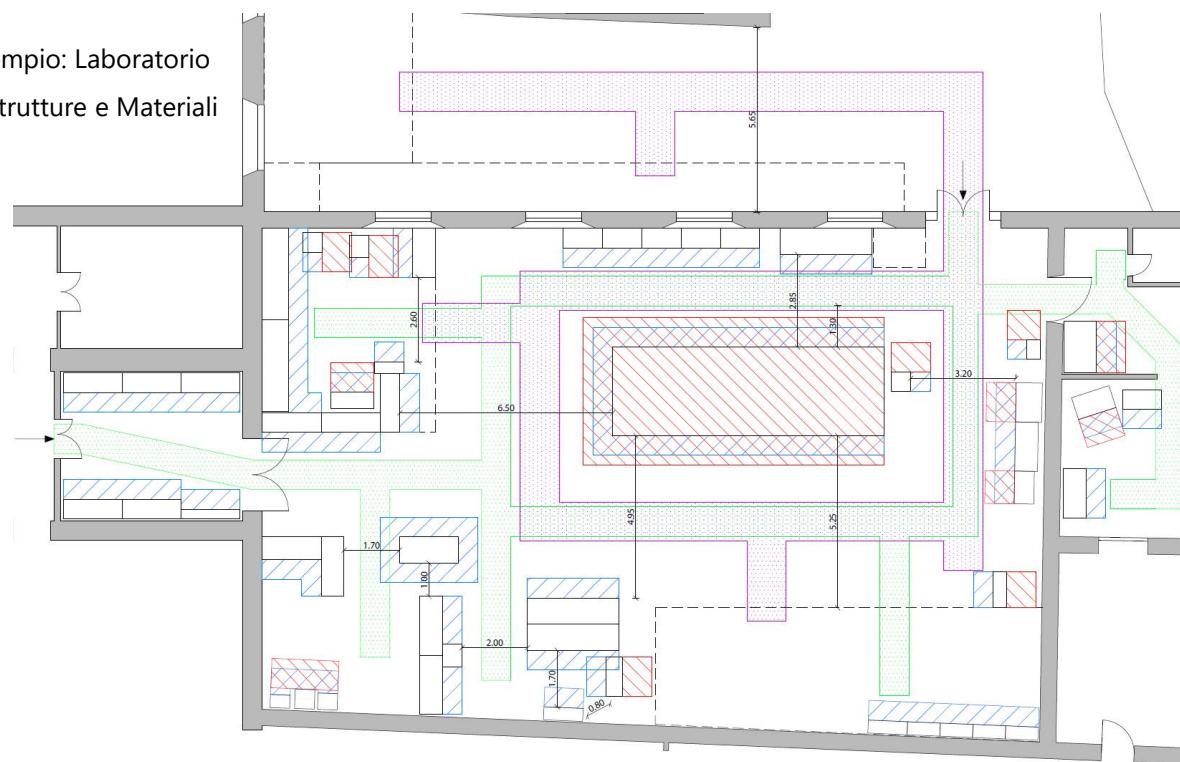


Pressa per fibrorinforzati



STATO ATTUALE

Esempio: Laboratorio
di Strutture e Materiali



LAYOUT DI ATTIVITÀ

Laboratorio di Strutture e Materiali



Criticità rilevate

- | | |
|-----------|---|
| 1 | assenza di una zona idonea per lo stoccaggio degli elementi pesanti per il setup del banco di prova e dei martinetti (attualmente depositati a terra, ingombra spazi che potrebbero risultare utili per le attività del laboratorio); |
| 2 | assenza di un magazzino per lo stoccaggio dei materiali (sabbie, ghiaie, malte, terra, ecc...) e della strumentazione per prove in situ; |
| 3 | assenza di una zona idonea per lo stoccaggio dei provini rotti, i quali devono essere conservati per almeno 60 giorni dopo la prova; |
| 4 | assenza di una zona idonea per lo stoccaggio degli elementi trave o parete da testare in laboratorio; |
| 5 | difficoltà nella movimentazione dei carichi, dovuta alla distribuzione degli spazi e all'assenza di macchinari specifici (attualmente vengono utilizzate delle gru e transpallet manuali); |
| 6 | ambiente di laboratorio non suddiviso in aree specifiche (si tratta di un unico vano che ospita tutte le funzioni, quindi poco efficiente dal punto di vista delle funzioni specifiche); |
| 7 | assenza di un locale dedicato per le pompe (le quali andrebbero peraltro rinnovate perché vecchie e troppo spesso necessitano di manutenzione); |
| 8 | condizioni termo-igrometriche non adeguate; |
| 9 | assenza di una linea ad aria compressa (sono presenti due compressori mobili); |
| 10 | spazio di preparazione dei provini esterno al laboratorio. |

STATO ATTUALE

UNITÀ AMBIENTALI

PROGETTO ARCHITETTONICO

SISTEMI TECNOLOGICI

PROGETTO STRUTTURALE

LABORATORIO DI STRUTTURE E MATERIALI

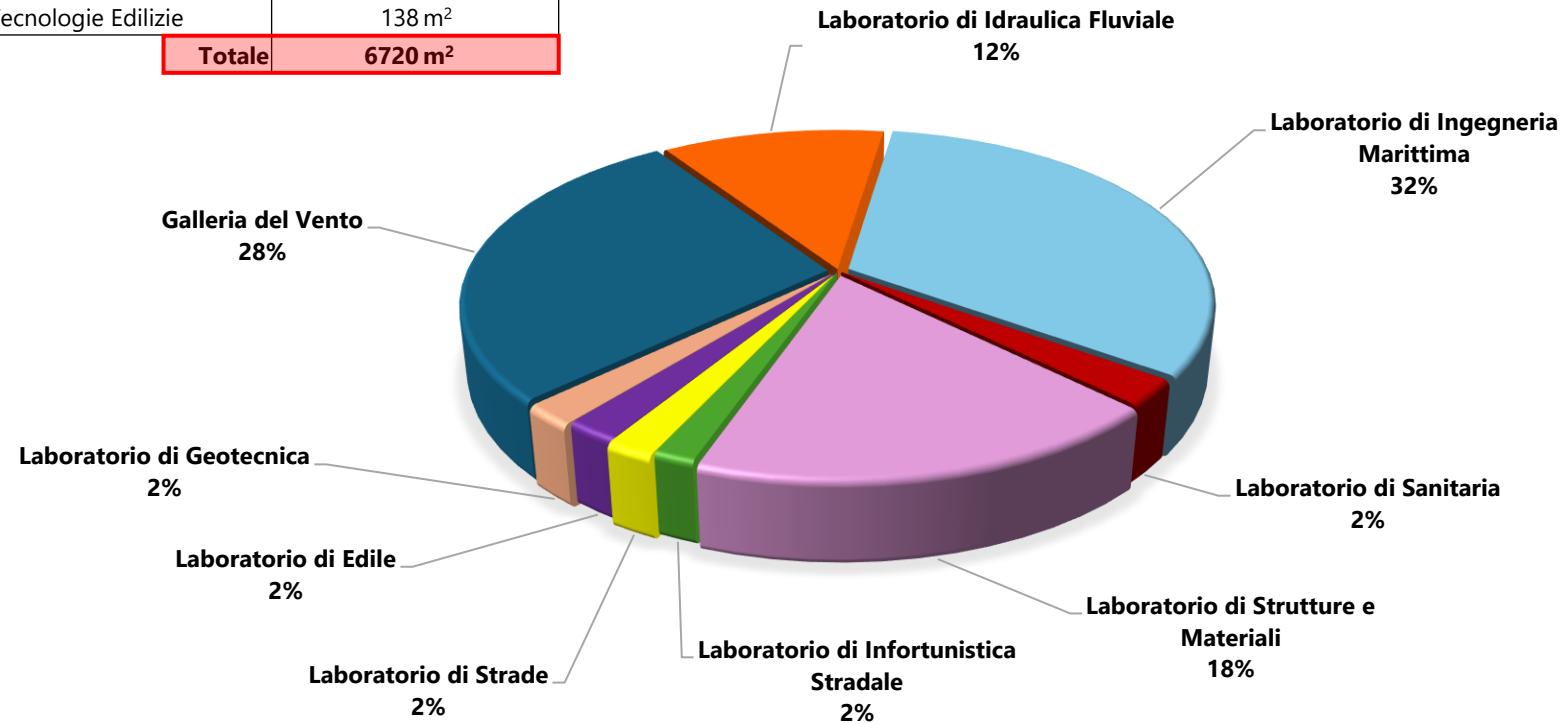
UNITÀ LOCALI	Superficie	UNITÀ LOCALI	Superficie
A) Deposito mulietti/transpallet	44,7 m ²	I) Zona per parete di contrasto	144,3 m ²
B) Box acquisizione dati tavola vibrante	36,2 m ²	L) Zona preparazione setup di prova	56,2 m ²
C) Locale tecnico	9,7 m ²	M) Ufficio/Zona meeting	51,1 m ²
D) Box acquisizione dati parete di contrasto	44,2 m ²	N) Metropolitria	36,2 m ²
E) Stoccaggio provini rotti	42,3 m ²	O) Zona prove grossolanee e rettifica provini	35,5 m ²
F) Zona prova esterna	44,7 m ²	P) Zona presse	88,8 m ²
G) Zona prove su facciate	28,1 m ²	Q) Officina	51,1 m ²
H) Tavola vibrante	60,8 m ²	R) Magazzino	51,1 m ²
NECESSITÀ DI PROSSIMITÀ		COMPUTO SUPERFICI	
• Laboratorio di Geotecnica		Superficie netta totale unità locali:	825 m ²
• Laboratorio di Tecnologie Edilizie		Superficie linda del laboratorio:	1210 m ²

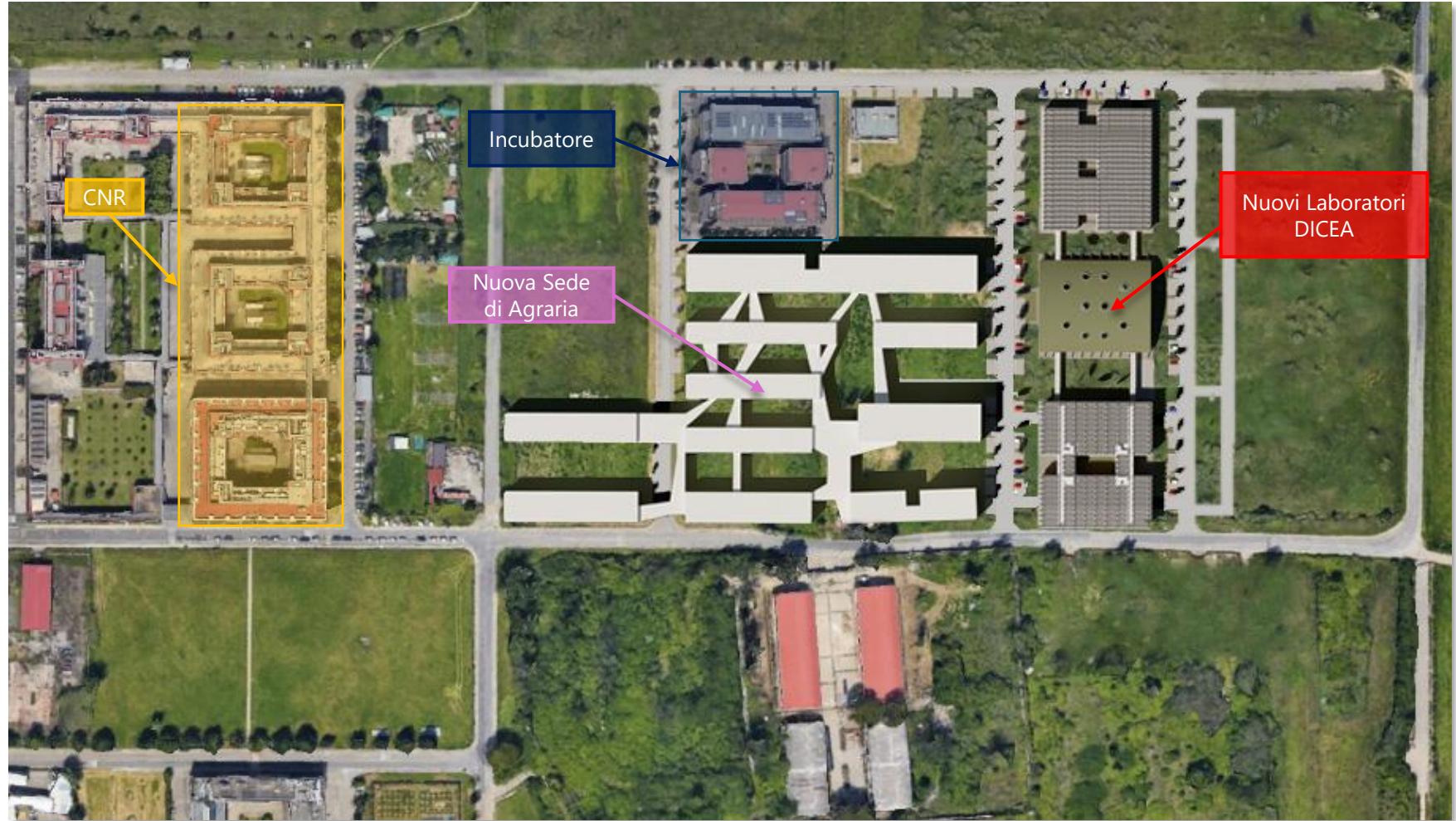
Legend



UNITÀ AMBIENTALE	Superficie linda
Laboratorio di Geotecnica	138 m ²
Galleria del Vento	1872 m ²
Laboratorio di Idraulica Fluviale	787 m ²
Laboratorio di Ingegneria Marittima	2188 m ²
Laboratorio di Sanitaria	164 m ²
Laboratorio di Strutture e Materiali	1210 m ²
Laboratorio di Infortunistica Stradale	105 m ²
Laboratorio di Strade	125 m ²
Laboratorio di Tecnologie Edilizie	138 m ²
Total	6720 m²

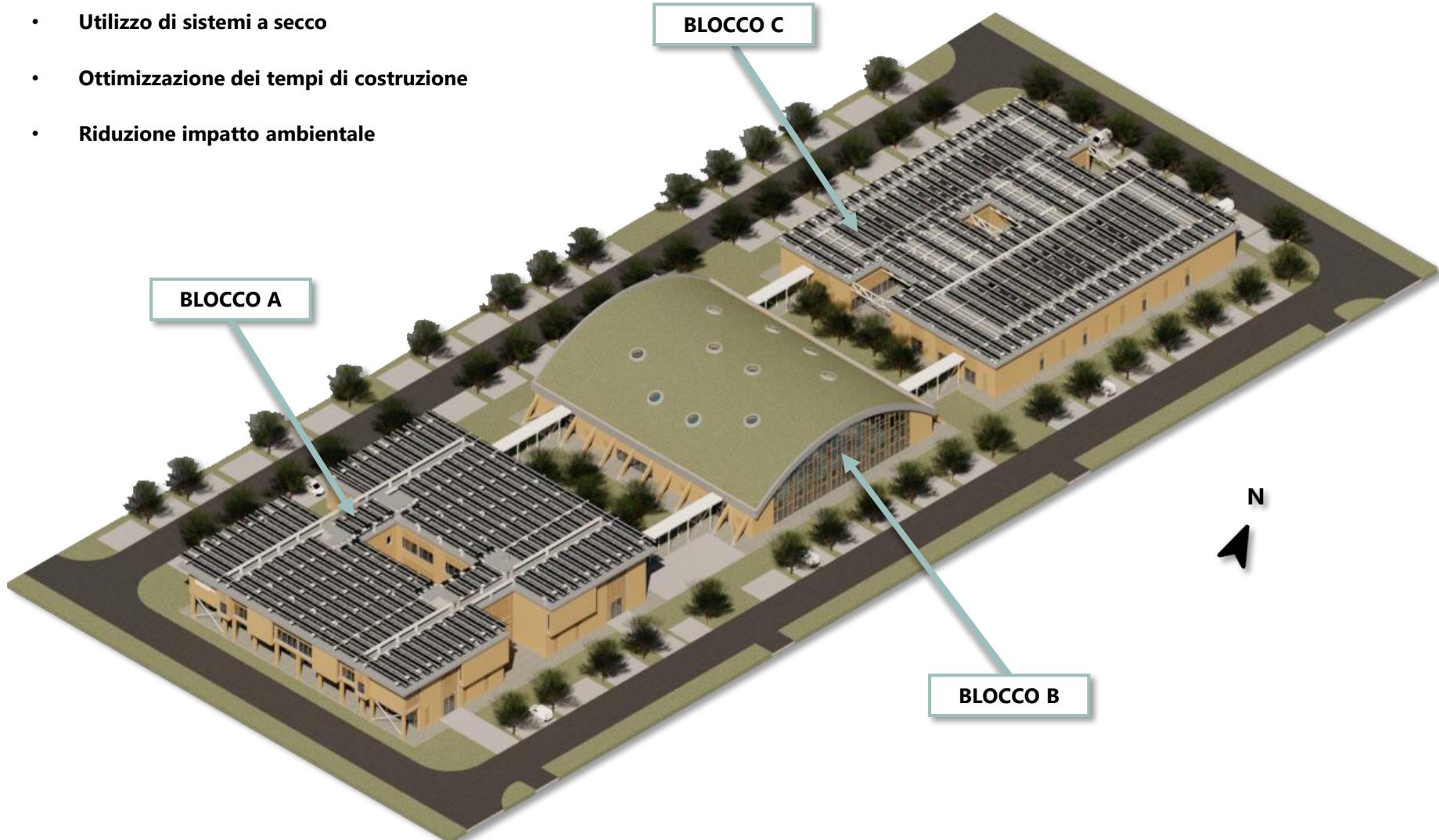
Superfici lorde occupate dalle unità ambientali dei laboratori [%]



