

# V E L I K A

ARCHITETTURA E ISOLA CON STRUTTURE CROSS-LAM E A  
PANNELLI GRATICCIATI IN CLIMA MEDITERRANEO INSULARE



**POLITECNICO**  
**MILANO 1863**

Scuola di Architettura, Urbanistica e Ingegneria delle Costruzioni

Corso di Laurea in Ingegneria Edile - Architettura

Anno Accademico 2016 - 2017

# V E L I K A

ARCHITETTURA E ISOLA CON STRUTTURE CROSS-LAM E A  
PANNELLI GRATICCIATI IN CLIMA MEDITERRANEO INSULARE

Autori

Anna Casati 777099

Martina Scieghi 779025

Anna Maria Stellini 777262

Relatore

Prof. Marco Imperadori

Correlatori

Ing. Giulio Zani

Prof. Graziano Salvalai

Ing. Giulio Franceschini

Ing. Lavinia Sartori

# INDICE DELLE TAVOLE

## IL CONTESTO

Inquadramento Territoriale.....	5
L'Isola di Vis.....	6
La Penisola di Prilovo - L'Edificato.....	7
La Penisola di Prilovo - Il Contesto.....	8
Rilievo Fotografico - La Penisola di Prilovo.....	9
Planimetria della Baia di Vis.....	10
Il Progetto Mimetico.....	11

## IL PROGETTO ARCHITETTONICO

Planivolumetrico.....	13
Esploso Assonometrico.....	14
Esploso Assonometrico.....	14
Copertura.....	15
Attacco a Terra.....	16
Il Profumo di Lavanda.....	17
Assonometria.....	18
Schemi di Inquadramento.....	19
Sezione Ambientale.....	20
Sezione Longitudinale e Materiali Utilizzati.....	21
Meditazione nel Giardino delle Essenze.....	22
Percorso Sensitivo.....	23
Lo Sguardo Verso il Porto.....	24
Copertura - Definizione della Forma.....	25

## LA STRUTTURA

Elementi di Sostegno Verticale.....	27
Analisi Strutturale Isotropa.....	28
Analisi Strutturale Ortotropa.....	29
Problemi di Instabilità.....	30
Analisi Sismica.....	31
Connessione tra i Pannelli di Copertura.....	32

## IL FARO PANORAMICO

L'Inserimento del Faro.....	34
Prilovo e le Luci della Notte.....	35
Il Sistema Mengoshi - Studio del Sistema di Incastro.....	36
Il Sistema Mengoshi - Riferimenti Progettuali.....	37
Il Prototipo del Setto Irrigidito.....	38

## STRATEGIE TECNOLOGICHE

Schematic Design - Stagione Invernale.....	40
Schematic Design - Stagione Estiva.....	41
Una Copertura in Legno sul Mare.....	42
Stratigrafie Orizzontali: Solaio Controtterra Isolato C.O. 01.....	43
Stratigrafie Orizzontali: Copertura Verde Isolata C.O. 02.....	44
Stratigrafie Verticali: Parete Perimetrale Isolata C.V. 01.....	45
Sezione Tecnologica.....	46
Dettagli Costruttivi.....	47
Dettagli Costruttivi.....	48
Dettagli Costruttivi.....	49
Progetto Impiantistico.....	50
La Natura della Penisola di Prilovo.....	51

## ILLUMINOTECNICA

Studio della Copertura - Illuminamento.....	53
Studio della Copertura - Fattore di Luce Diurna.....	54
Studio Illuminanza degli Ambienti Interni - Infopoint.....	55
Studio Illuminanza degli Ambienti Interni - Infopoint.....	56
Studio Illuminanza degli Ambienti Interni - Bar.....	57
Studio Illuminanza degli Ambienti Interni - Bar.....	58
Studio Illuminanza degli Ambienti Interni - Sala Yoga.....	59
Studio Illuminanza degli Ambienti Interni - Sala Yoga.....	60
Ambienti Interni - Fattore di Luce Diurna (FLD).....	61

## ENERGIA

Analisi Energetica Mediante il Software Trnsys.....	63
Comfort E Consumi.....	64
La Ventilazione Naturale: Analisi Qualitativa.....	65
La Ventilazione Naturale: Velocità dell'Aria.....	66

## ERGOTECNICA

Fasi Costruttive.....	68
Analisi Del Contesto e Legenda Segnali Stradali.....	69
Legenda Layout di Cantiere.....	70
Layout Di Cantiere: Scavo.....	71
Layout Di Cantiere: Rinterro e Posa delle Fondazioni.....	72
Layout Di Cantiere: Strutture di Elevazione Verticale.....	73
Layout Di Cantiere: Posa della Copertura.....	74



## INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La scelta del luogo di progetto è stata determinata da alcune condizioni delineate dalla diciottesima edizione del Premio Compasso Volante. In particolare l'area assegnata è stata la penisola di Prilovo, sita a Vis, una piccola isoletta facente parte di un arcipelago della regione Spalato-Dalmata, in Croazia.



### L'EUROPA

Il progetto si colloca in Europa, in particolare nella parte centro-orientale di essa, in Croazia. La sua posizione è strategica perché la sua storia è stata influenzata in modo preponderante dagli stati attigui.



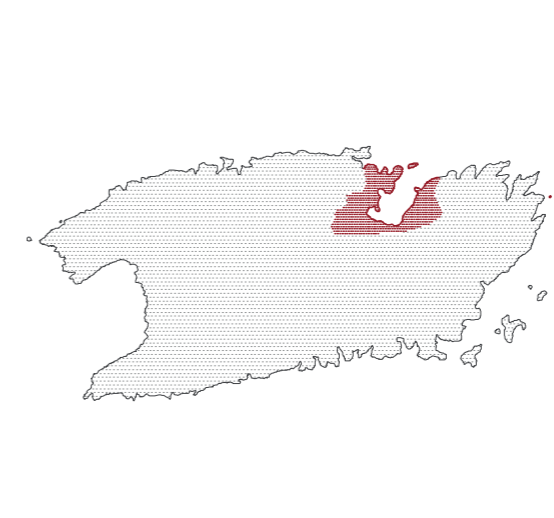
### LA CROAZIA

La Croazia è suddivisa in differenti regioni, ognuna delle quali connotata da storie e culture differenti. In particolare il progetto è situato nella regione Spalato-Dalmata, ossia quella più a Sud dello Stato stesso.



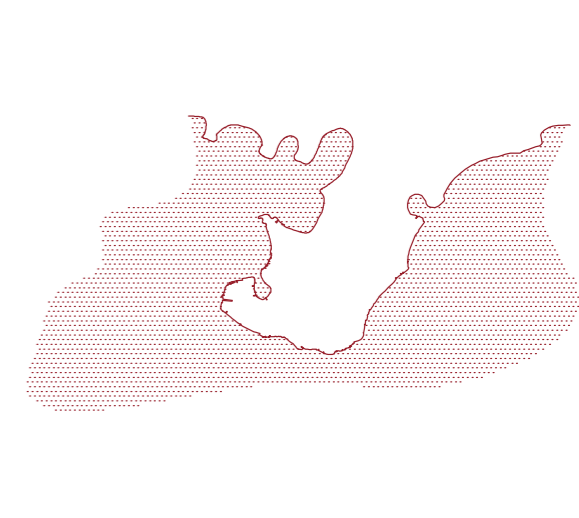
### LA REGIONE DELLA DALMAZIA

Questa regione, così come le altre affacciate su Mar Adriatico, è composta da vari arcipelaghi costituiti da piccole isolette. Il progetto è collocato nell'isola di Vis, situata leggermente a Sud rispetto a Spalato.



### L'ISOLA DI VIS

Nell'isola di Vis sono presenti due cittadine principali: quella di Komiža ad Ovest e quella di Vis ad Est. Il progetto è collocato vicino alla città di Vis che è anche sede dell'unico porto principale dell'isola.



### LA PENISOLA DI PRILOVO

Il sito di progettazione è poco distante dal centro commerciale e turistico della città, affacciato sulla baia di Vis. Si tratta di una vera e propria penisola, in quanto bagnata dal mare sui tre lati.



Figura 1\_Zagabria, capitale croata



Figura 2\_La spiaggia Zlatni Rat, isola di Brač



Figura 3\_Palazzo di Diocleziano a Spalato



Figura 4\_Porto della città di Komiža, isola di Vis



Figura 5\_La penisola di Prilovo

Come si può ben notare dall'immagine soprastante, Zagabria è una città dai tratti puramente mitteleuropei. La capitale croata infatti è caratterizzata da alcuni elementi tipici del continente, come la presenza del fiume Sava che attraversa la città, numerosi palazzi lussureggianti alternati dall'insorgere di boschi e parchi all'interno del confine cittadino. La cultura della nazione in cui il progetto va a collocarsi, quindi, non si discosta molto da quella italiana: ciò può essere un monito per comprendere al meglio le esigenze del luogo e le problematiche della popolazione. Infatti anche dal punto di vista storico le due culture sopracitate hanno avuto modo di scontrarsi.