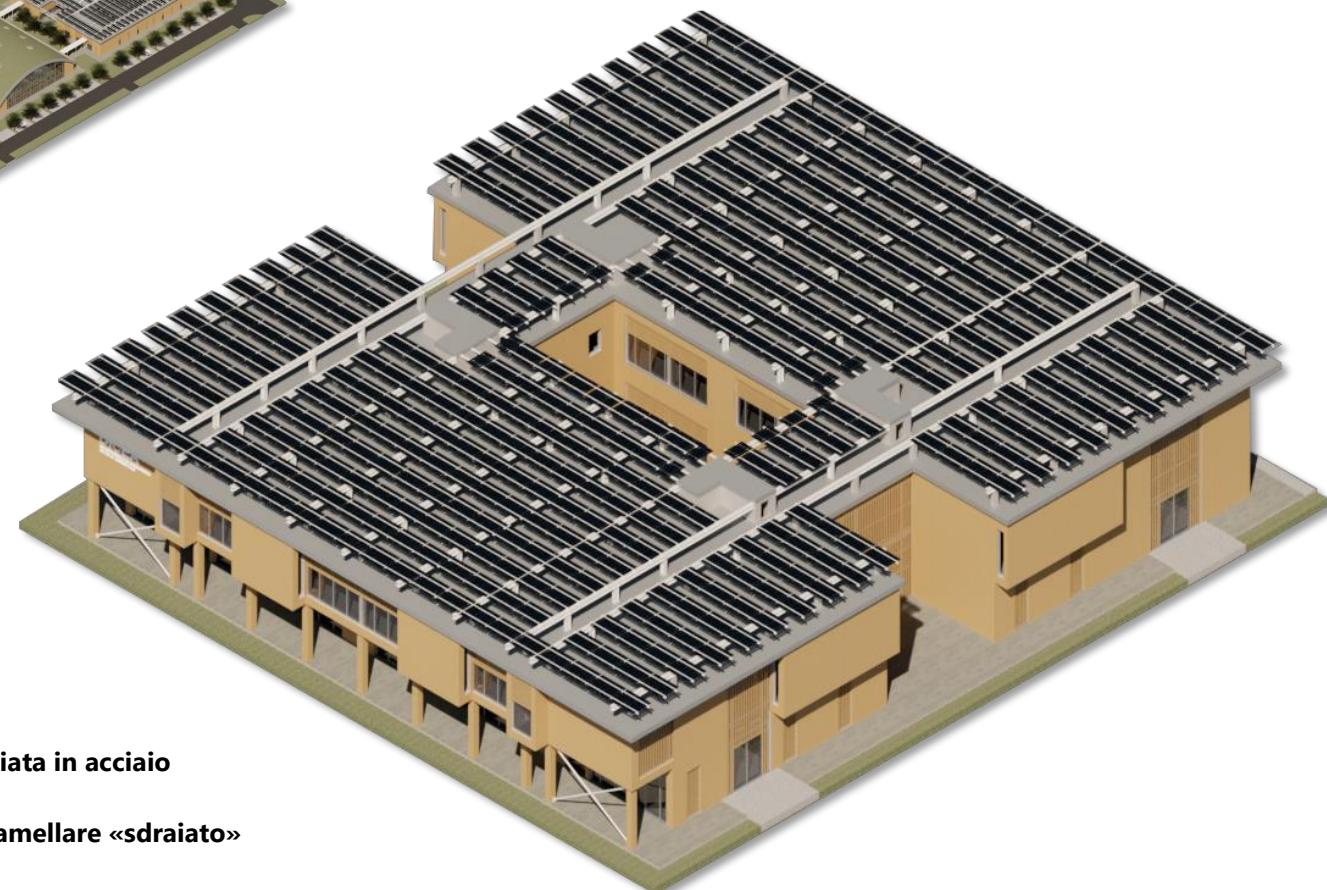
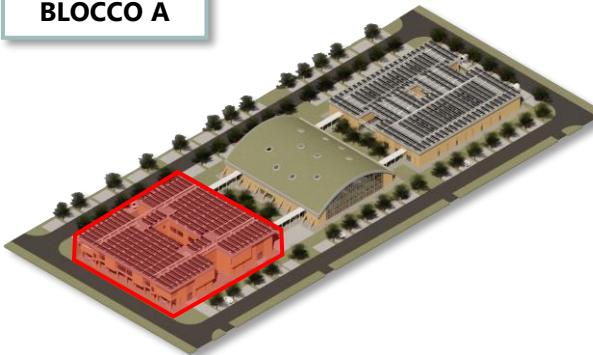
Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino

Fotoinserimento del progetto nel contesto urbano

- Utilizzo di sistemi a secco
- Ottimizzazione dei tempi di costruzione
- Riduzione impatto ambientale



BLOCCO A



- **Struttura intelaiata in acciaio**
- **Solai in legno lamellare «sdraiato»**
- **Copertura a pannelli fotovoltaici integrati alla struttura**

STATO ATTUALE

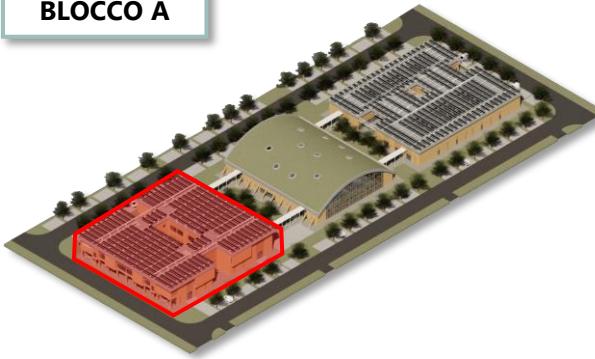
UNITÀ AMBIENTALI

PROGETTO ARCHITETTONICO

SISTEMI TECNOLOGICI

PROGETTO STRUTTURALE

BLOCCO A



Vista da Via Madonna del Piano



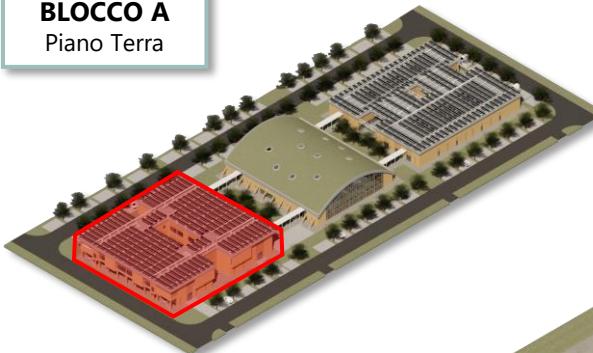
Vista laterale del porticato



Corte interna

BLOCCO A

Piano Terra

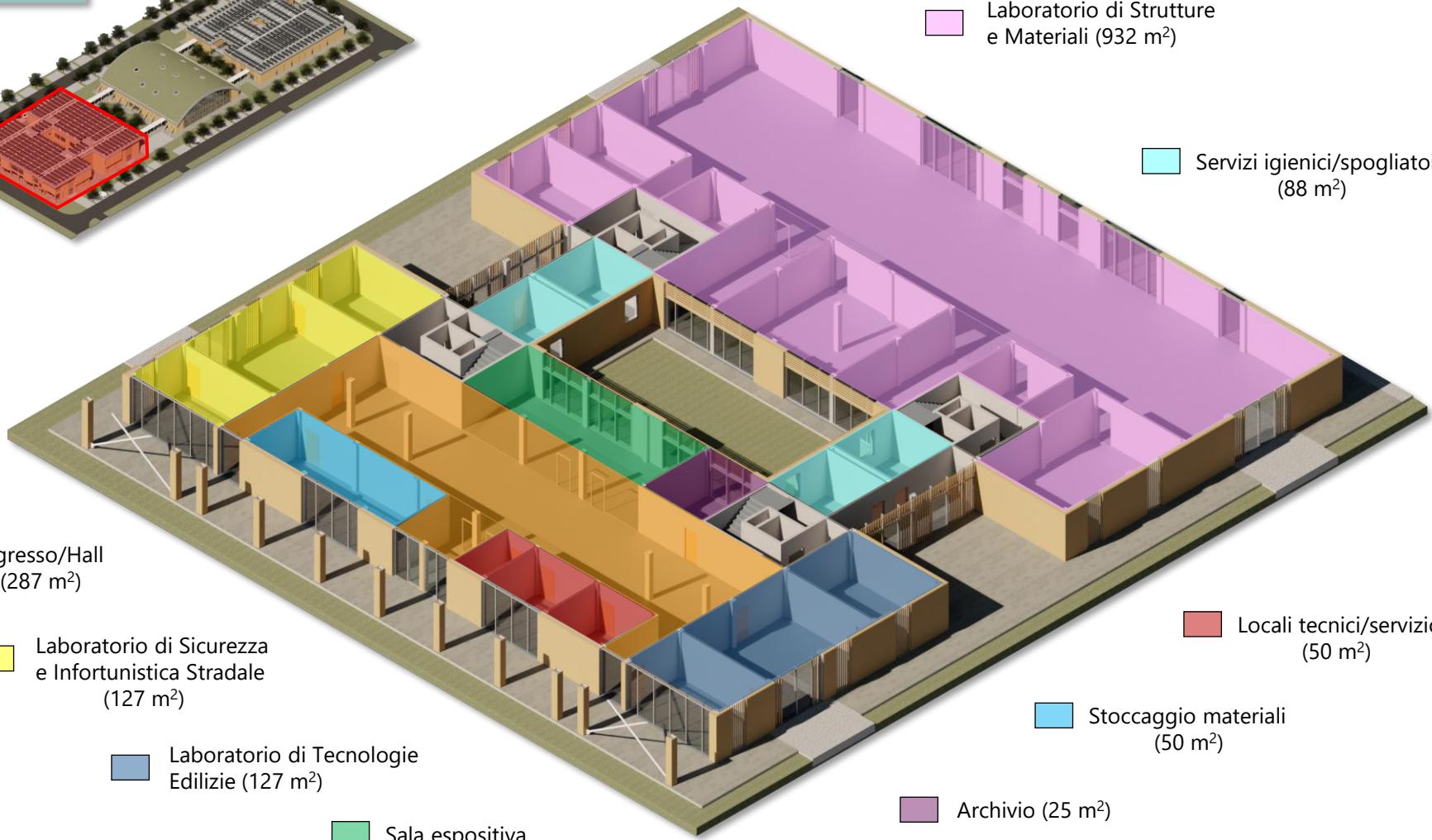


■ Ingresso/Hall
(287 m²)

■ Laboratorio di Sicurezza
e Infortunistica Stradale
(127 m²)

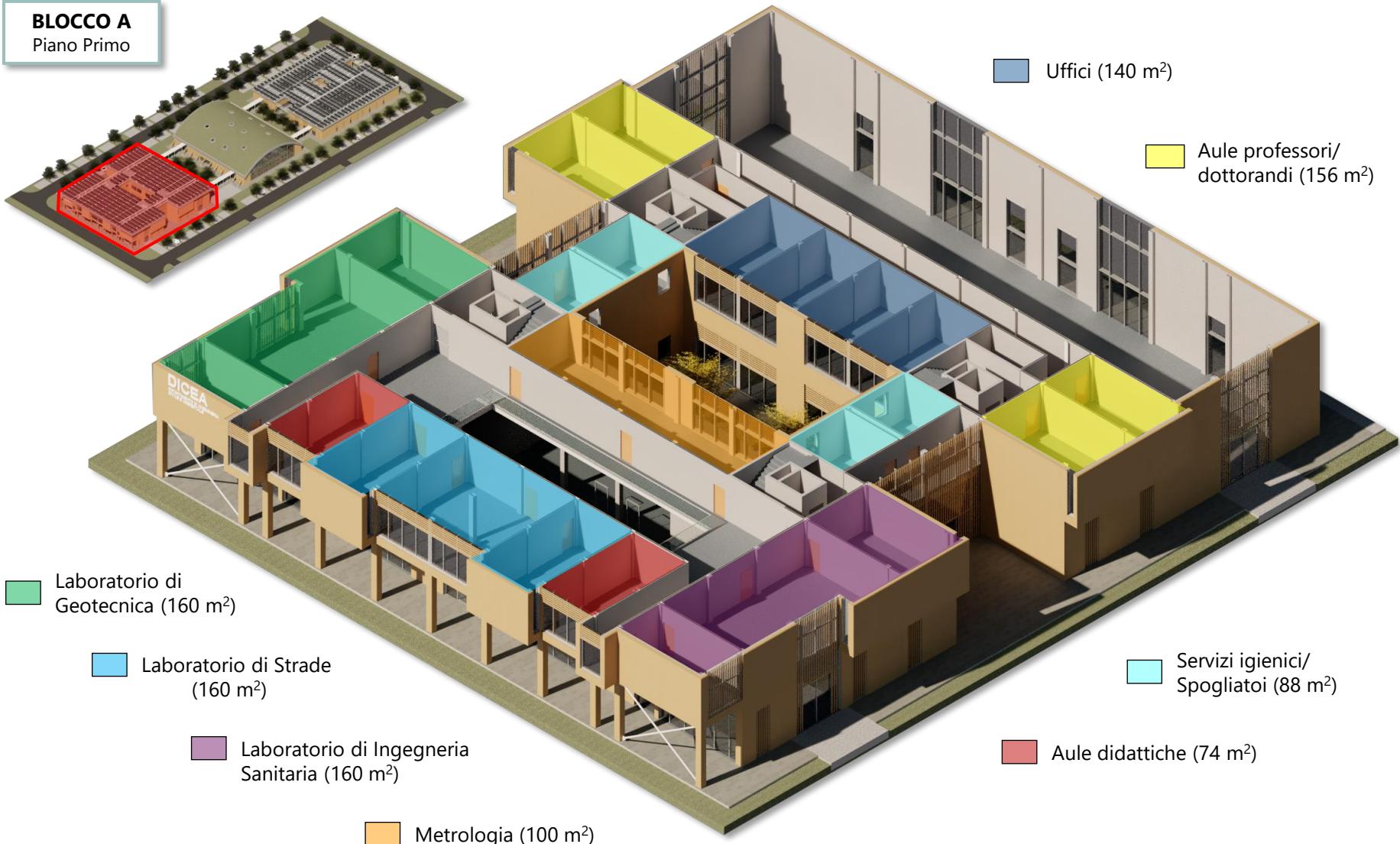
■ Laboratorio di Tecnologie
Edilizie (127 m²)

■ Sala espositiva
(74 m²)

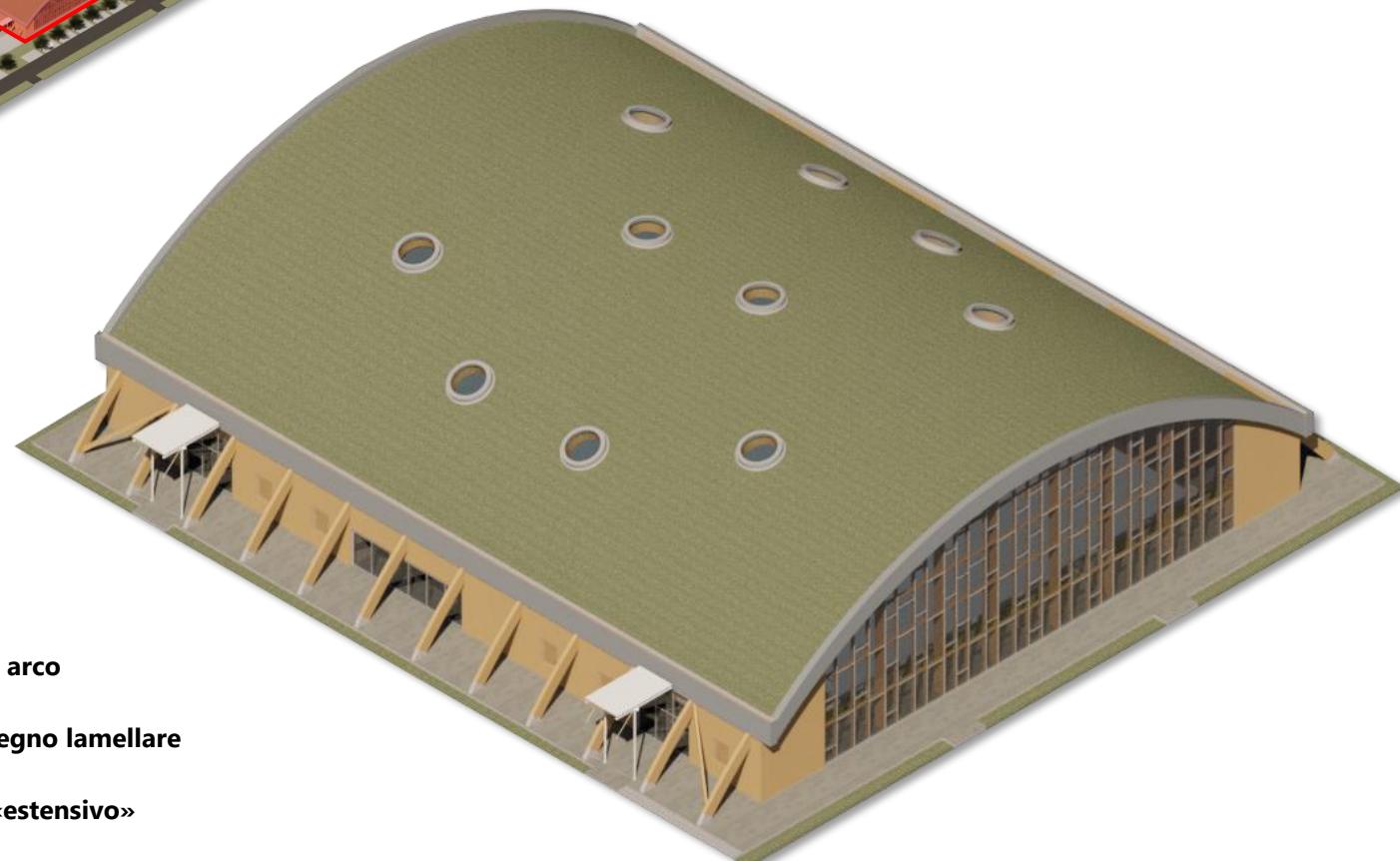
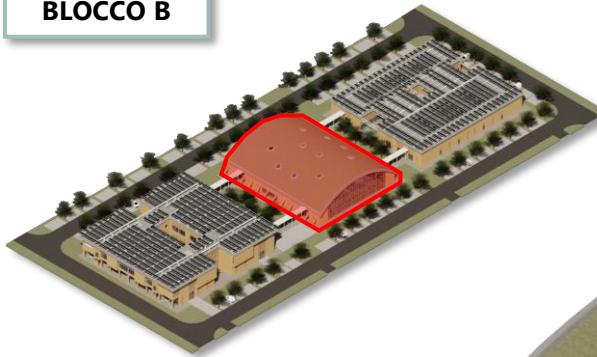


BLOCCO A

Piano Primo



BLOCCO B



- **Copertura ad arco**
- **Struttura in legno lamellare**
- **Tetto verde «estensivo»**

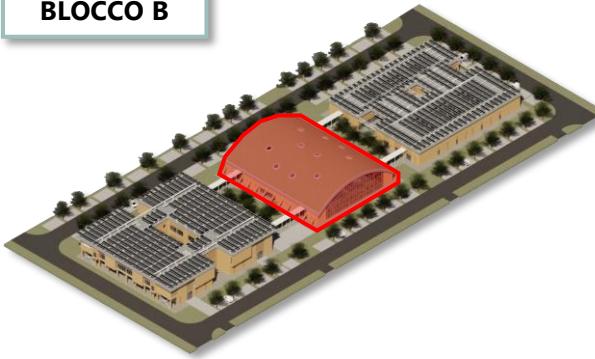
STATO ATTUALE

UNITÀ AMBIENTALI

PROGETTO ARCHITETTONICO

SISTEMI TECNOLOGICI

PROGETTO STRUTTURALE

BLOCCO B

Vista esterna dalla nuova sede di Agraria



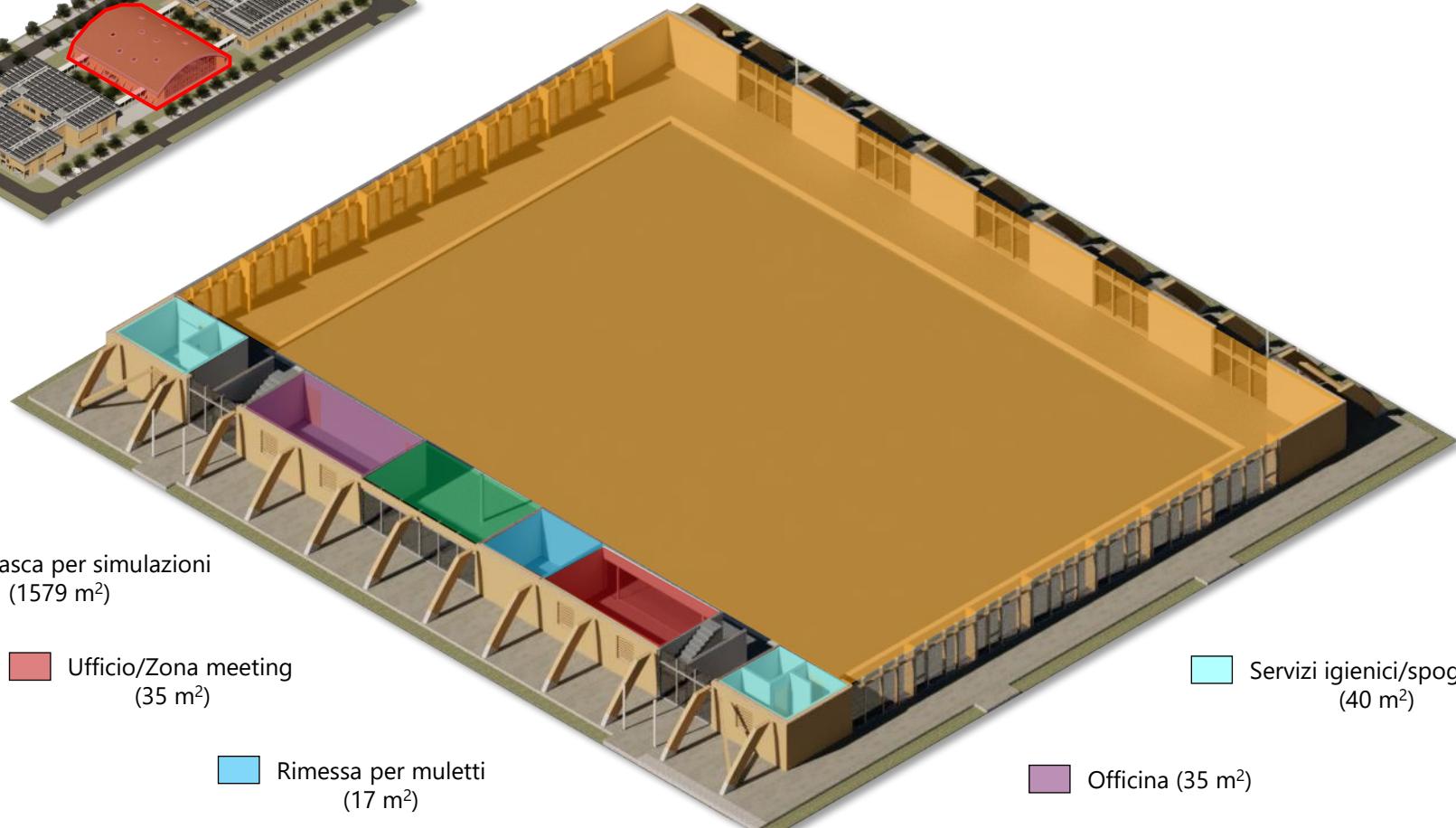
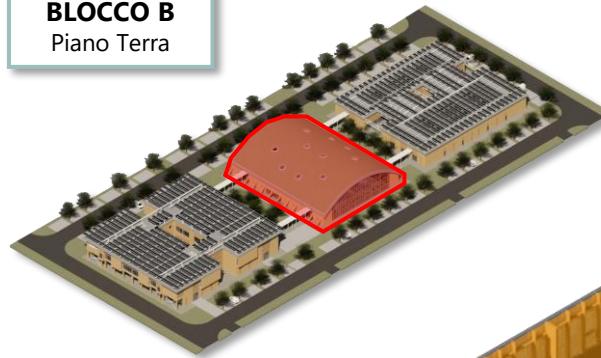
Vista esterna dal Blocco C



Vista interna

BLOCCO B

Piano Terra



Zona di stoccaggio
(41 m²)

Officina (35 m²)

Rimessa per muletti
(17 m²)

Servizi igienici/spogliatoi
(40 m²)

STATO ATTUALE

UNITÀ AMBIENTALI

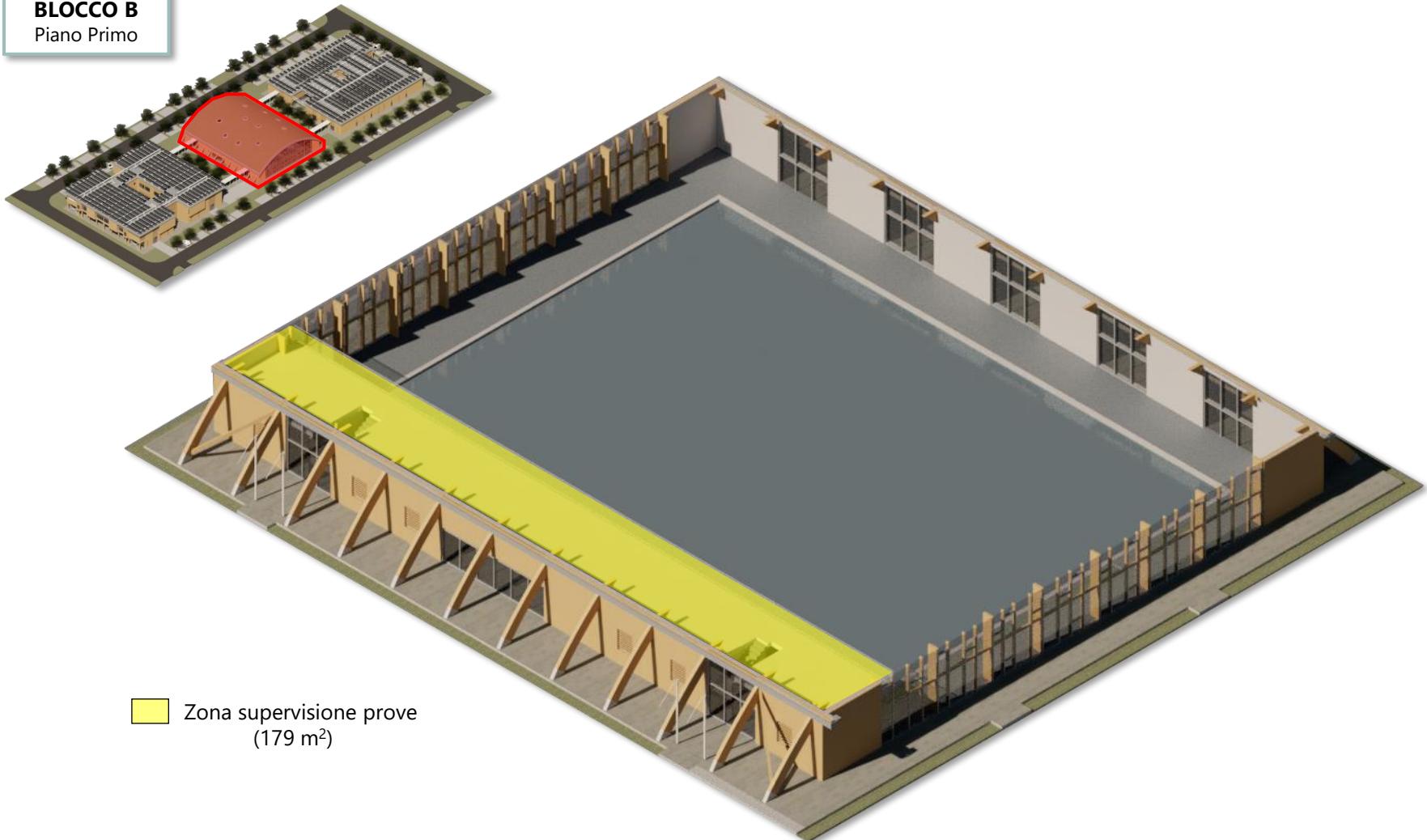
PROGETTO ARCHITETTONICO

SISTEMI TECNOLOGICI

PROGETTO STRUTTURALE

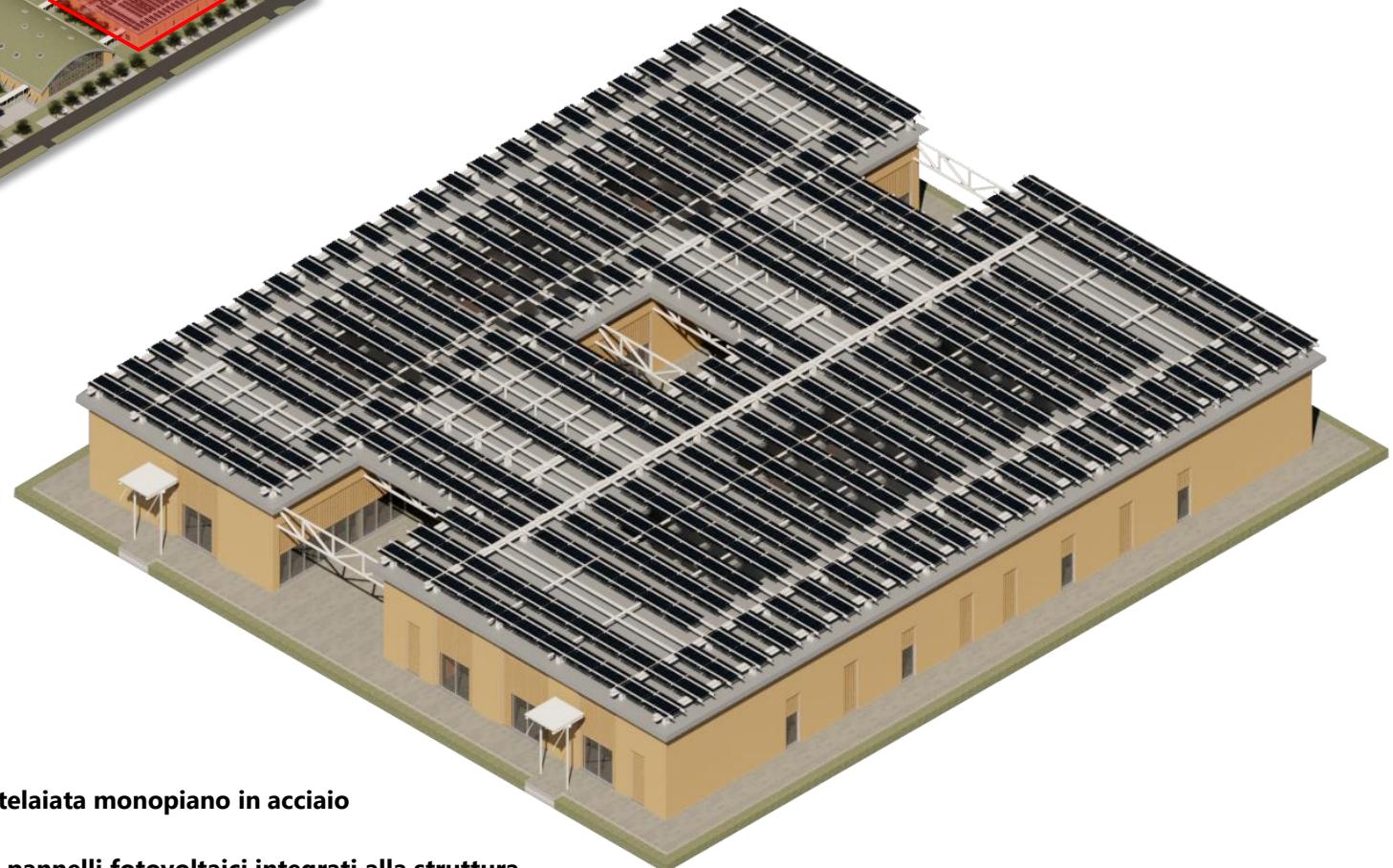
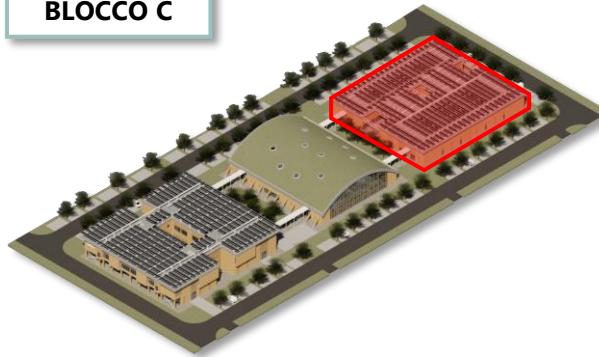
BLOCCO B