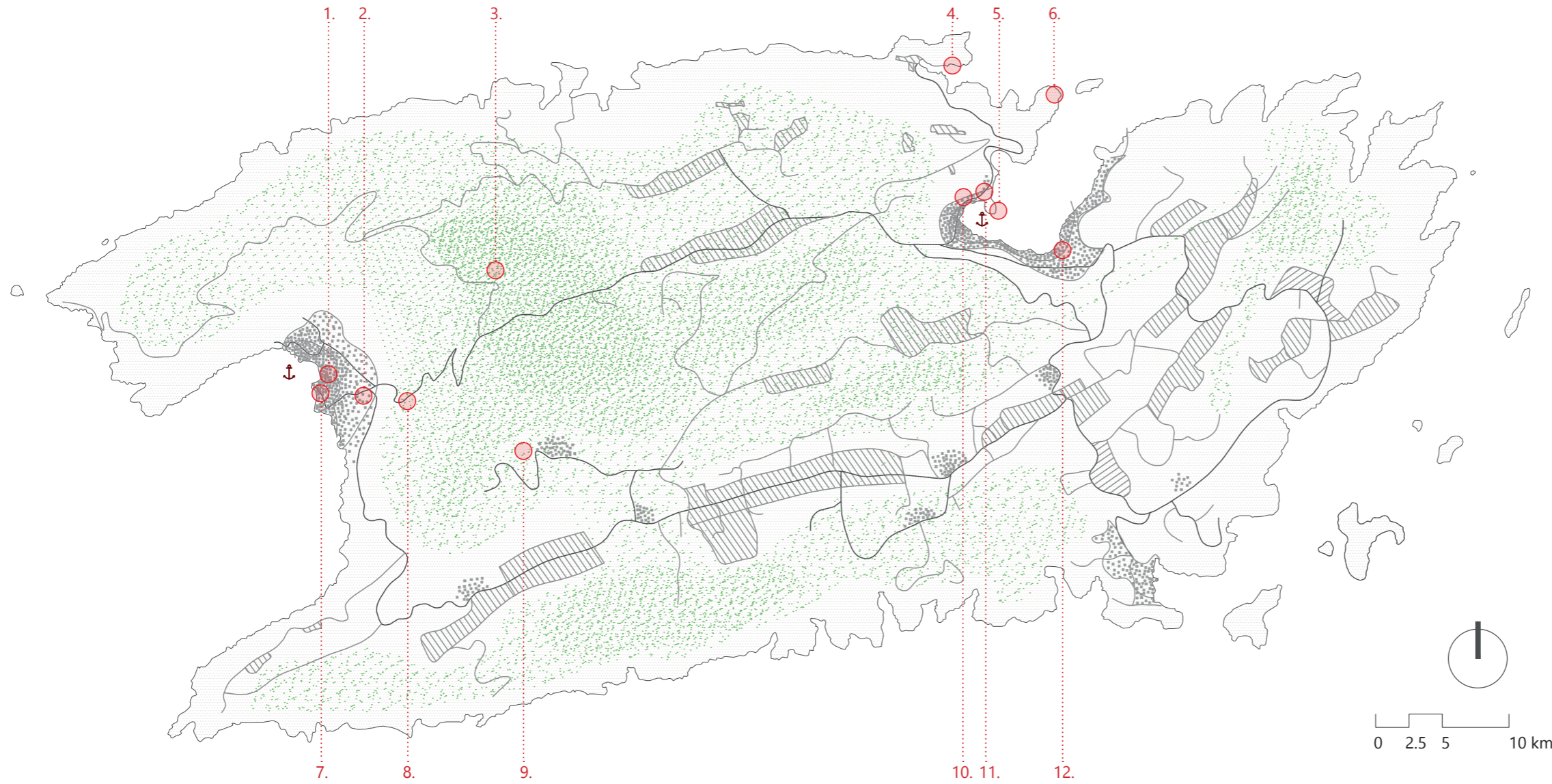
La Croazia è divisa in differenti macro-regioni: la Croazia centrale, la Slavonia ad Est, la Croazia Montana, l'Istria ad Ovest ed infine la Dalmazia a Sud. Essa confina a Nord con la Slovenia e con l'Ungheria, a Est con la Serbia e con la Bosnia ed Erzegovina e a Sud con il Montenegro. La Croazia si affaccia sul Mare Adriatico per uno sviluppo costiero complessivo di 5.835 km, di cui la maggior parte da attribuirsi alle numerose isole che la caratterizzano. Ciò permette a questa nazione di incentrare le sue attività economiche principalmente sul turismo, che ha conosciuto uno strepitoso incremento negli ultimi anni, e sulla salvaguardia dell'ambiente.

Il capoluogo della regione Spalato-Dalmata è Spalato, il cui simbolo è il Palazzo di Diocleziano. Si tratta di un imponente complesso architettonico fatto edificare dall'imperatore Diocleziano, molto probabilmente fra il 293 ed il 305, allo scopo di farne la propria dimora. Il palazzo con le sue mura delinea ancora oggi il nucleo originario del centro storico della città. Spalato è una parte importante per l'isola di Vis, poiché da lì partono i traghetti che conducono ad essa. Molti degli abitanti del luogo, per bisogni lavorativi, devono necessariamente spostarsi a Spalato, a tal fine sono incrementati gli orari dei traghetti nelle ore di inizio e fine lavoro.

L'isola di Vis, collocata nel mezzo del Mar Adriatico risulta essere di piccole dimensioni: l'area totale è di circa 90 km<sup>2</sup>, in lunghezza si estende per 86 km. L'attività principale su cui l'isola fonda la sua economia è la pesca, oltre che il turismo. Questa cittadina è considerata il luogo in cui è nata l'attività della pesca nell'Adriatico: nei secoli passati, i pescatori del luogo governavano sull'Adriatico e facevano commercio di pesce con la costa vicina. In questa piccola cittadina si trova il Museo della Pesca, unico di questo genere in Croazia. È situato nella vecchia fortezza veneziana del XVI secolo in stile rinascimentale, sulla riva del mare ed espone gli attrezzi tradizionali da pesca.

La città di Vis, situata nella parte orientale dell'isola verso Nord è il nucleo più sviluppato dell'isola, soprattutto in termini di turismo. In particolar modo la penisola di Prilovo si trova in una posizione strategica nella baia di Vis. Il territorio qui si presenta in gran parte abbandonato a campi verdi, piccole zone boschive e palme che costeggiano il perimetro. Tratto connotativo della penisola è il monastero francescano con il suo svettante campanile barocco. Arrivando in traghetto da Spalato a Vis, il primo scenario suggestivo nelle ore serali è quello della penisola illuminata con le sue suggestive architetture religiose.

# L'ISOLA DI VIS

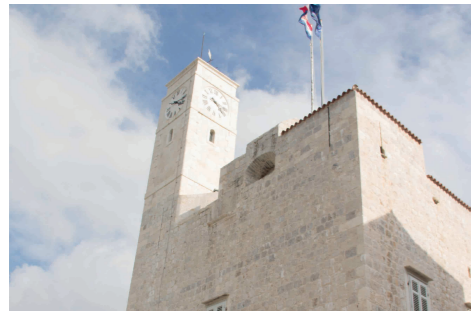


## LEGENDA

- NUCLEI URBANI PRINCIPALI**  
 Nell'isola di Vis sono presenti due centri edificati principali: quello di Vis e quello di Komiza situati ai lati opposti dell'isola, rispettivamente nella parte orientale ed occidentale di essa. Nella zona meridionale si trovano invece piccoli villaggi composti da pochi edificati.
- AREE VERDI**  
 L'isola è costituita in gran parte da aree verdi. In particolare si possono individuare estese zone boschive e la presenza di un monte nella parte centrale dell'isola.
- AREE AGRICOLE**  
 Si osserva la presenza di vaste zone destinate alla coltivazione di prodotti agricoli. Si individuano soprattutto vigneti, campi di ulivi e di lavanda.
- PUNTI DI INTERESSE**  
 Nonostante le sue piccole dimensioni, l'isola ospita diversi luoghi di interesse storico e culturale. Tra questi si includono musei, chiese, architetture e fortezze.
- ZONE PORTUALI**  
 Sono presenti due porti principali sull'isola situati nei due principali centri urbani.

## PUNTI DI INTERESSE

1. Castello di Komiza



2. Centro della cultura di Ivan Vitic



3. Dry stone walls



4. Grotta di Tito



5. Chiesa di S. Geronimo e Monastero



6. Fortezza di S. Giorgio



7. Museo della pesca



8. Chiesa di S. Nicola



9. Chiesa dello Spirito Santo



10. Terme romane



11. Resti della antica città greca



12. Museo archeologico



## LA PENISOLA DI PRILOVO - L'EDIFICATO



### LEGENDA

- **SERVIZI PUBBLICI**  
 Nonostante l'isola abbia piccole dimensioni sono presenti diversi servizi per cittadini e turisti. Si trovano sia scuole, sia campi sportivi, sia supermercati. Inoltre la cittadina di Vis ospita un piccolo ospedale.
- **SERVIZI RELIGIOSI**  
 Sulla penisola sono presenti un monastero francescano adiacente alla Chiesa di San Geronimo, simbolo di Prilovo. Inoltre essa ospita un cimitero.
- **TURISMO**  
 L'area del lungomare ospita numerose agenzie turistiche.
- **RESIDENZE PER TURISTI**  
 Si nota la presenza di molti edifici che vengono affittati ai turisti per le vacanze estive; questo è dovuto al fatto che il turismo è la principale fonte economica della penisola.
- **ALBERGHI**  
 Gli alberghi sono le più recenti costruzioni dell'isola e sono necessari per ospitare la crescente quantità di turisti che approdano a Vis.
- **POLI CULTURALI**  
 È possibile visitare i resti dell'antica città greca presenti a nord della penisola di Prilovo e quelli delle terme della città romana situate vicino alla costa. Inoltre sono presenti museo archeologico sulla storia di Vis ed una piccola galleria d'arte.
- **RISTORAZIONE**  
 Si osserva la presenza di numerosi ristoranti e bar di differente genere lungo la costa.
- **RESIDENZE**  
 Sul lungomare si nota la presenza di moltissime residenze addensate verso la costa mentre, procedendo verso l'entroterra il numero di abitazioni diventa sempre minore.

### RELAZIONE TRA L'ISOLA DI VIS E SIRACUSA



Figura 6\_Relazione tra l'antica città di Vis con Siracusa

L'isola di Lissa, in greco denominata Issa, ha sempre avuto un ruolo importante dal punto di vista della collocazione.

La sua vicinanza alla costa dell'Adriatico centrale e meridionale è stata un punto di forza per poter offrire un buon collegamento sia a livello di comunicazione che di commercio.

Essendo una posizione strategica diventò già all'inizio del sec. IV a.C. una meta della colonizzazione greca.

### LA CITTÀ GRECA: ISSA

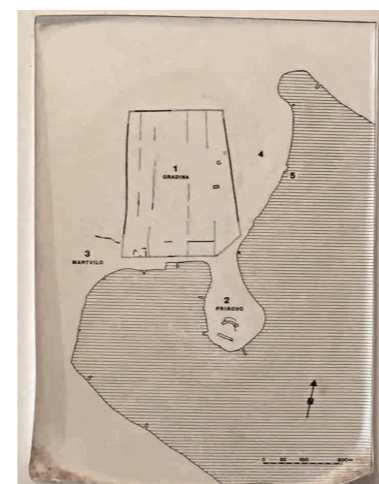


Figura 7\_Mappa della città greca

Al di sopra della penisola di Prilovo sono visibili i resti dell'Issa greca. Sotto il presente monastero francescano si trovano le tracce di un antico teatro che in realtà risale ai tempi romani. Gli antichi coloni scelsero la baia di Vis poichè era la parte dell'isola più adatta e propizia per un porto sicuro e tranquillo, soprattutto perchè consentiva, proteggendo dai forti venti, di avere un traffico di merce libero ma soprattutto continuo.

### DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DELLA CITTÀ

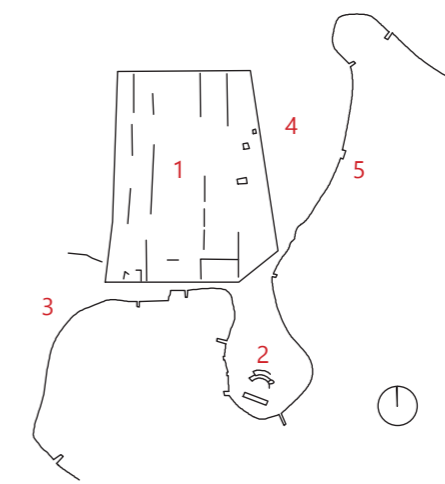
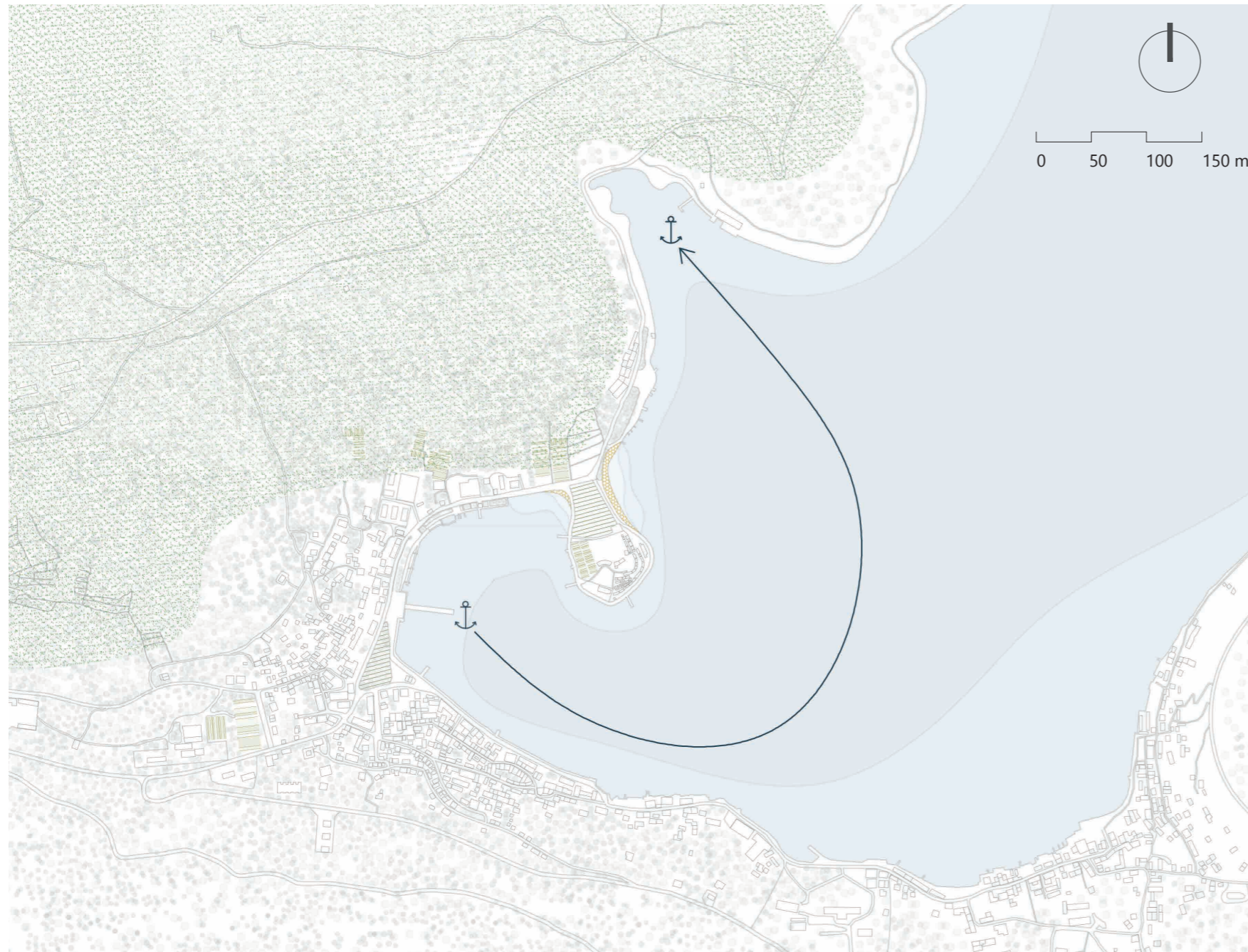




Figura 8\_Schema della città greca di Issa

1. GRADINA: antico impianto della città greca di Issa
2. PRIROVO: penisola con posizione strategica
3. MARTVILLO: zona destinata al seppellimento dei morti
4. VLASKE NJIVE: zona destinata al seppellimento dei morti
5. PORTO ANTICO: area caratterizzata dai resti dell'antica zona portuale

# LA PENISOLA DI PRILOVO - IL CONTESTO



## LEGENDA

- 
**VERDE PUBBLICO**  
 La più vasta area di verde pubblico si trova proprio nella penisola di Prilovo, nostra area di progetto.
- 
**DISLIVELLO DEL TERRENO**  
 Si osserva come andando verso l'entroterra il dislivello aumenta notevolmente raggiungendo quote prossime a 60m s.l.m. in un centinaio di metri di distanza.
- 
**AREA BOSCHIVA**  
 L'entroterra risulta caratterizzato dalla presenza di estesi boschi che comprendono differenti tipi di vegetazione. L'isola risulta essere quindi quasi completamente verde.
- 
**CAMPI COLTIVATI**  
 L'agricoltura risulta essere la principale fonte economica dell'isola subito dopo il turismo. Sono coltivati differenti prodotti tra cui vigneti ed estesi campi di ulivi.
- 
**PAESAGGIO MARINO**  
 Il mare che circonda l'isola cambia di profondità anche lungo la costa: sono presenti infatti parecchi moli che sono costantemente occupati da imbarcazioni.
- 
**SPIAGGE**  
 Ai lati della penisola di Prilovo sono presenti due piccole spiagge sempre molto frequentate da turisti nella stagione estiva.
- 
**IMPRONTA EDIFICATO**  
 L'edificato in generale si addensa verso il lungomare e si dirada verso l'interno dell'isola.
- 
**AREE PORTUALI**  
 Il porto principale, sede di attracco dei traghetti che arrivano da Spalato si trova nell'ansa a Sud-Est rispetto alla penisola di Prilovo. Per rendere più sfruttabile la penisola il comune di Vis ha in progetto di spostare il porto principale a Nord, come indicato dalla freccia.

## LA NATURA DEL LUOGO



Figura 9\_Vigneti



Figura 10\_Campi di ulivi

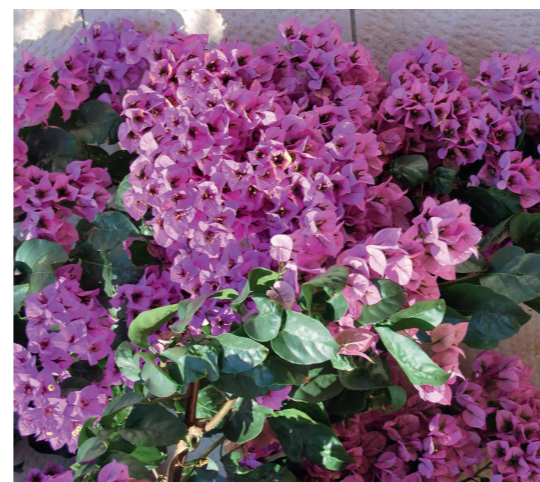


Figura 11\_Pianta di Bouganville

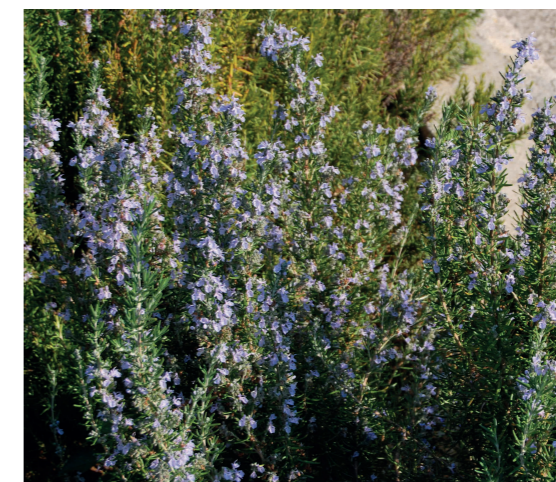


Figura 12\_Pianta di Lavanda



Figura 13\_Erbe aromatiche



RILIEVO FOTOGRAFICO - LA PENISOLA DI PRILOVO



LA PENISOLA DI PRILOVO

Partendo da un'analisi viabilistica, la penisola in esame è demarcata a Nord dalla strada lungomare proveniente dalla città di Vis. L'area è delimitata sul mare da una strada per metà lunghezza carrabile e metà pedonale. È presente una strada in posizione centrale, in direzione Est-Ovest, che divide il lotto in due parti: a Nord il parco verde e a Sud l'area destinata al monastero e al cimitero. La penisola è caratterizzata dalla presenza di tre moli che necessitano di valorizzazione e riqualificazione in termini di connessione e attrattività. Si percepisce la mancanza di fulcri lungo la costa, come ad esempio aree dedicate al turismo: infatti tutta l'attività commerciale della città di Vis è concentrata in direzione opposta alla penisola di Prilovo. Nella penisola di progetto troviamo la presenza di alcuni edifici di rilevanza storico-culturale, ai quali bisogna prestare attenzione in fase di progettazione. Ci sono infatti due piccole chiese e un palazzo rinascimentale. Inoltre si individuano di due piccoli edifici, probabilmente sfruttati dalle attività marittime ai fini di deposito: sono siti ai due estremi (Nord-Ovest e Sud-Est) della zona verde. All'inizio della penisola trova luogo un piccolo complesso residenziale. La penisola è caratterizzata da un grande spazio verde non attrezzato, ma non si evince la presenza di piazze pubbliche.