Piano Primo



Zona supervisione prove
(179 m²)

BLOCCO C



- **Struttura intelaiata monopiano in acciaio**
- **Copertura a pannelli fotovoltaici integrati alla struttura**

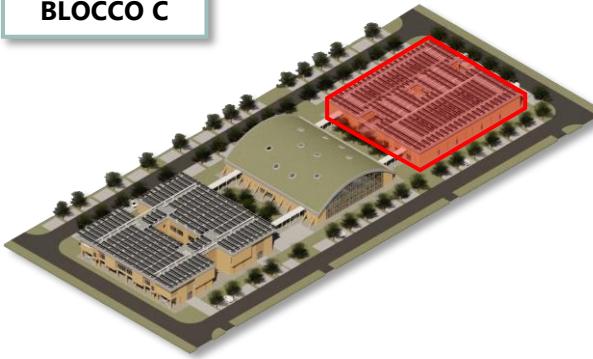
STATO ATTUALE

UNITÀ AMBIENTALI

PROGETTO ARCHITETTONICO

SISTEMI TECNOLOGICI

PROGETTO STRUTTURALE

BLOCCO C

Vista dell'ingresso della Galleria del Vento



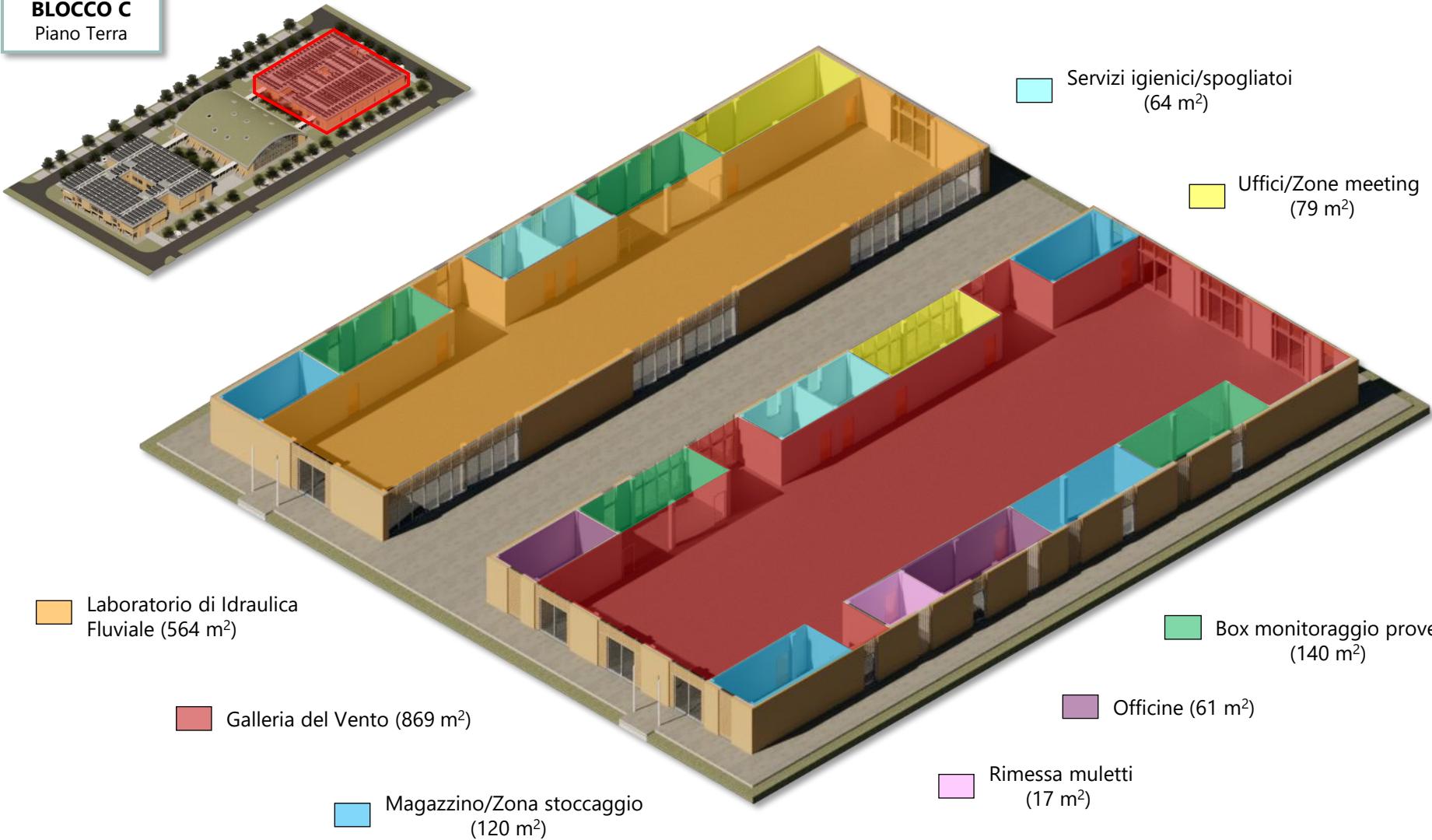
Vista esterna dal Blocco B



Vista interna del Laboratorio di Ingegneria Fluviale

BLOCCO C

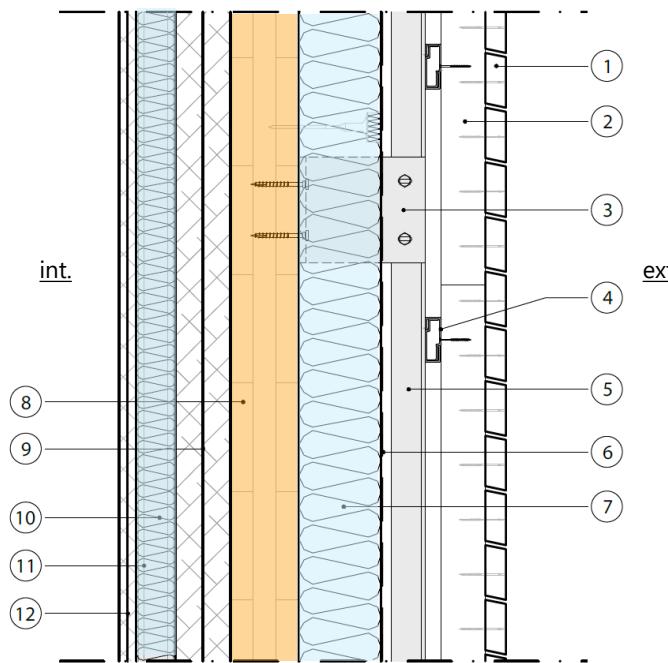
Piano Terra



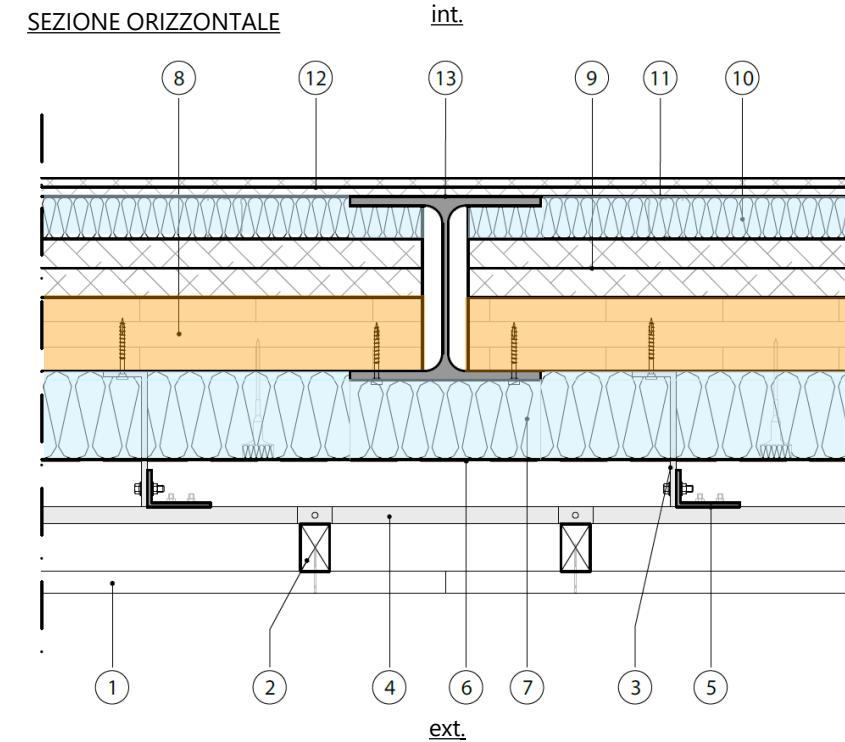
PARTIZIONI VERTICALI

FACCIATA A SCHERMO AVANZATO CON RIVESTIMENTO IN LEGNO ACCOYA

SEZIONE VERTICALE



SEZIONE ORIZZONTALE



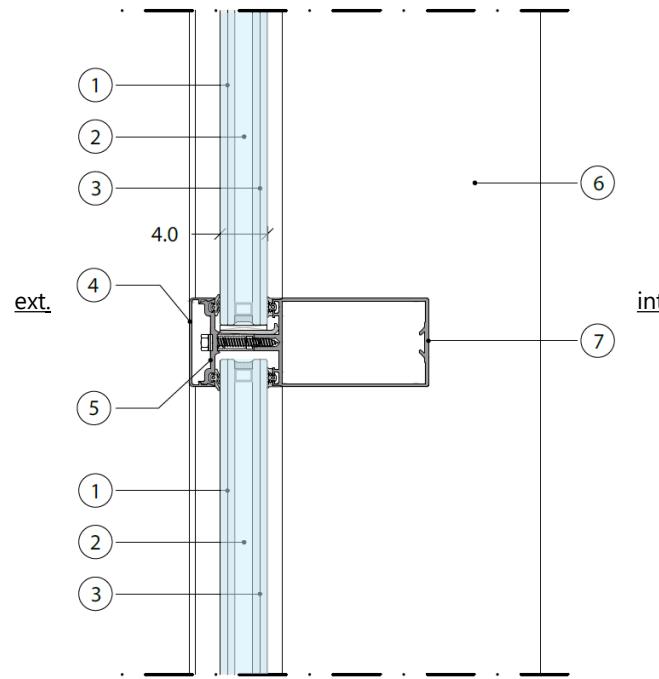
- Spessore: 37.5 cm
- $U=0.13 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- $R_w=62 \text{ dB}$
- $M_s=256 \text{ kg}/\text{m}^2$

1. Listello in legno Accoya
2. Montante in legno del pannello di facciata
3. Staffa a L in alluminio
4. Traversi e graffe in alluminio
5. Profilo a L in alluminio
6. Telo di tenuta all'aria
7. Isolante termico

8. Pannello parete in Xlam 3 strati 30/40/30
9. Pannelli in cementolegno
10. Pannello in fibra di legno
11. Profilo a C 50/50/50 in acciaio formato a freddo
12. Controparete a doppia lastra
13. Colonna HEA in acciaio S275

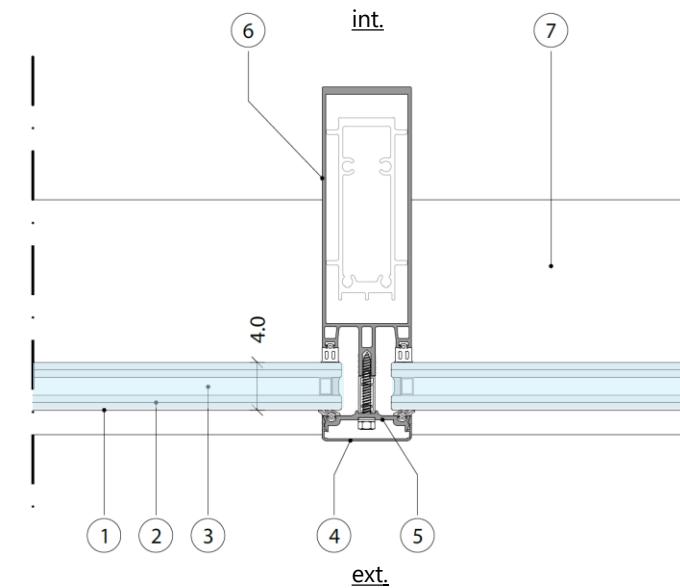
FACCIATA CONTINUA METRA POLIEDRA SKY TECH 60 A MONTANTI E TRAVERSÌ IN ALLUMINIO

SEZIONE VERTICALE



- Spessore: 23.8 cm
- $U=1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- $R_w=52 \text{ dB}$
- $P_{vetro}=62 \text{ kg}/\text{m}^2$

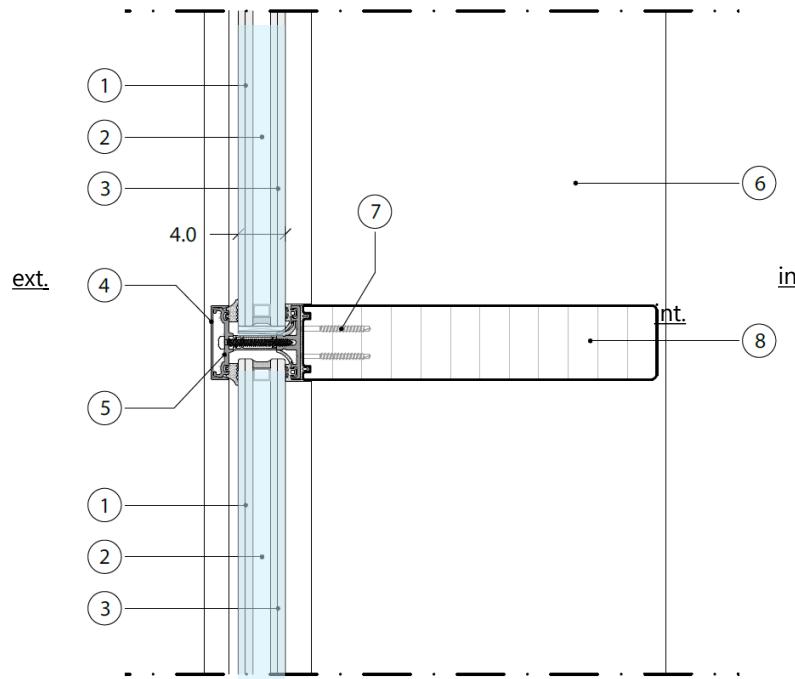
SEZIONE ORIZZONTALE



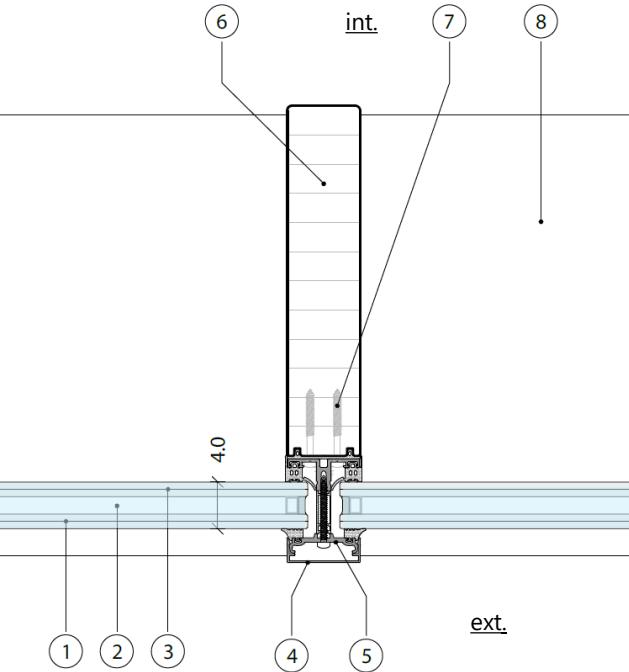
1. Doppio vetro da 6mm accoppiato con PVB da 0.76mm
2. Intercapedine con argon 90%
3. Doppio vetro da 6mm accoppiato con PVB da 0.76mm + Coating selettivo
4. Cartella in alluminio EN AW 6060
5. Pressore in alluminio EN AW 6060 con guarnizioni in EPDM
6. Montante in alluminio EN AW 6060
7. Traverso in alluminio EN AW 6060

FACCIATA CONTINUA STABALUX AK-H A MONTANTI E TRAVERSI IN LEGNO LAMELLARE

SEZIONE VERTICALE



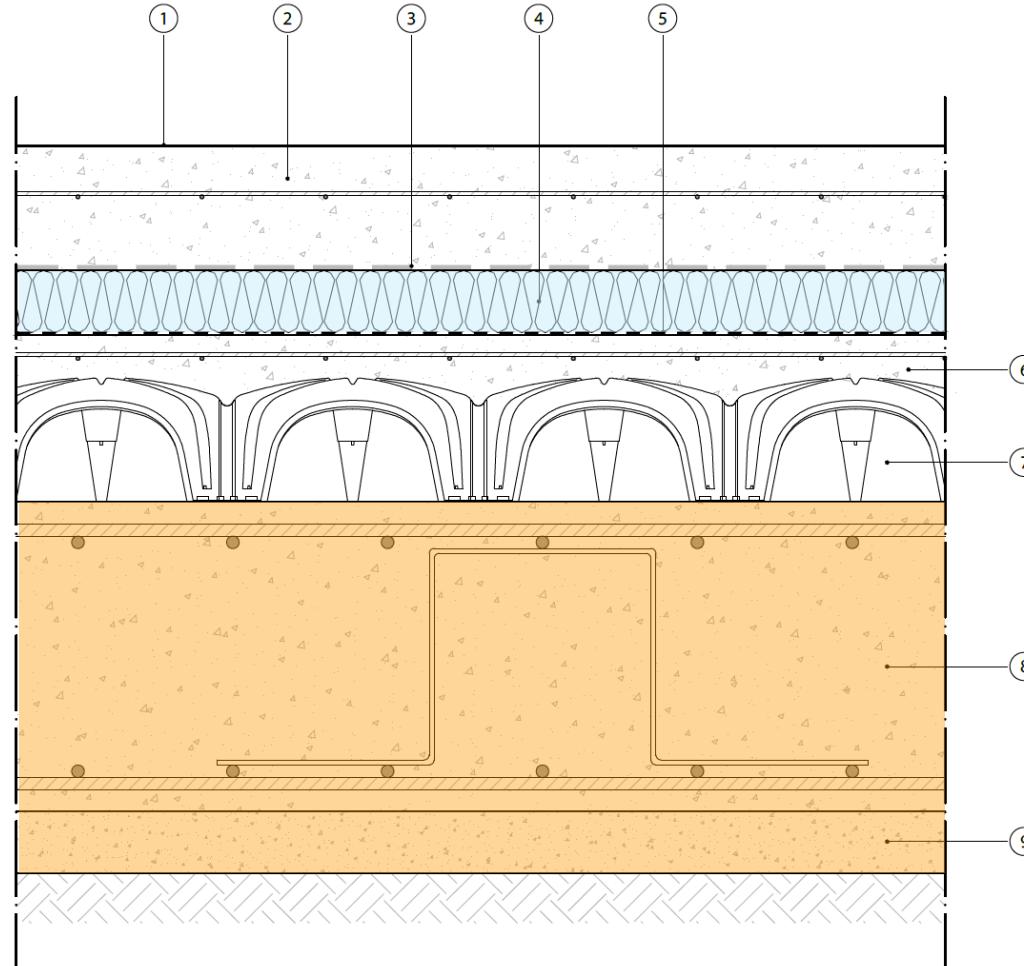
SEZIONE ORIZZONTALE



- Spessore: 31.4 cm
- $U=1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- $R_w=52 \text{ dB}$
- $P_{\text{vetro}}=62 \text{ kg}/\text{m}^2$
- 1. Doppio vetro da 6mm accoppiato con PVB da 0.76mm
- 2. Intercapedine con argon 90%
- 3. Doppio vetro da 6mm accoppiato con PVB da 0.76mm
+ Coating selettivo
- 4. Cartella in alluminio EN AW 6060
- 5. Pressore in alluminio EN AW 6060 con
guarnizioni in EPDM
- 6. Montante in legno lamellare GL24h
- 7. Viti a filettatura parziale per legno
- 8. Traverso in legno lamellare GL24h

PARTIZIONI ORIZZONTALI

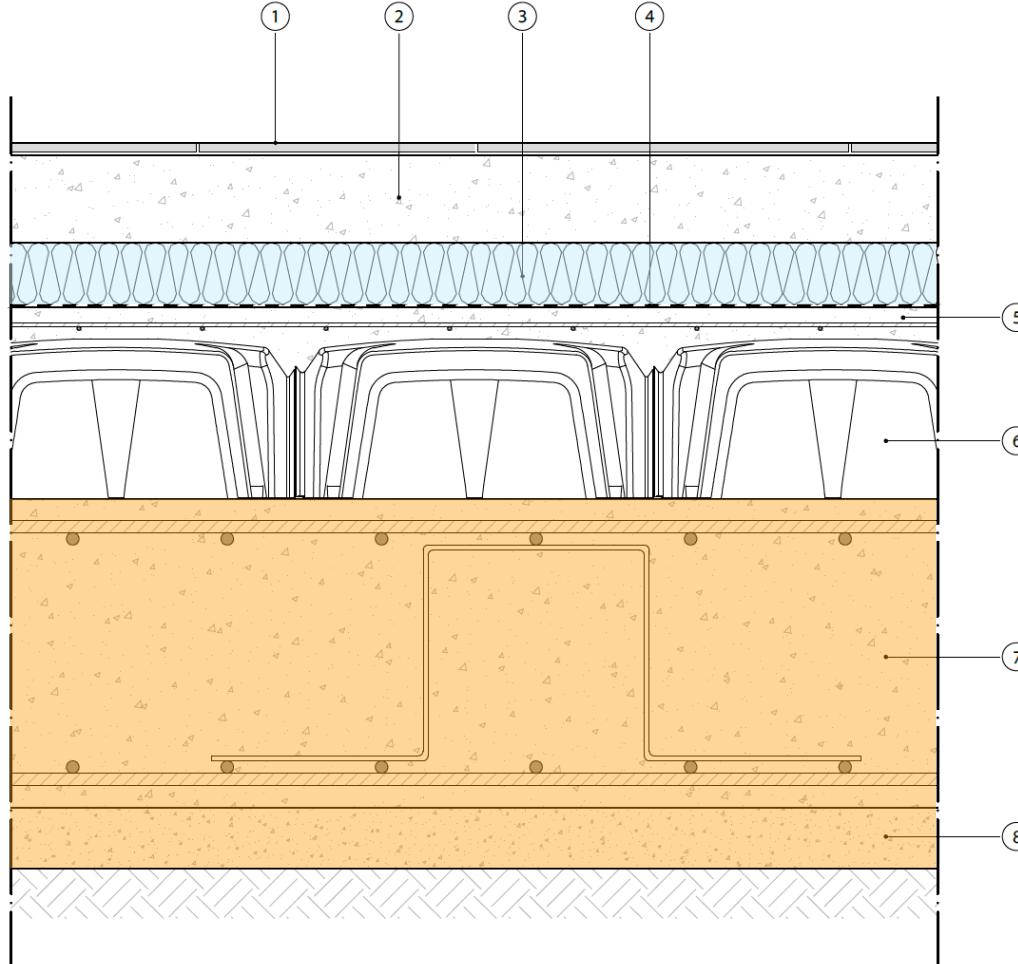
SOLAIO A TERRA CON PAVIMENTAZIONE INDUSTRIALE



1. Strato d'usura al quarzo
2. Pavimentazione industriale in calcestruzzo
3. Membrana bugnata
4. Isolante termico in XPS
5. Guaina bituminosa
6. Soletta armata in calcestruzzo C25/30
7. Vespaio areato con casseforme Cupolex H20
8. Platea di fondazione in calcestruzzo armato C25/30
9. Magrone in calcestruzzo

- Spessore: 60+57.7 cm
- $U=0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- $M=1978 \text{ kg}/\text{m}^2$

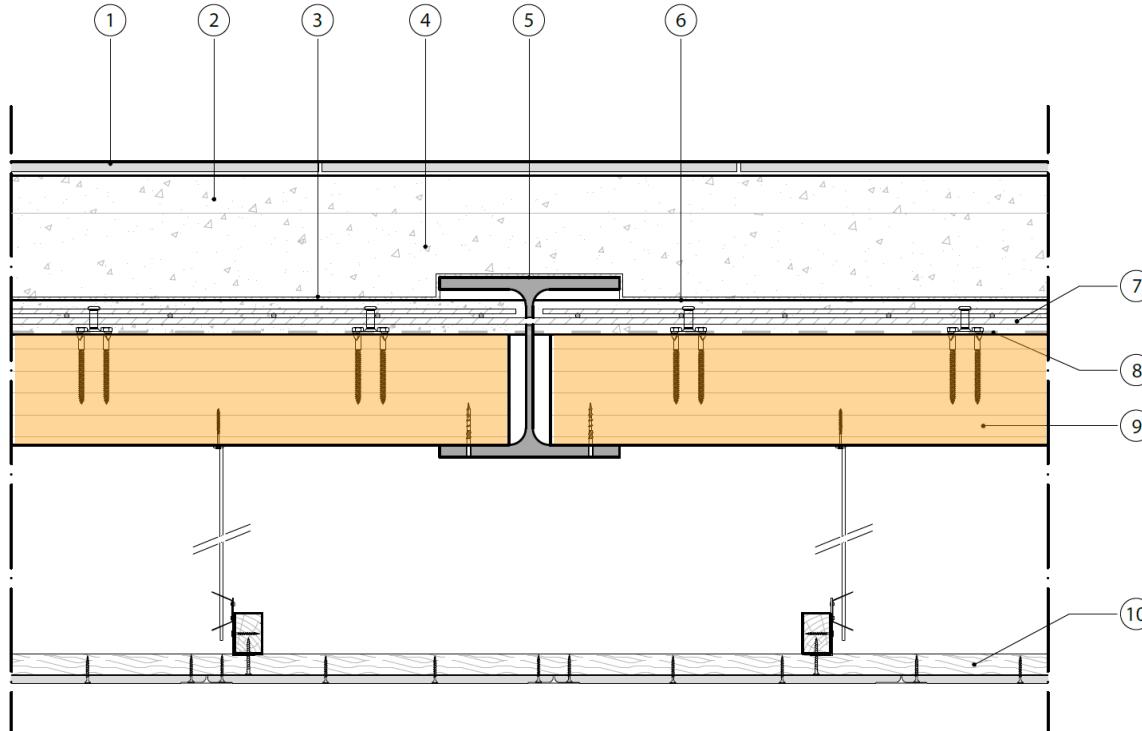
SOLAIO A TERRA CON MASSETTO PORTA IMPIANTI E FINITURA IN GRES



1. Pavimentazione in gres antiscivolo
2. Massetto porta impianti
3. Isolante termico in XPS
4. Guaina bituminosa
5. Soletta armata in calcestruzzo C25/30
6. Vespaio areato con casseforme Cupolex H26
7. Platea di fondazione in calcestruzzo armato C25/30
8. Magrone in calcestruzzo

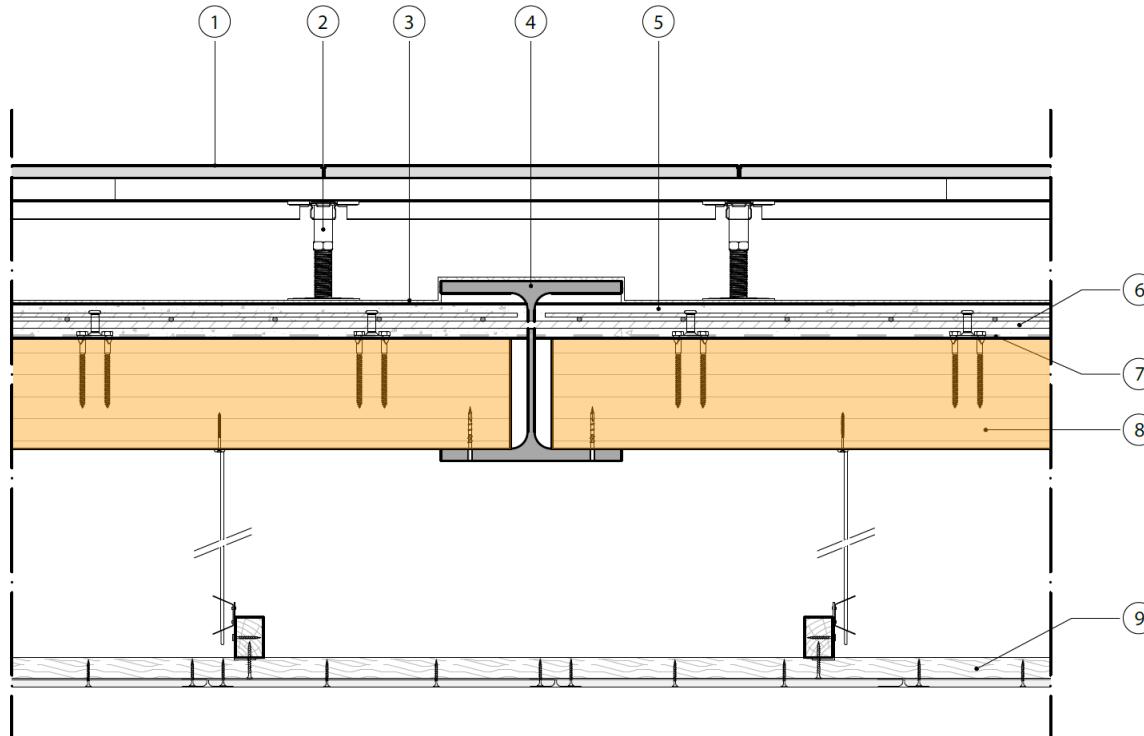
- Spessore: 60+57.7 cm
- $U=0.13 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- $M=1613 \text{ kg}/\text{m}^2$

SOLAIO INTERPIANO IN LEGNO LAMELLARE «SDRAIATO» CON MASSETTO E FINITURA IN GRES



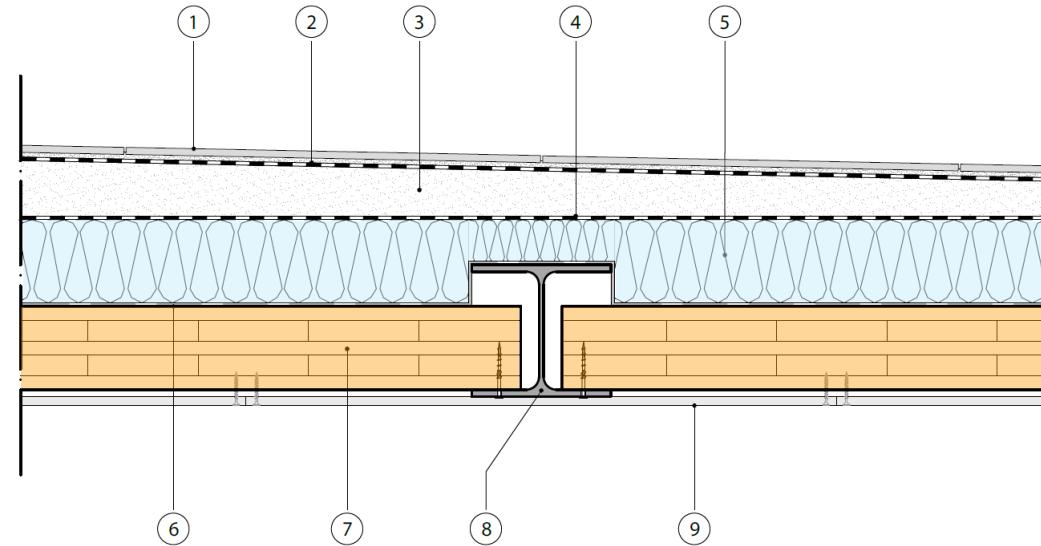
1. Pavimentazione in gres antiscivolo
2. Massetto porta impianti
3. Tappetino acustico
4. Sottofondo alleggerito
5. Trave di piano HEB in acciaio S275
6. Soletta collaborante in cls armato collegata al solaio mediante connettori
7. Telo traspirante e idrorepellente
8. Barra passante in acciaio B450C
9. Pannello solaio in LLI
10. Controsoffitto a struttura in legno con rivestimento a lastre REI