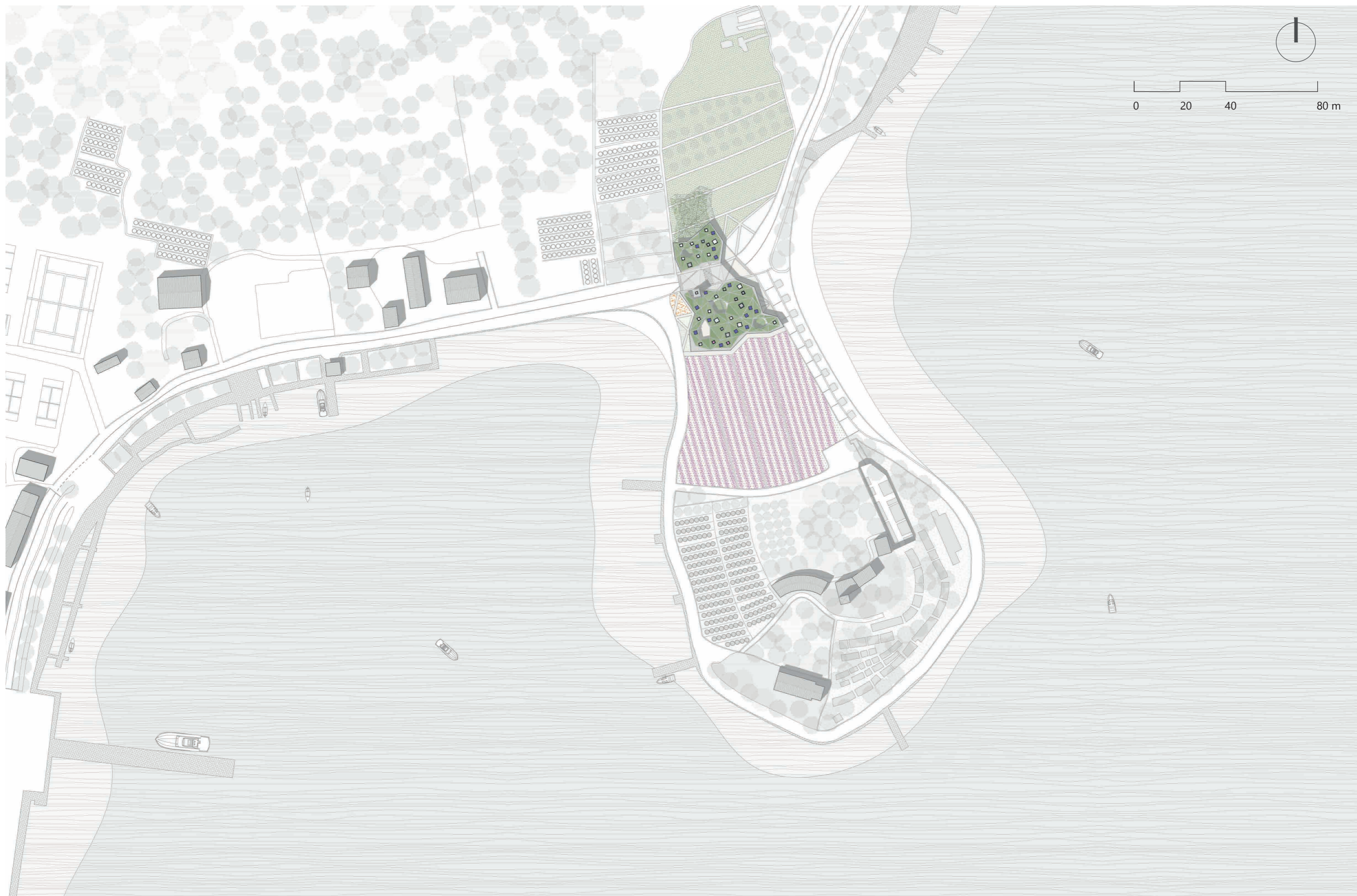
PLANIMETRIA DELLA BAIÀ DI VIS



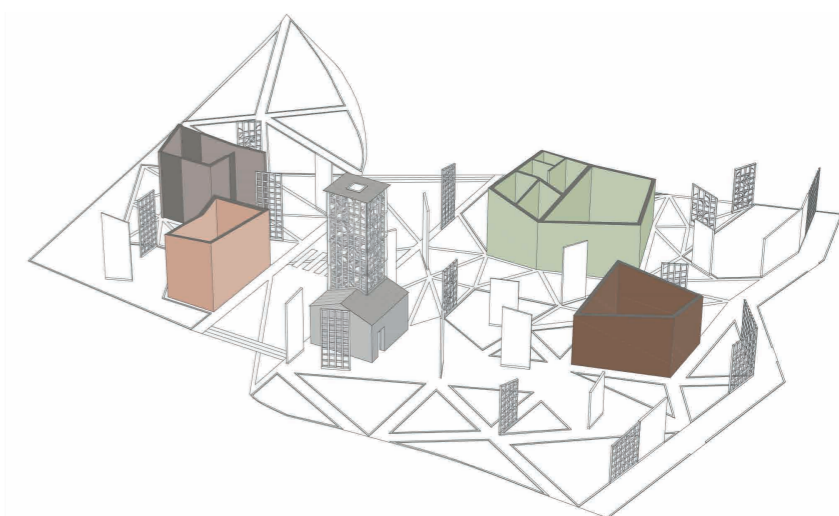
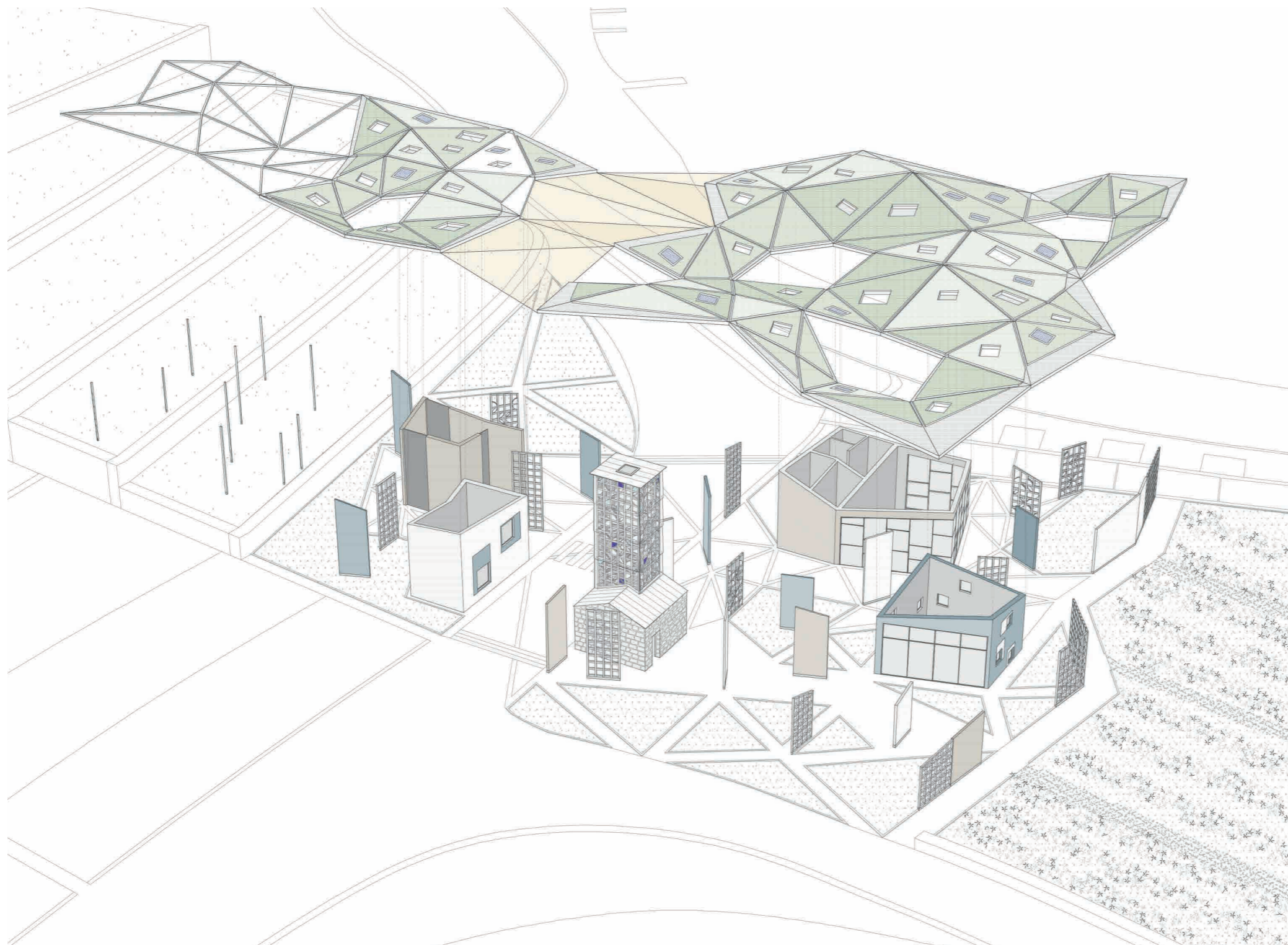


IL PROGETTO ARCHITETTONICO

PLANIVOLUMETRICO

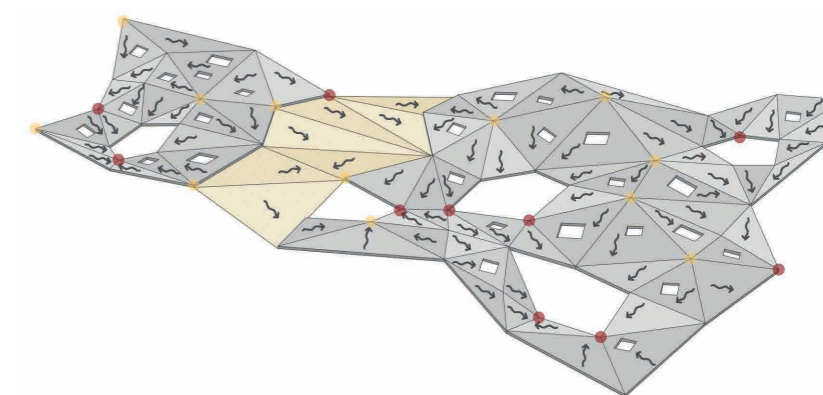


ESPLOSO ASSONOMETRICO



SCHEMA FUNZIONALE

- Sala esposizioni: spazio dedicato alla cultura  
19,20 m<sup>2</sup>
- Infopoint: luogo adibito ad informazioni turistiche riguardanti l'isola  
20,50 m<sup>2</sup>
- Faro panoramico  
20,80 m<sup>2</sup>
- Bar e ristorante: area di ristorazione  
91,10 m<sup>2</sup>
- Palestra di Yoga: spazio dedicato all'allenamento fisico  
24,40 m<sup>2</sup>



STUDIO DELLA COPERTURA

L'inclinazione delle falde che compongono la copertura è stata progettata al fine di convogliare l'acqua nei patii ed inoltre per permettere l'ingresso della luce naturale al di sotto di essa.