SOLAIO INTERPIANO IN LEGNO LAMELLARE «SDRAIATO» CON PAVIMENTAZIONE GALLEGGIANTE



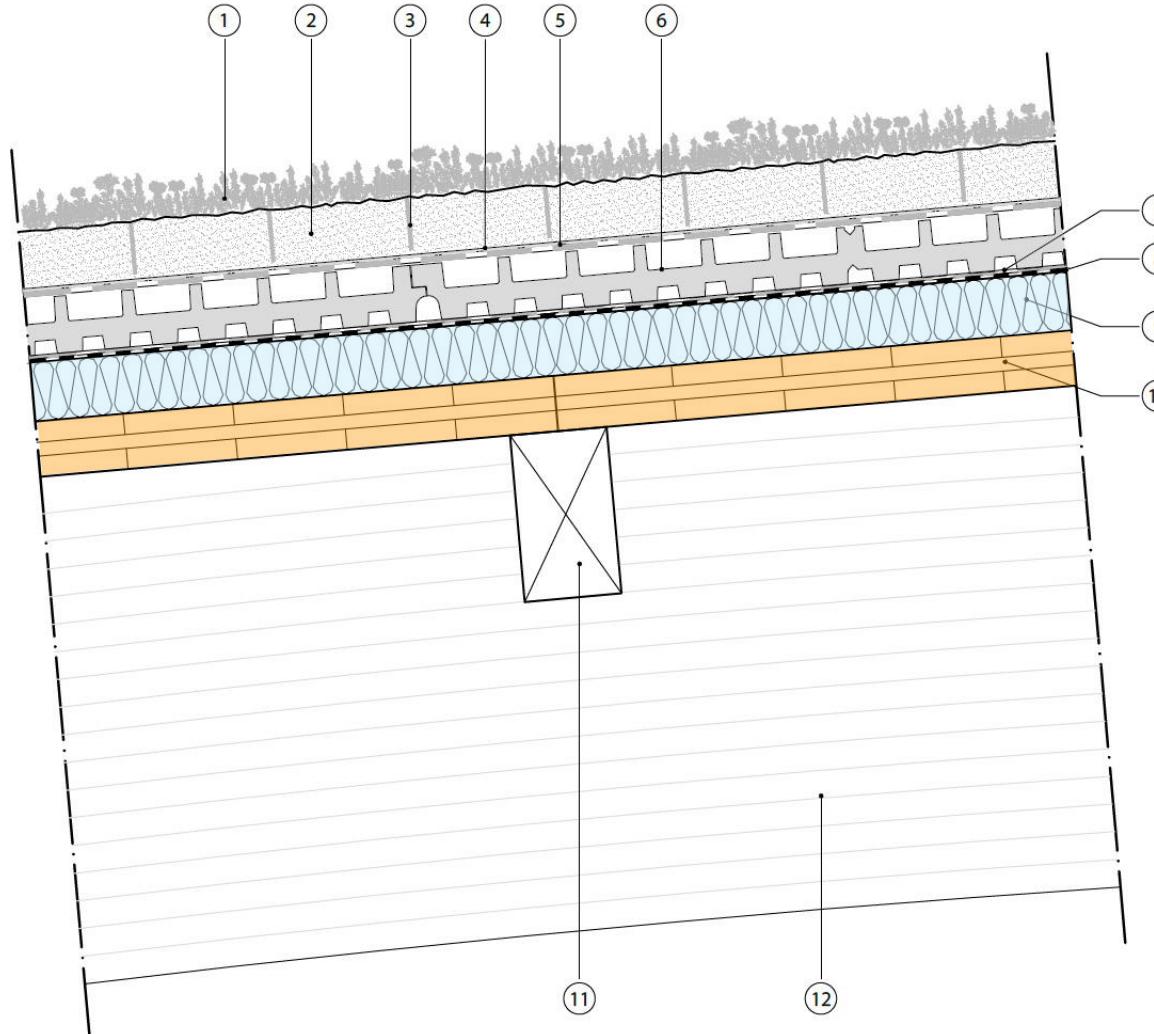
1. Pavimentazione in gres antiscivolo
2. Pavimentazione galleggiante
3. Tappetino acustico
4. Trave di piano HEB in acciaio S275
5. Soletta collaborante in cls armato collegata al solaio mediante connettori
6. Barra passante Ø10 in acciaio B450C
7. Telo traspirante e idrorepellente
8. Pannello solaio in LLI
9. Controsoffitto a struttura in legno con rivestimento a lastre REI

SOLAIO DI COPERTURA A PANNELLI X-LAM CON MASSETTO DELLE PENDENZE



- Pendenza: 2%
 - $U=0.16 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
 - $M_s=234 \text{ kg}/\text{m}^2$
- | | |
|---|---|
| 1. Pavimentazione in gres antiscivolo | 6. Barriera a vapore |
| 2. Doppia guaina bituminosa a strati incrociati | 7. Pannello X-Lam 5 strati (20/30/20/30/20) |
| 3. Massetto delle pendenze alleggerito | 8. Trave di copertura HEB in acciaio S275 |
| 4. Guaina bituminosa | 9. Lastra di cartongesso |
| 5. Isolante termico | |

SOLAIO DI COPERTURA A PANNELLI X-LAM CON MANTO IN VERDE ESTENSIVO



1. Stuoia prevegetata di sedum
2. Strato colturale
3. Geocella alveolare di trattamento
4. Geogriglia in polipropilene
5. Strato di trattamento
6. Pannello di accumulo e drenaggio
7. Manto antiradice
8. Guaina in TPO poliolefine
9. Isolante termico
10. Pannello X-Lam 3 strati (30/20/30)
11. Arcareccio in LLI GL24h
12. Trave curva in LLI GL24h

- Pendenza: max 35%
- $U=0.21 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- $M_s=257 \text{ kg}/\text{m}^2$

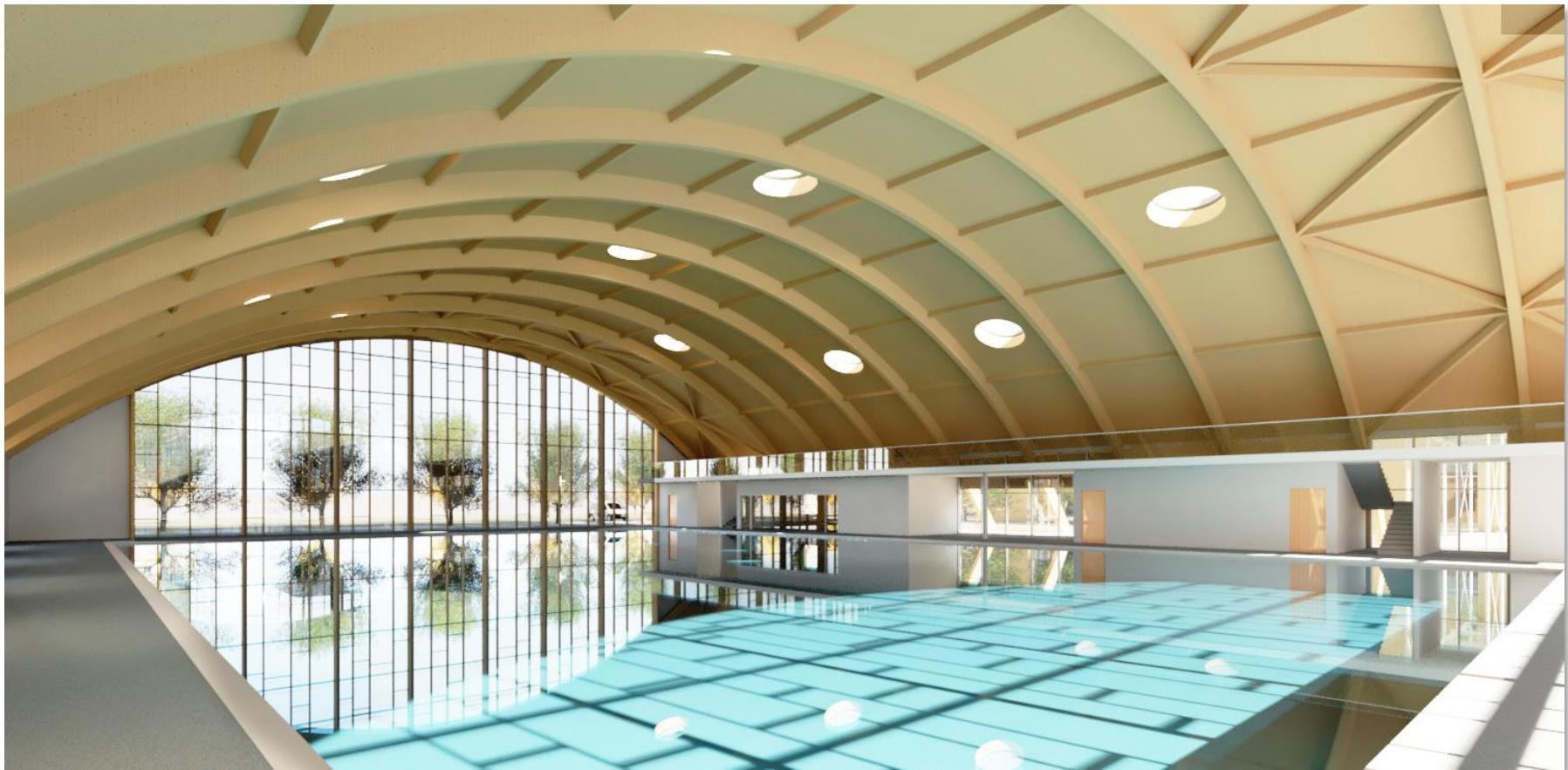
STATO ATTUALE

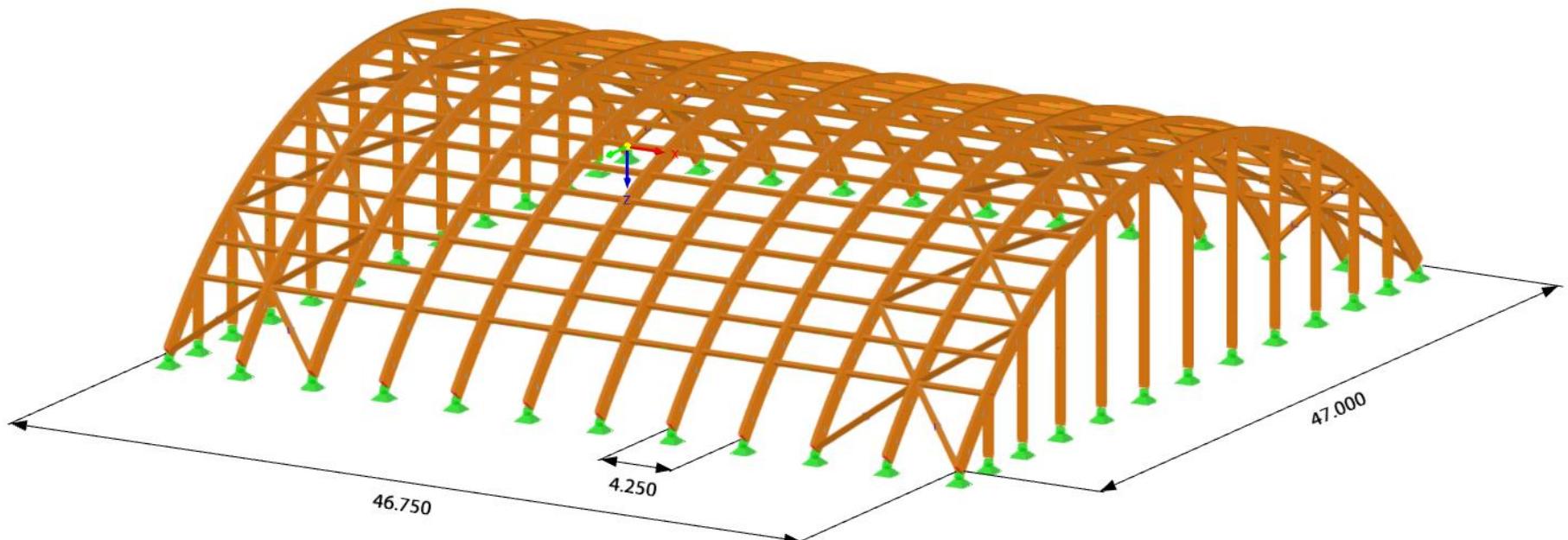
UNITÀ AMBIENTALI

PROGETTO ARCHITETTONICO

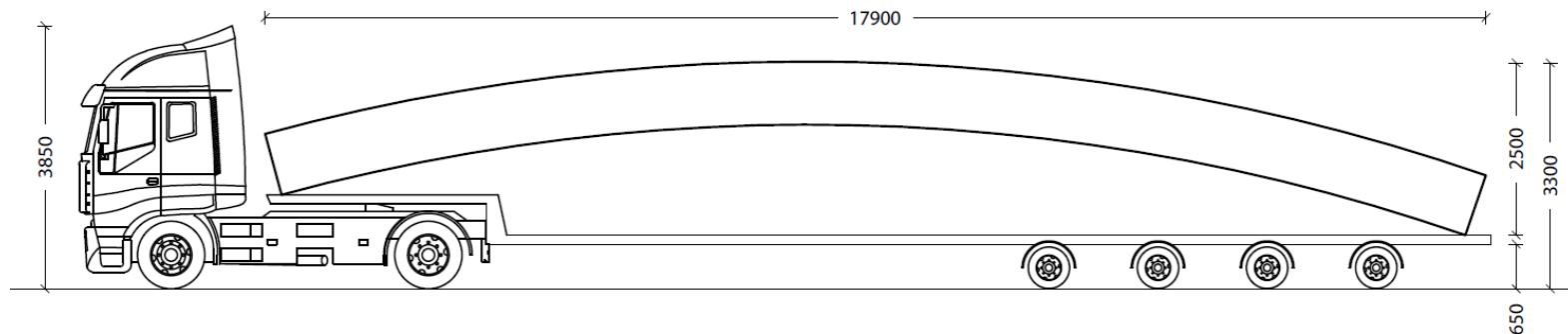
SISTEMI TECNOLOGICI

PROGETTO STRUTTURALE

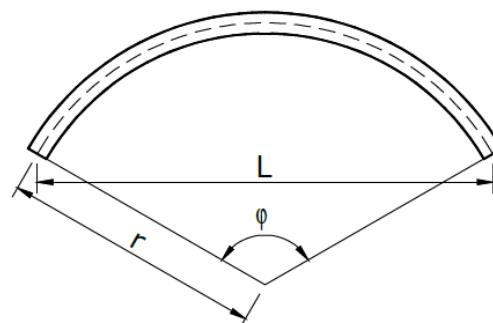




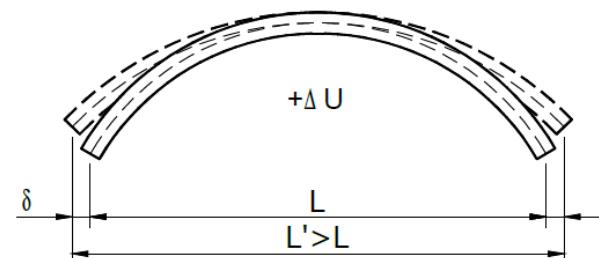
TRASPORTABILITÀ SU CAMION DEI CONCI DI ARCO