- Altezza maggiore
- Altezza minore



BIANCO

Il colore bianco è stato scelto in riferimento alle abitazioni dell'isola che presentano questa cromia.



AZZURRO

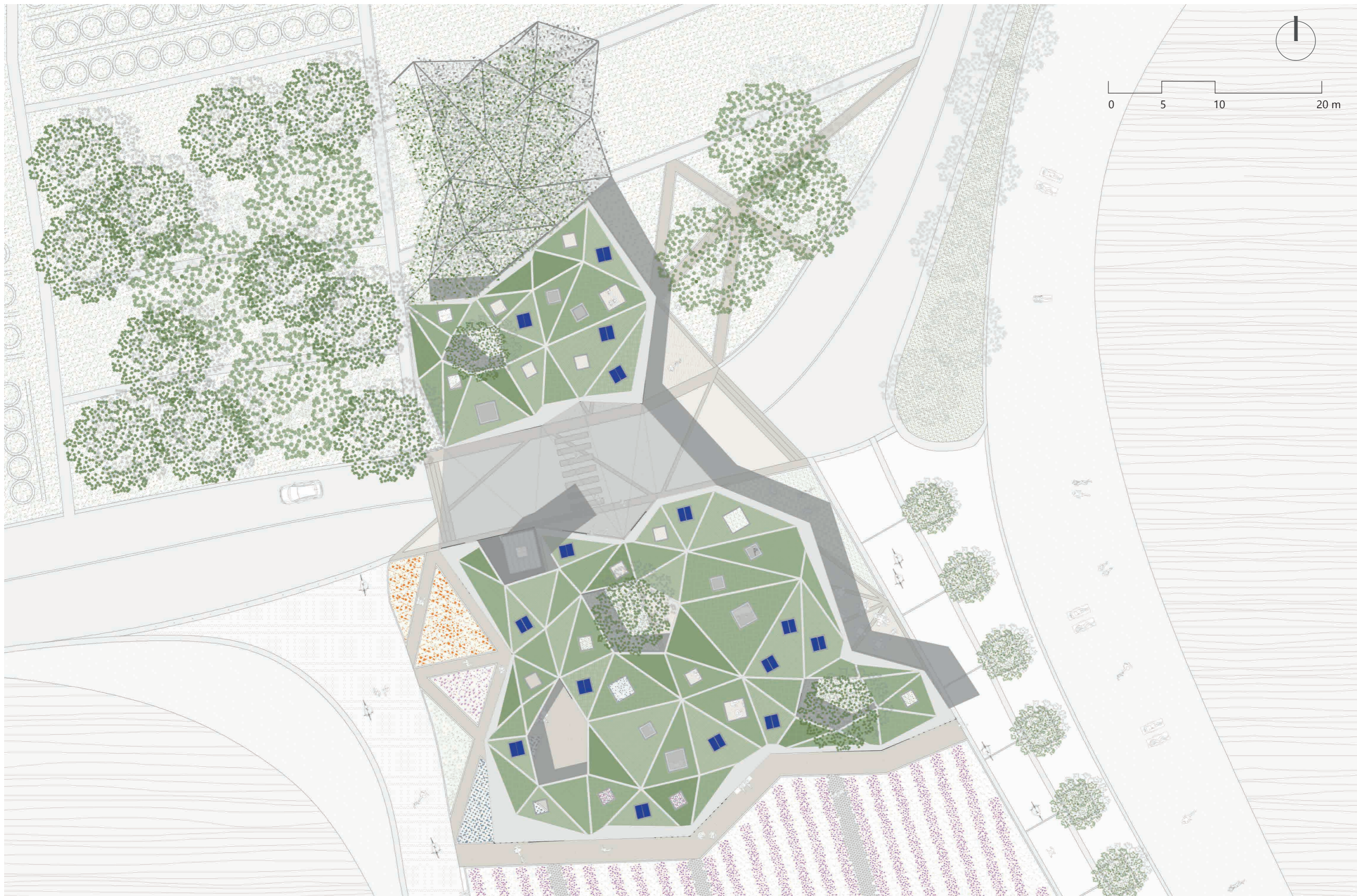
Al fine di ottenere una connessione con il mare e il cielo è stato scelto di introdurre questa tonalità.



TORTORA

Si è scelto di riferirsi al monastero e al campanile di Prilovo utilizzando il color tortora.

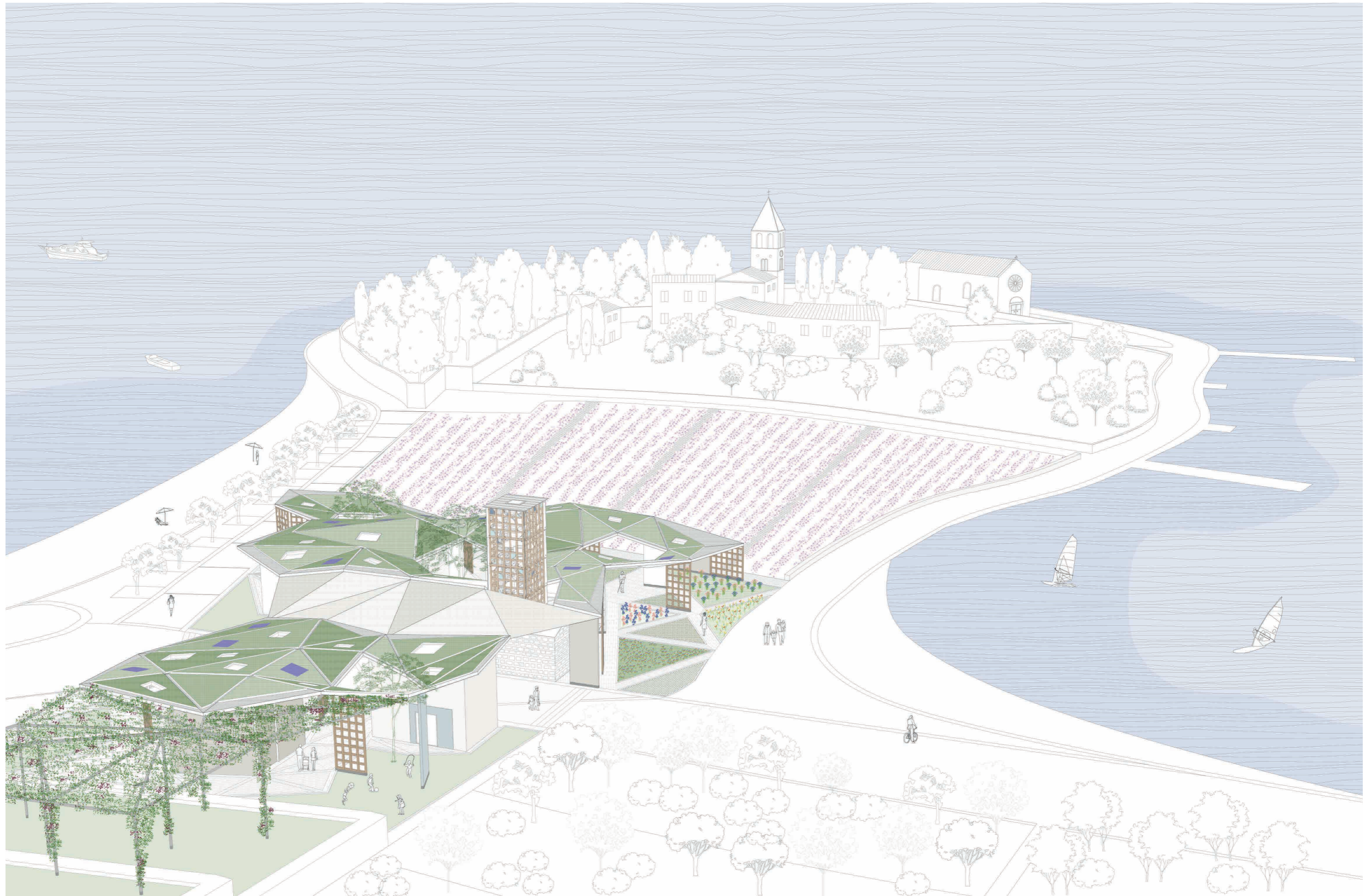
COPERTURA







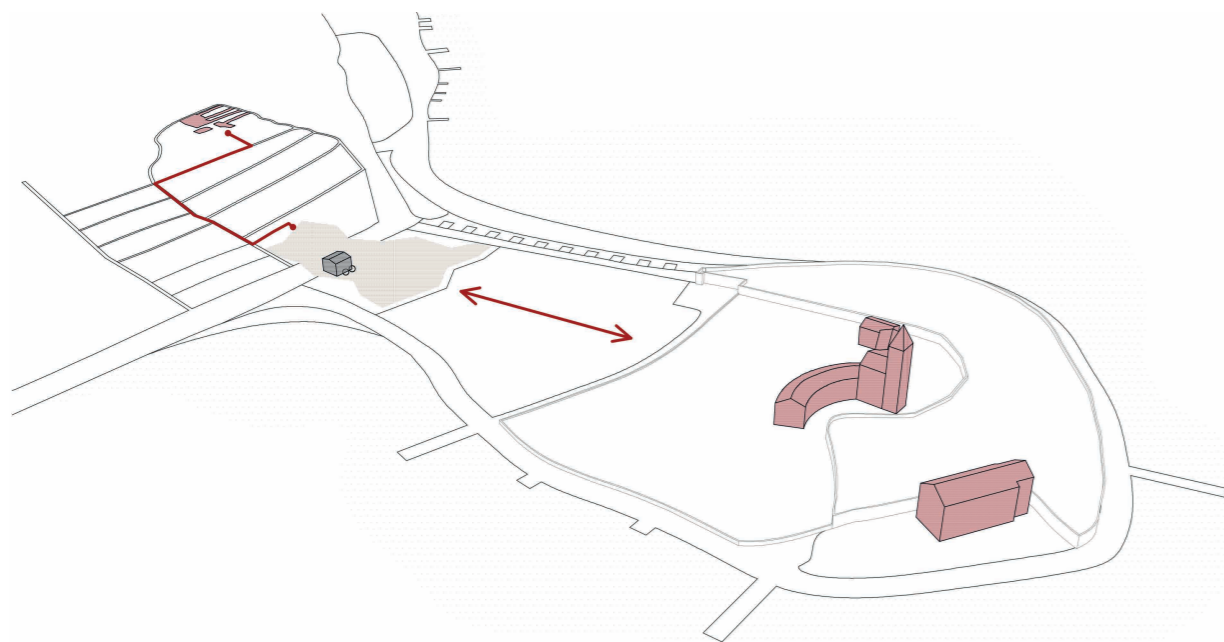




## SCHEMI DI INQUADRAMENTO

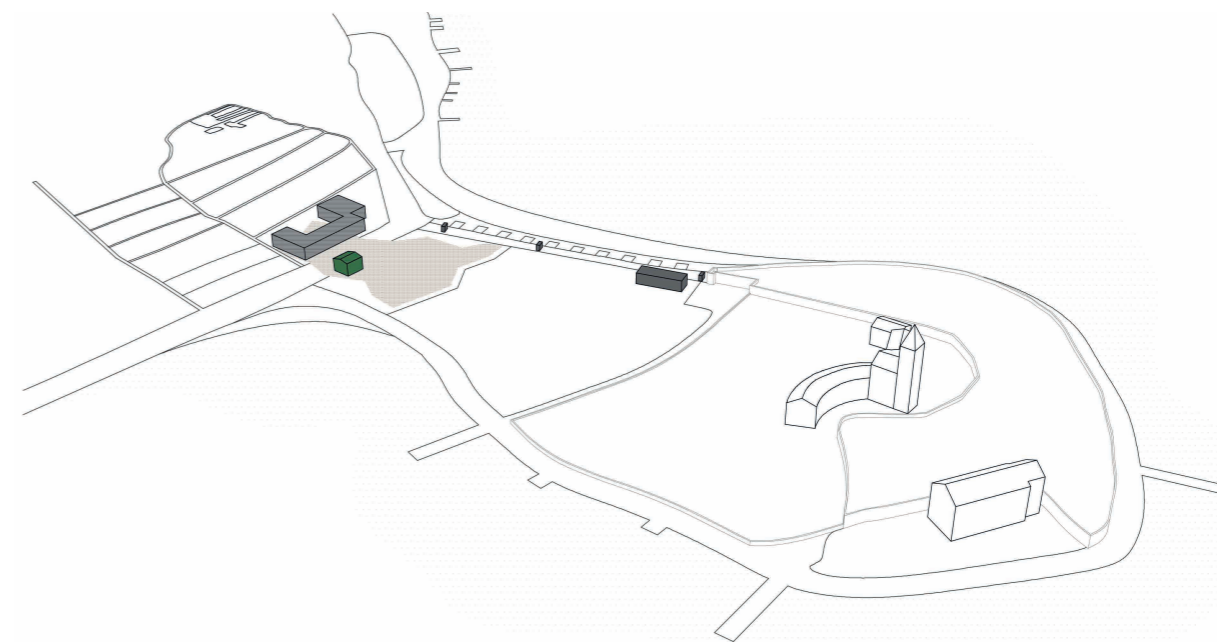
### RELAZIONE CON IL MONASTERO E LA CITTÀ GRECA

Il progetto instaura una stretta relazione con i due luoghi di rilevante interesse culturale già presenti nella zona: il monastero che svetta con il suo campanile sulla punta della penisola di Prilovo e la città greca che domina dall'alto della collina soprastante. Il monastero è inquadrato dal progetto in diverse viste ed è stato lasciato isolato per non intaccare la sua bellezza con il nuovo edificato. Si è disegnato un percorso che colleghi direttamente il progetto alla città greca così da renderla più accessibile. L'interazione tra esistente e costruito crea un filo conduttore tra i diversi periodi storici.



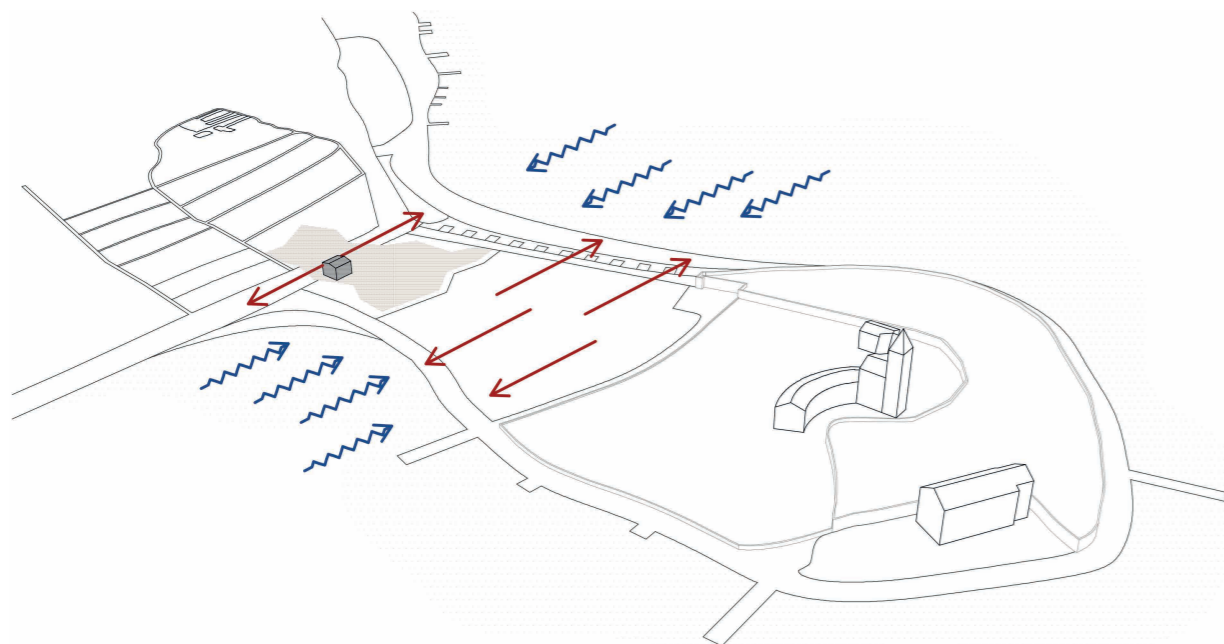
### DEMOLIZIONE E RIQUALIFICAZIONE DI EDIFICI ESISTENTI

Nell'area sono presenti degli edificati fatiscenti o non utilizzati; per questo si è deciso di demolire sia la discoteca chiusa da tempo posta nella zona Nord, sia il bar con annessi degli spogliatoi posti su tutta la costa, attualmente in uso, ma in stato di degrado. La funzione di bar e spogliatoi è stata reintegrata nel nuovo edificato dato che la spiaggia è utilizzata da turisti e abitanti del luogo. Si è deciso inoltre di mantenere e riqualificare, dato il buono stato di conservazione e la tipica conformità materica, un piccolo edificio in pietra ora utilizzato come deposito.



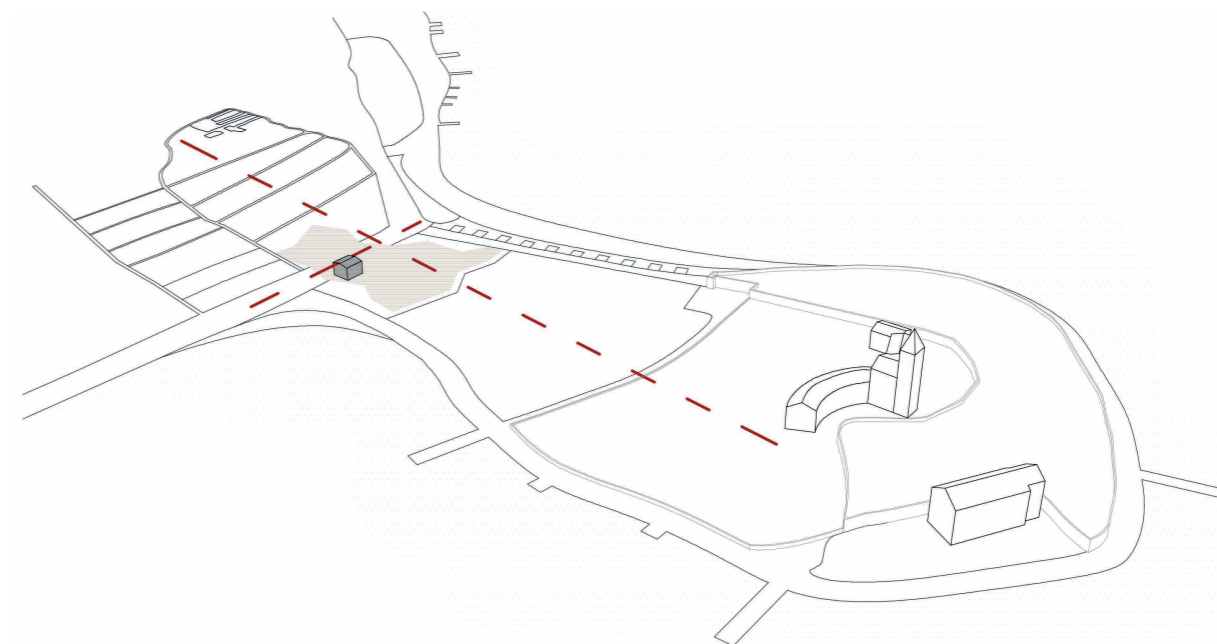
### VINCOLI PER L'EDIFICATO

La stretta vicinanza al mare vincola molto il progetto soprattutto per l'impossibilità di porre fondazioni profonde. Inoltre la volontà di intaccare il meno possibile la naturalezza e la bellezza del luogo, lasciando il monastero in rilievo, ha portato ad edificare nella zona più a Nord dell'area, ricreando un grande campo verde e permettendo la vista da costa a costa del mare. Il progetto quindi si trova a cavallo della strada carrabile che ha creato un ulteriore vincolo per la progettazione, dal momento in cui si è dovuto lasciare attivo il passaggio di auto e camion per non bloccare la circolazione.