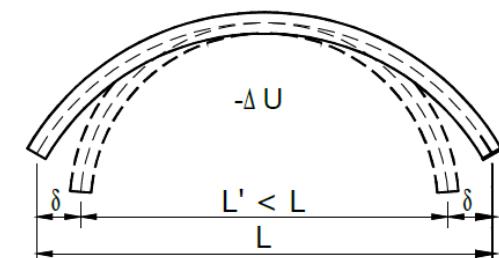
COMPORTAMENTO IGROSCOPICO DEL LEGNO



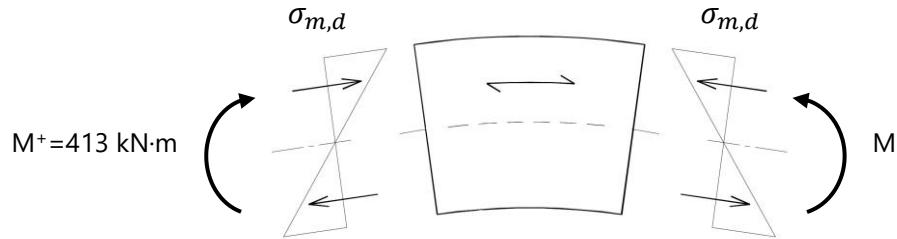
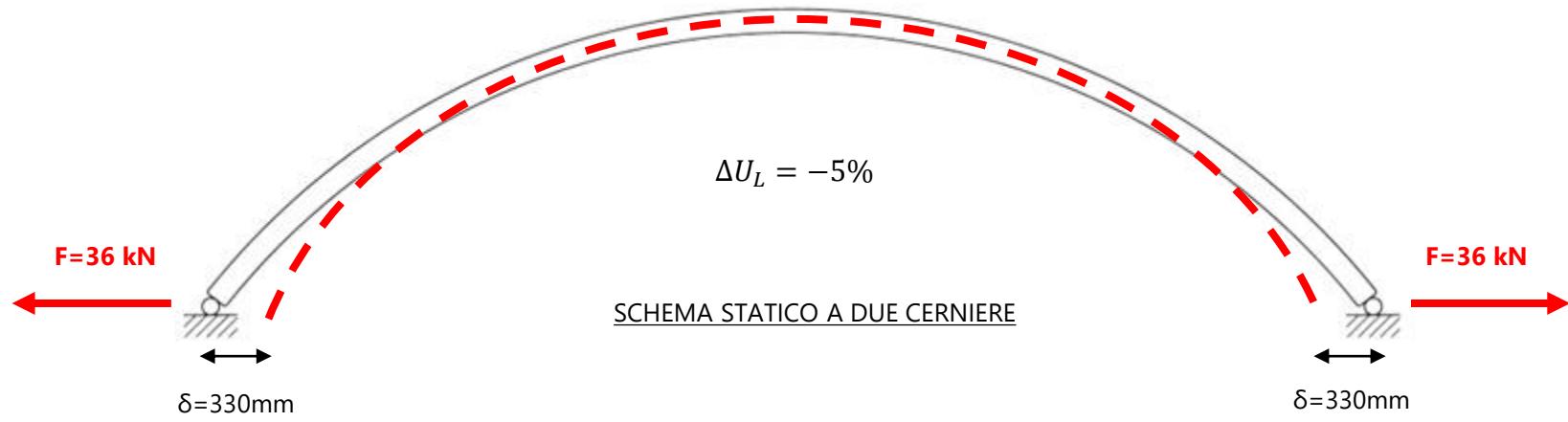
Elemento curvo iniziale
 $U_{L,\text{iniziale}}$



Distensione dell'elemento
 $U_{L,\text{finale}} > U_{L,\text{iniziale}}$

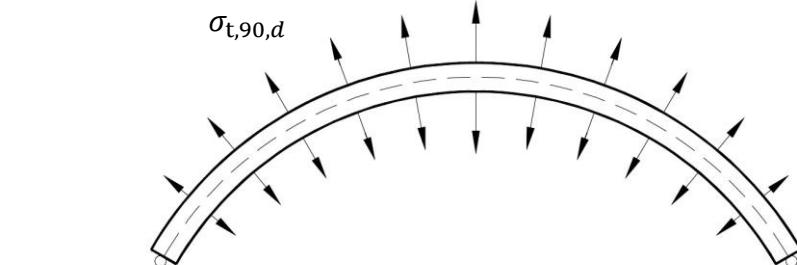


Ritiro dell'elemento
 $U_{L,\text{finale}} < U_{L,\text{iniziale}}$



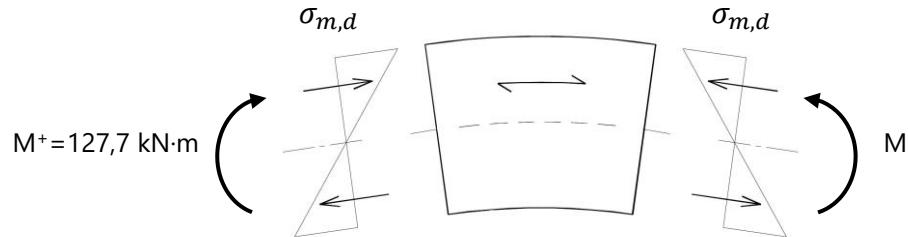
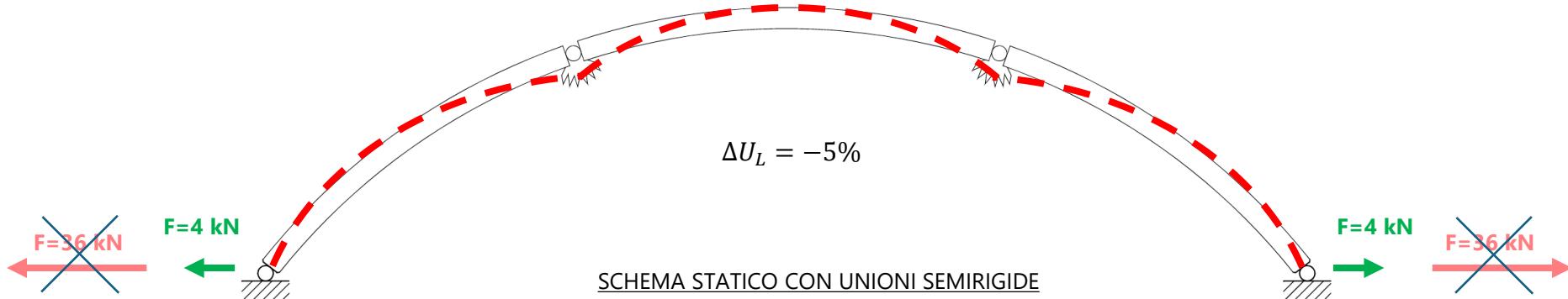
$$\sigma_{m,d} = 11,20 \frac{N}{mm^2} > 10,67 \frac{N}{mm^2} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

⇒ Le sole autotensioni di flessione indotte dal ritiro
impedirebbero l'arco a rottura!

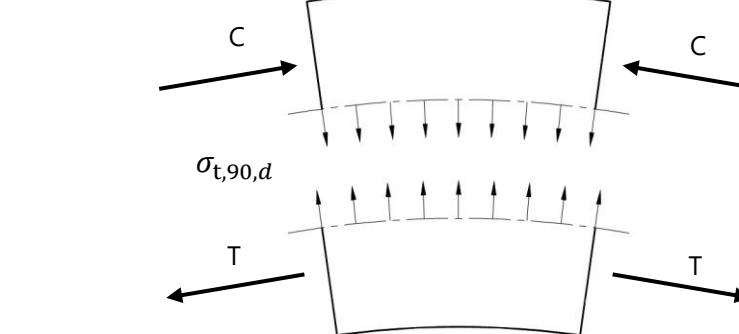


$$\sigma_{t,90,d} = 0,091 \frac{N}{mm^2} \cong 0,093 \frac{N}{mm^2} = k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M}$$

⇒ Valori di tensione ortogonale alla fibratura
coincidenti con quelli di rottura!



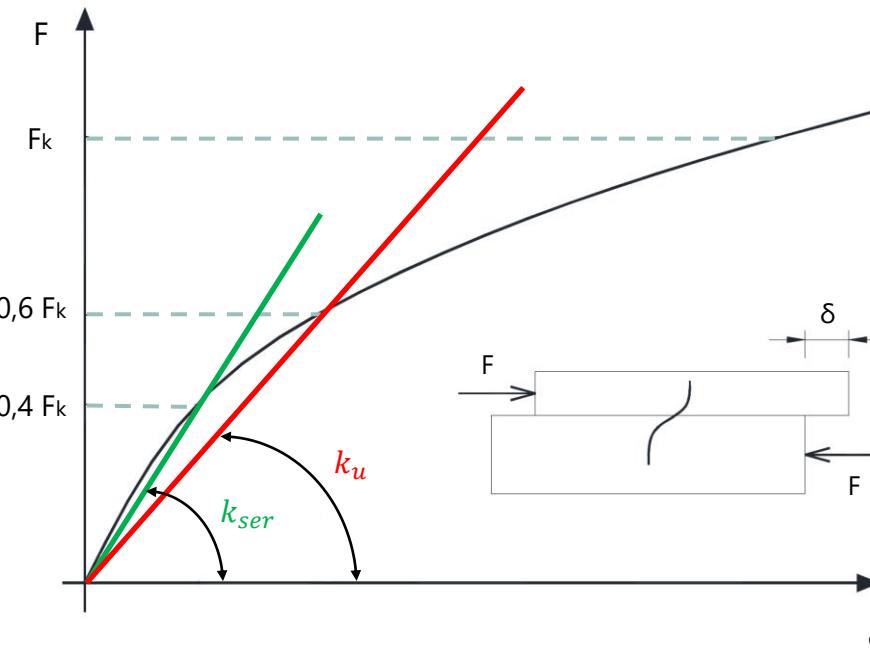
$$\sigma_{m,d} = 3,46 \frac{N}{mm^2} < 10,67 \frac{N}{mm^2} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$



$$\sigma_{t,90,d} = 0,028 \frac{N}{mm^2} < 0,093 \frac{N}{mm^2} = k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M}$$

⇒ Le tensioni di flessione e di trazione ortogonale alla fibratura risultano contenute e le verifiche sono ampiamente soddisfatte!

DEFORMABILITÀ DELLE UNIONI MECCANICHE

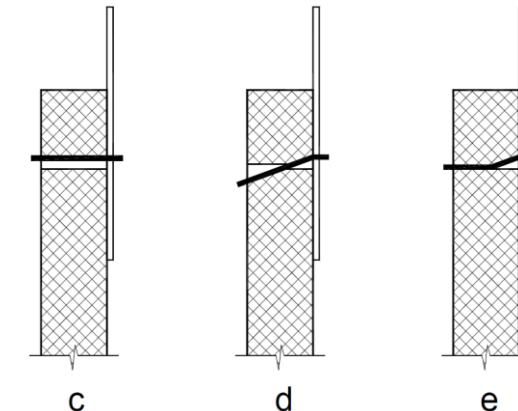


Rigidezze secanti

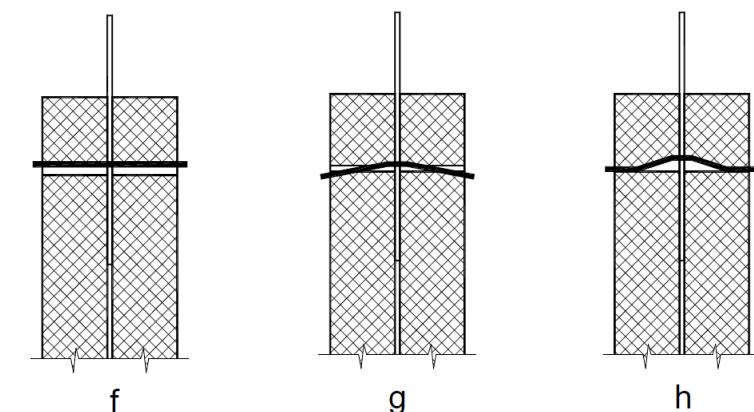
Stati limite di esercizio (SLE):
 k_{ser}

Stato limite ultimo (SLU):
 k_u

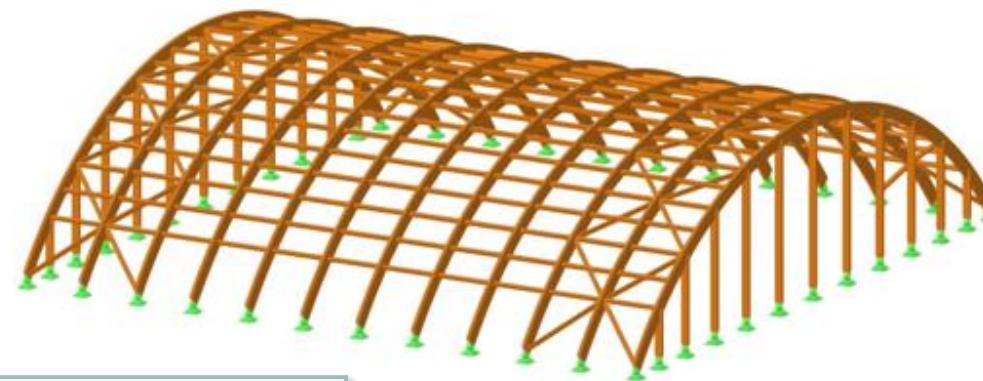
MODI DI ROTTURA DELLE UNIONI MECCANICHE



UNIONI ACCIAIO-LEGNO



UNIONI LEGNO-ACCIAIO-LEGNO



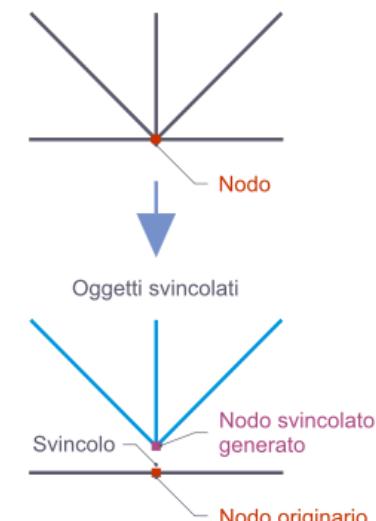
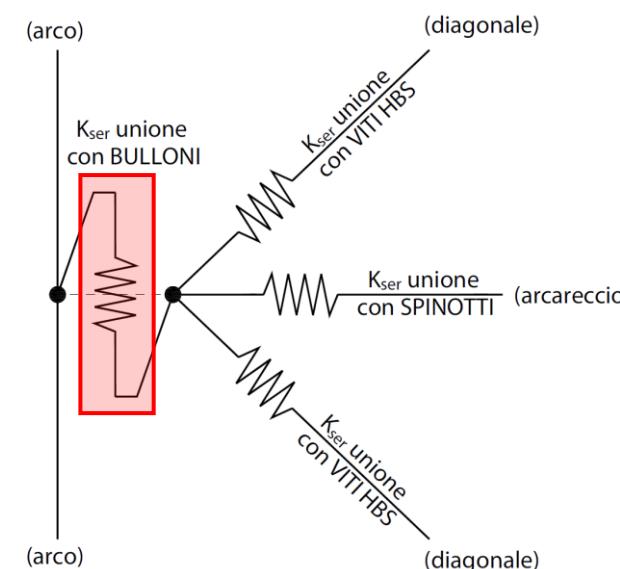
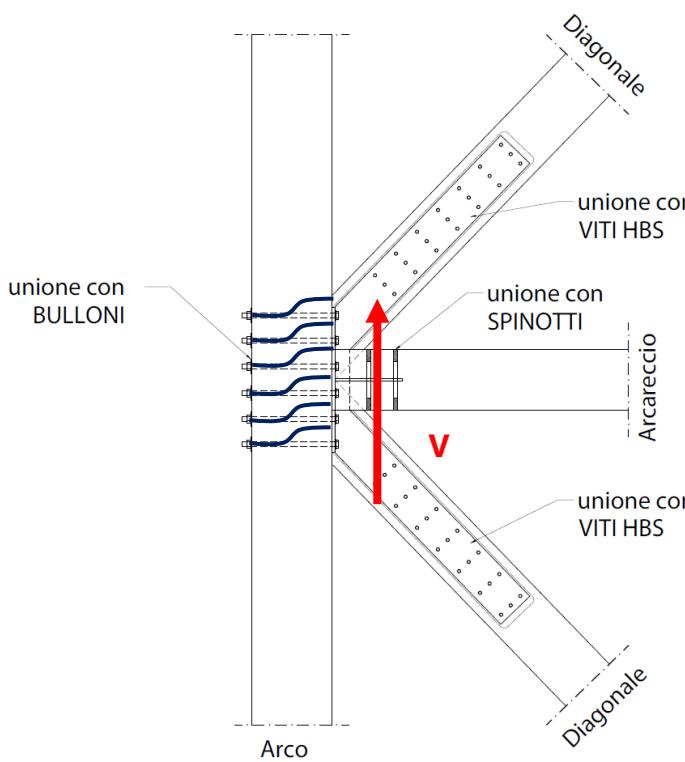
Modelli con deformabilità delle unioni ($t = 0$)

Modello n.	Stato limite	Moduli elastici	Rigidezze unioni
1	SLE	$E_m ; G_m$	$k_{ser,0} = 2 \cdot \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23}$
2	SLU	$E_m ; G_m$	$k_{u,0} = \frac{2}{3} \cdot k_{ser,0}$

Modelli con viscosità del legno e delle unioni ($t = \infty$)