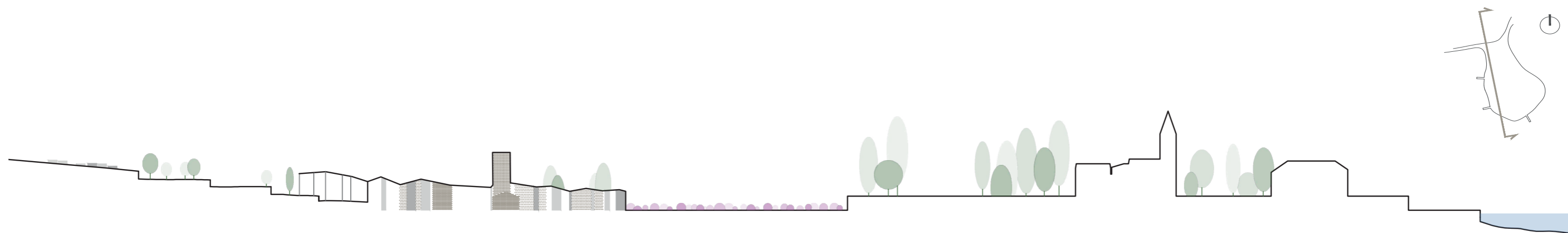


### IMPIANTO DELL'EDIFICATO

Per posizionare l'edificio si è seguita una griglia data da due direttrici principali: la prima collega la città greca a Nord con il monastero a Sud, mentre la seconda mantiene l'assetto della strada e segue quindi anche l'edificio esistente in pietra e riqualificato. Questo impianto ha reso possibile lavorare con degli assi di simmetria e ha consentito di creare dei moduli e una griglia in modo tale da rendere il costruito il più possibile armonico. Si è prestata attenzione a non rendere il progetto troppo schematico e scontato, creando così delle inclinate che permettessero scorci e permeabilità al progetto.

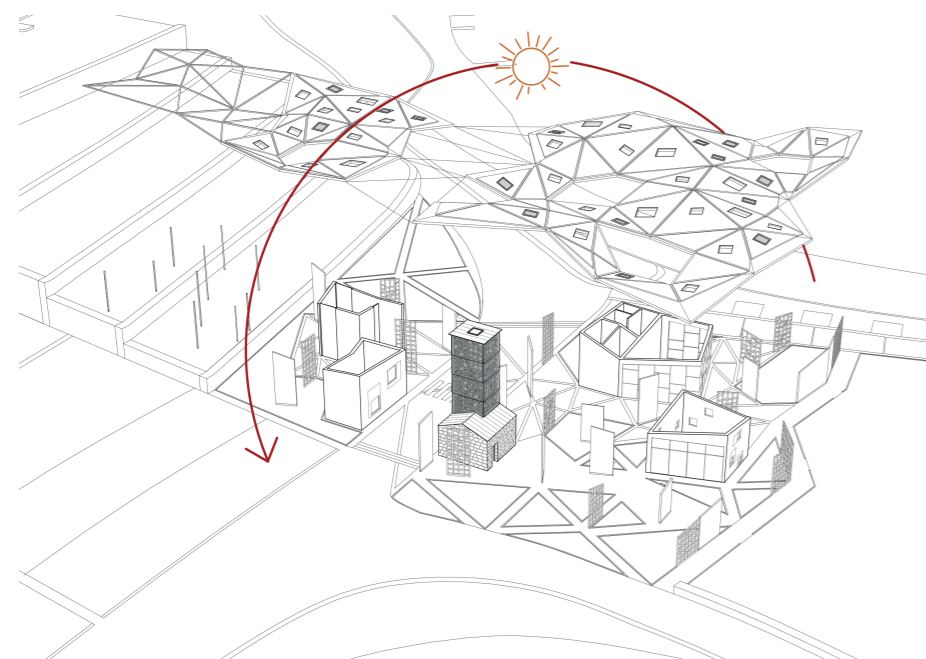


SEZIONE AMBIENTALE



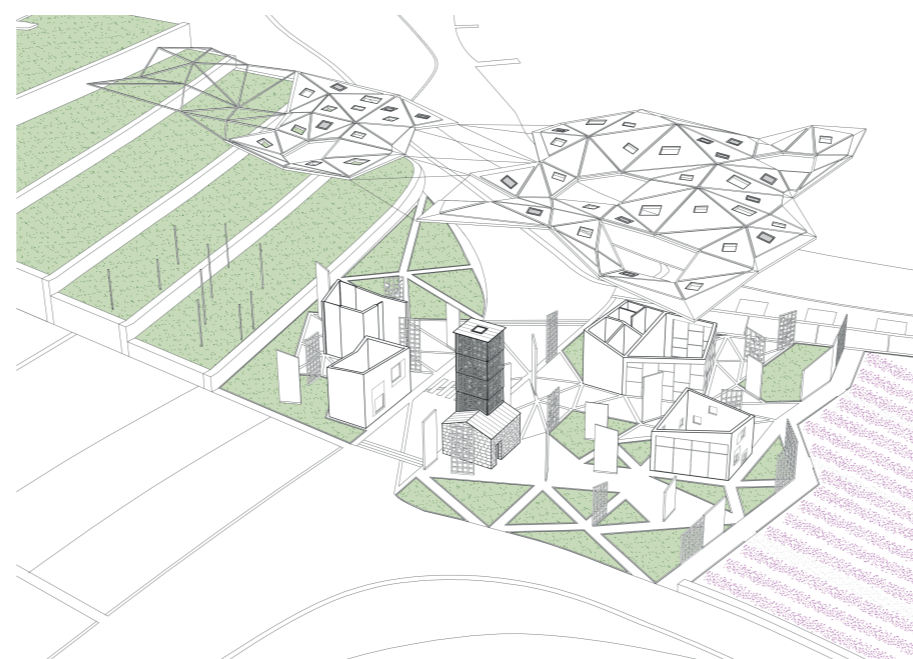
PERCORSO SOLARE

Durante la fase di progettazione è stato preso in considerazione il percorso solare al fine di organizzare gli spazi interni ed esterni, le aperture vetrate ed i percorsi in funzione della luce. Analogamente la sfaccettatura del tetto e l'inserimento delle aperture zenitali sono state studiate per non creare zone aventi un carico eccessivo di illuminazione e surriscaldamento. Nei grandi patii in cui al calore è permesso di filtrare sono state inserite schermature naturali mediante vegetazione alta a foglia grande.



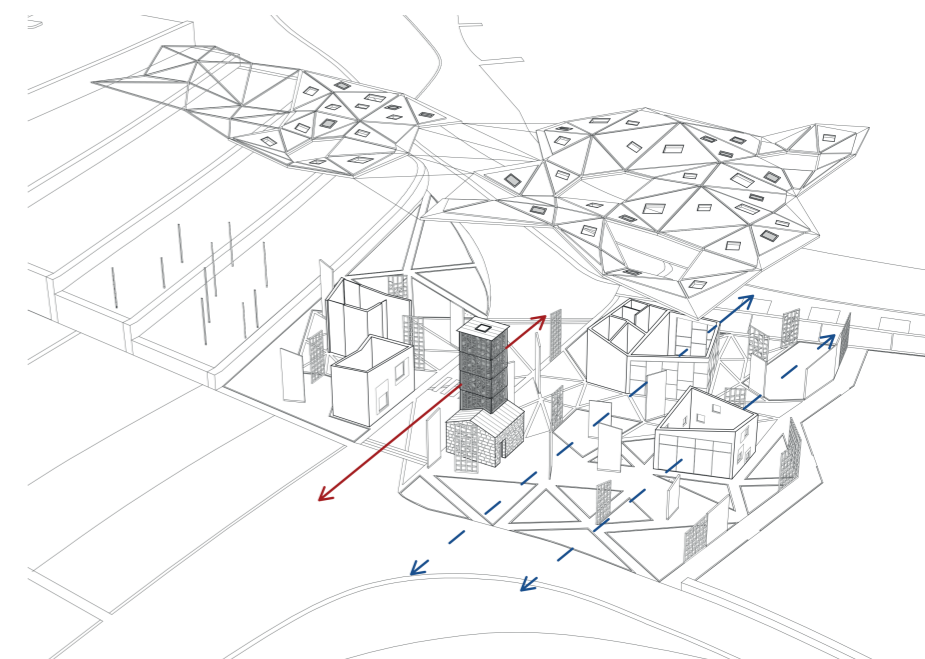
AREE VERDI

Andando ad intervenire in una zona così delicata dal punto di vista paesaggistico, è stato ritenuto doveroso restituire alcuni spazi verdi sottratti alle preesistenze. Per questo motivo l'intervento associa alla presenza di prati al di sotto della copertura anche un percorso costituito da vasche contenenti essenze tipiche dell'isola di Vis: rosmarino, arbusti di cisto, lantana camara, piante di limoni, bouganville, lavanda, capperi.