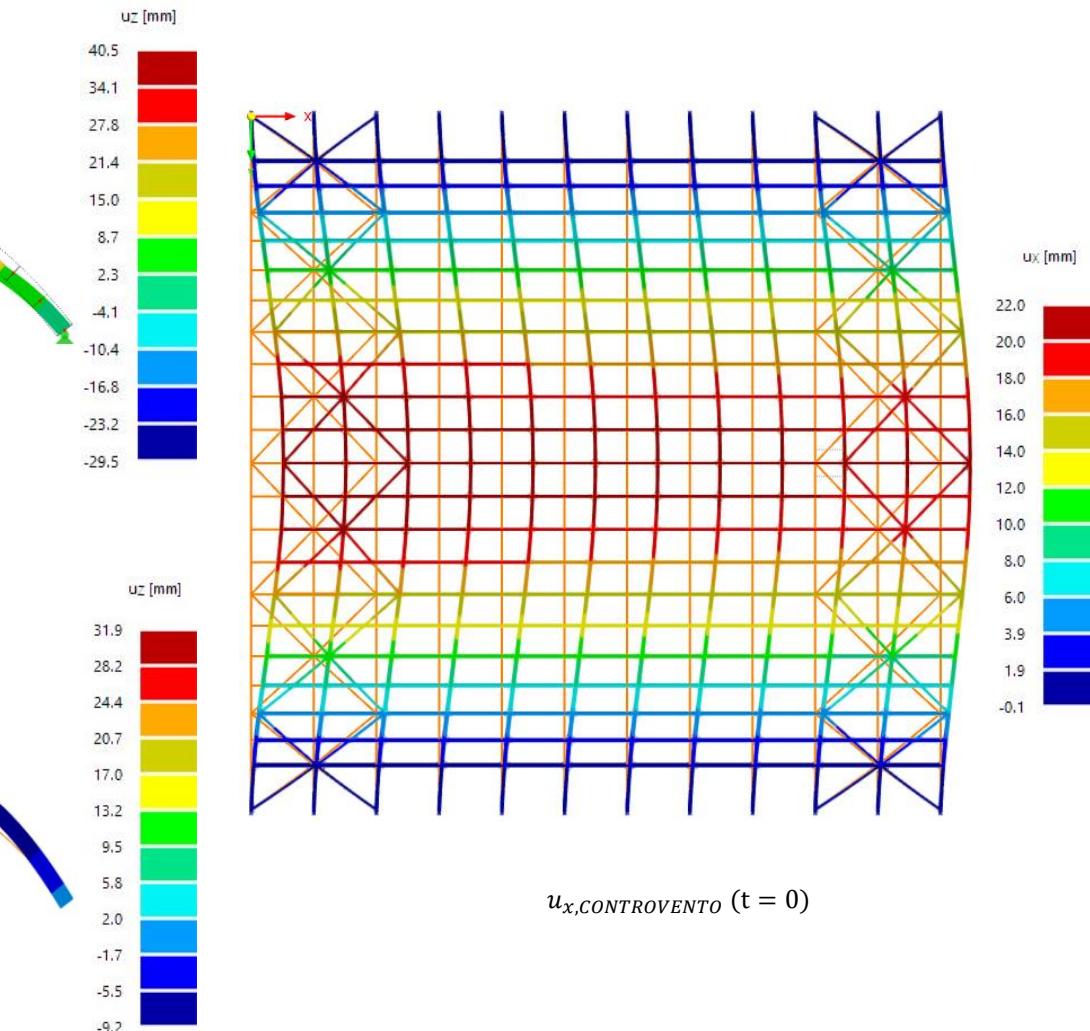
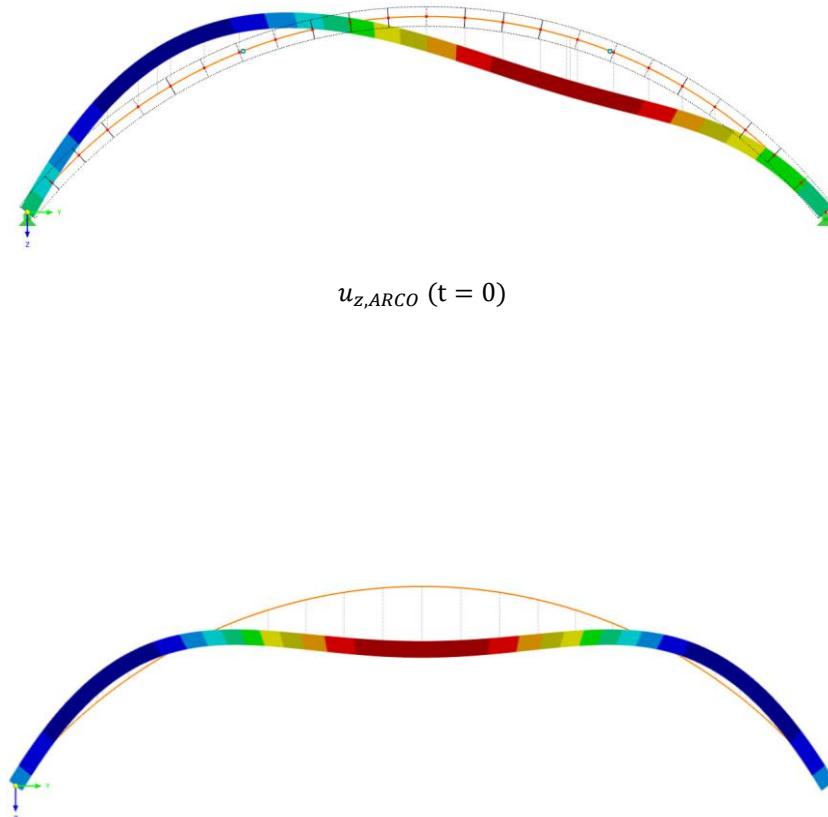
Modello n.	Stato limite	Moduli elastici	Rigidezze unioni
3	SLE	$\frac{E_m}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}} ; \frac{G_m}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$	$k_{ser,\infty} = \frac{k_{ser,0}}{1 + 2 \cdot \psi_2 \cdot k_{def}}$
4	SLU	$\frac{E_m}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}} ; \frac{G_m}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$	$k_{ser,\infty} = \frac{k_{u,0}}{1 + 2 \cdot \psi_2 \cdot k_{def}}$

UNIONE CONTROVENTO-ARCO

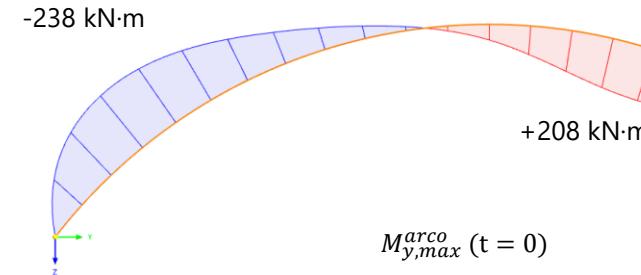


Sistema di coordinate	
1 - Globale XYZ	[Icone]
Condizioni del tipo di svincolo	
Traslazionale	Costante della molla
<input type="checkbox"/> ux	C _{u,X} [kN/m]
<input checked="" type="checkbox"/> uy	C _{u,Y} 119756.00 [kN/m]
<input type="checkbox"/> uz	C _{u,Z} [kN/m]
Rotazionale	Costante della molla
<input type="checkbox"/> φx	C _{φ,X} [kNm/rad]
<input checked="" type="checkbox"/> φy	C _{φ,Y} 0.000 [kNm/rad]
<input checked="" type="checkbox"/> φz	C _{φ,Z} 0.000 [kNm/rad]
<input type="button" value="N"/> <input type="button" value="Vy"/> <input type="button" value="Vz"/> <input type="button" value="Vx+Vz"/> <input type="button" value="My"/> <input type="button" value="Mz"/> <input type="button" value="Mx+Mz"/> <input type="button" value="-"/>	

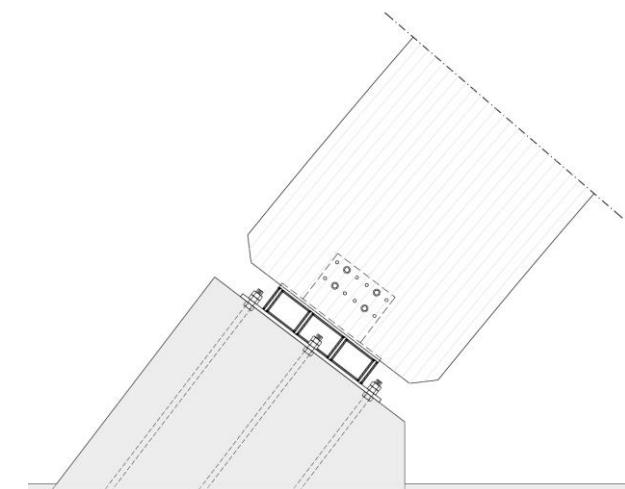
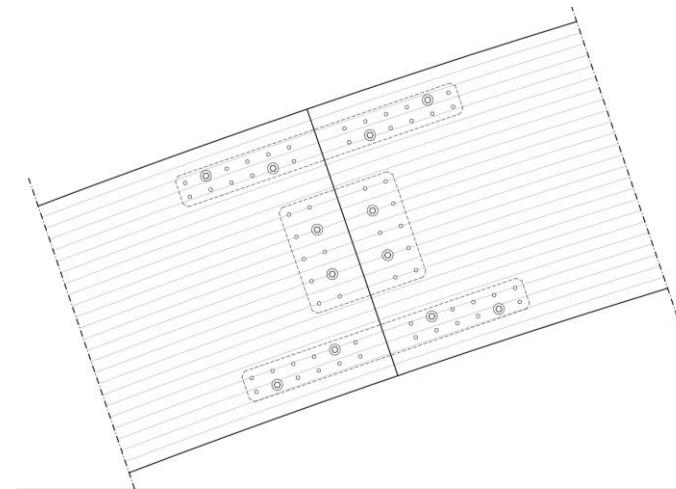
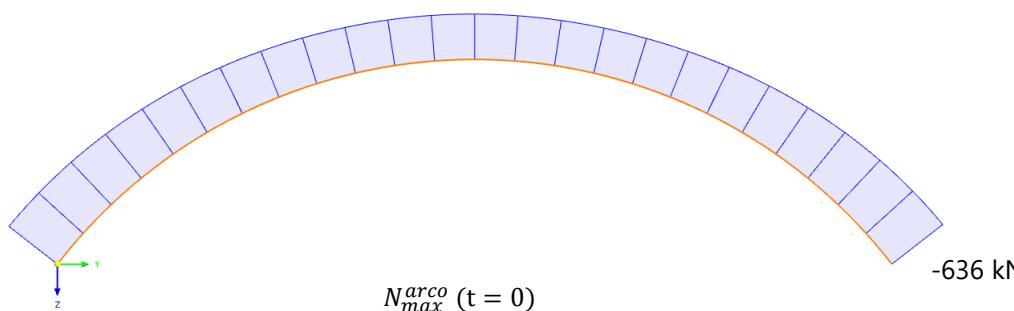
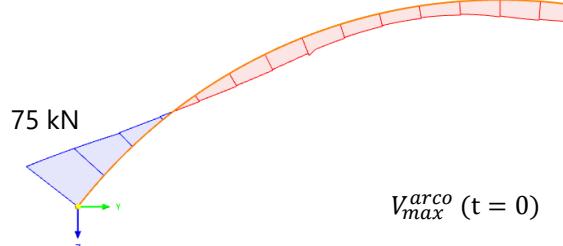
Verifiche di deformabilità (SLE)



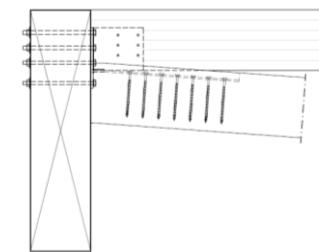
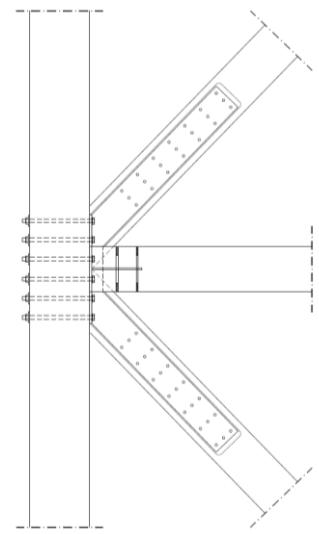
Verifiche di resistenza e stabilità (SLU)



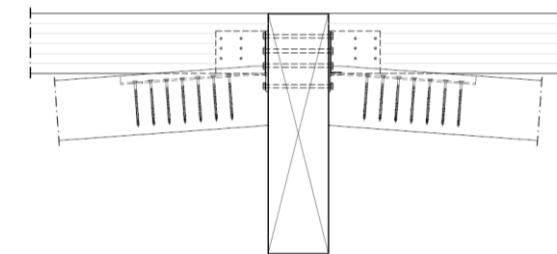
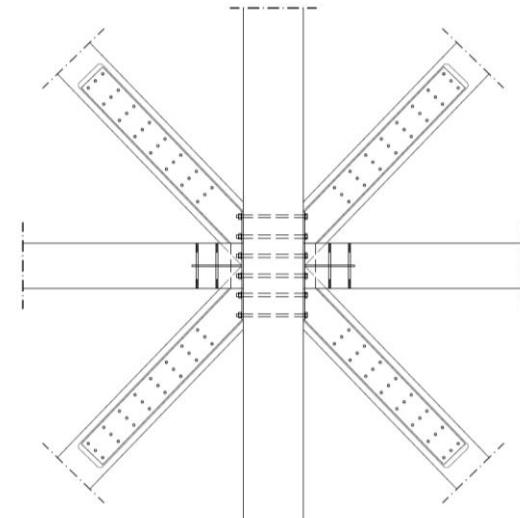
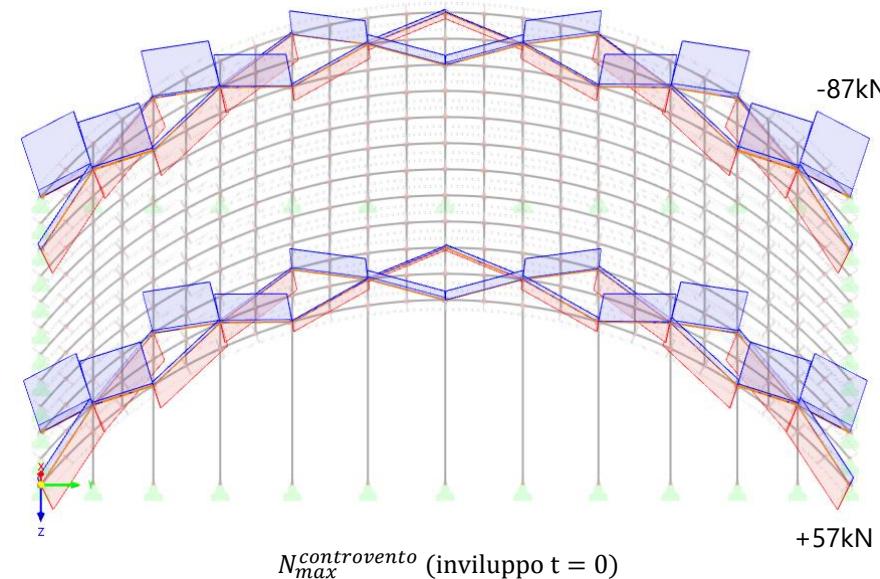
UNIONI DELL'ARCO



Verifiche di resistenza e stabilità (SLU)



UNIONI DEL CONTROVENTO



CONCLUSIONI

- **ANALISI DELLO STATO ATTUALE** → ESSENZIALE PER L' ORGANIZZAZIONE FUNZIONALE DEGLI SPAZI E PER LE COMPATIBILITÀ AMBIENTALI FRA I LABORATORI.
- **PROGETTAZIONE ESECUTIVA INTEGRATA** → SISTEMI TECNOLOGICI A SECCO COMPATIBILI CON LA PROGETTAZIONE DEI NUOVI LABORATORI
- **SISTEMI TECNOLOGICI COMPOSTI DA MATERIALI RICICLABILI o BIODEGRADABILI** → BASSO IMPATTO AMBIENTALE
- **COPERTURA DI GRANDE LUCE IN LEGNO LAMELLARE INCOLLATO** → SOLUZIONE IDEALE PER AVERE UNO SPAZIO ARCHITETTONICO INTERNO COMPLETAMENTE LIBERO

Ing. Giacomo Fantacci

 *cell.:*
347 9226823

 *mail:*
giacomo.fantacci@gmail.com