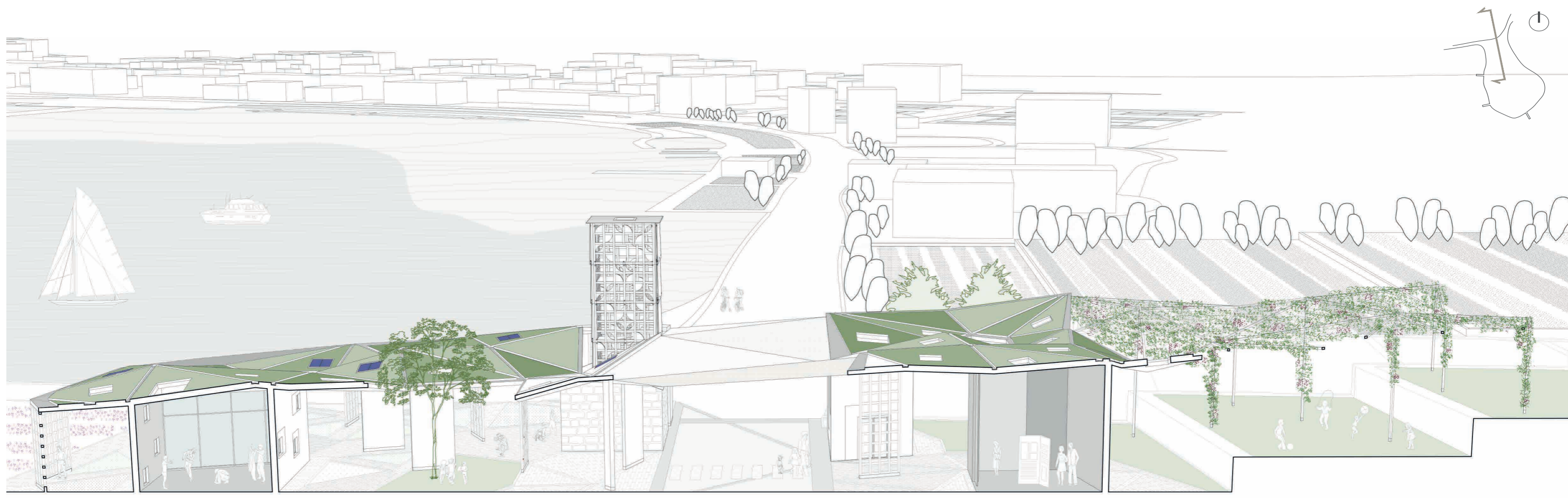


PERMEABILITA'

Elemento imprescindibile nella realizzazione di questo progetto è il mare, vero protagonista del contesto. L'obiettivo principale è stato creare una serie di percorsi e spazi in cui il panorama fosse sempre visibile totalmente o parzialmente, creando scorci tra la vastità dei setti presenti. Dall'interno del lotto progettuale è possibile trapiantare da una parte all'altra della penisola godendo della visione della città di Vis da un lato e dell'apertura della baia dall'altro.



SEZIONE LONGITUDINALE E MATERIALI UTILIZZATI



CROSS-LAM

Si è scelto per gli edifici e la copertura l'impiego di Cross-Lam, pannelli in legno multistrato che hanno funzione portante nelle costruzioni in legno ecocompatibili. Sono stati introdotti, lungo le linee di sforzo, dei setti ausiliari al sostegno della copertura. Questo materiale al di sotto delle falde è lasciato a vista, altrove tinteggiato.



GRATICCIO

Ai setti in legno lamellare sono stati affiancati altri elementi strutturali in legno a graticcio, sistema con buone prestazioni per quanto riguarda la resistenza ad eventi sismici e capacità portante. Peculiarità di questi setti verticali è la grande permeabilità alla vista poiché permettono di percepire l'intorno.



TAVOLE IN DECK

Per la pavimentazione è stato utilizzato un rivestimento in tavole in Deck di due differenti cromie, una più chiara e una più intensa. I vantaggi di questo materiale per esterni sono legati alla sua semplicità di posa in opera, effettuata tramite clip metalliche, e la facilità con cui può essere rimosso.



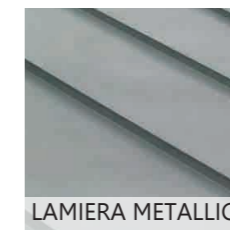
FILTRANTE

L'area in cui sorgono gli edifici progettati risulta essere divisa da una strada a doppia carreggiata. Per connettere le due parti è stata introdotta una copertura filtrante che riprendesse le sfaccettature create con i pannelli Cross-Lam. La visibilità al di sotto di essa è assicurata dal colore chiaro e dalla texture a maglia larga dei teli impiegati.



SEDUM

La particolare copertura sfaccettata è composta da pannelli Cross-Lam. Superiormente è pensato uno strato di Sedum, indicato per le condizioni climatiche se confrontato con un tradizionale tetto verde. Questo sistema mitiga gli apporti di calore durante le stagioni più calde.



LAMIERA METALLICA

Il perimetro della grande copertura è caratterizzato da un rivestimento in lamiera metallica. L'impiego del laminato in zinco-titanio è giustificato dalla sua grande durabilità, assenza di manutenzione e dal gradevole aspetto estetico. Inoltre questo materiale, sia in fase di produzione che di smaltimento, mostra un grande rispetto per l'ambiente.



# PERCORSO SENSITIVO

CITTÀ GRECA

Fine percorso sensoriale

FILARI DI ULIVI

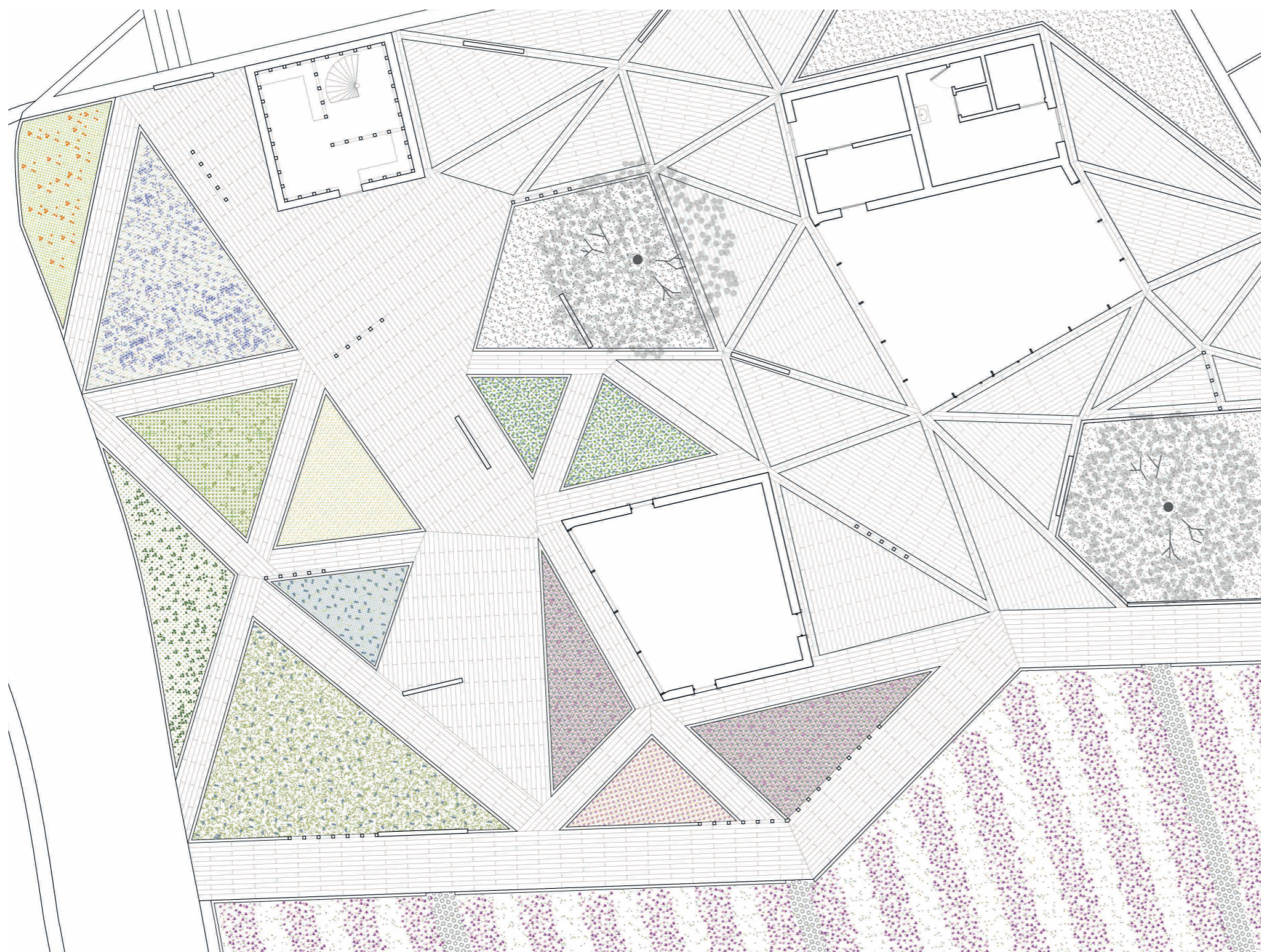
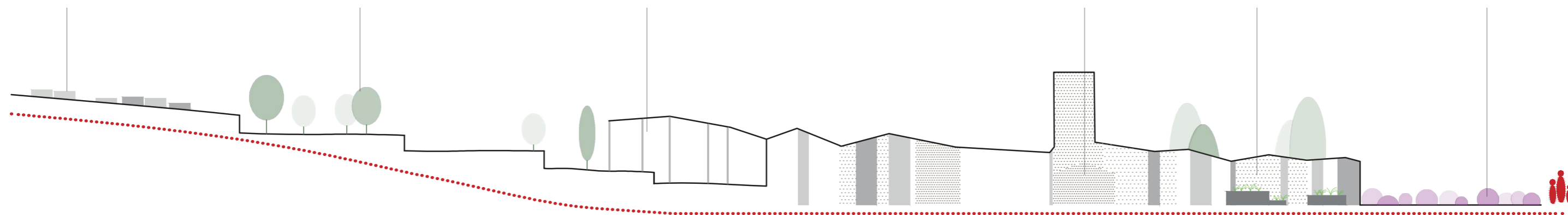
PERGOLATO  
DI UVA

FARO  
PANORAMICO

GIARDINO DELLE  
ESSENZE

LAVANDA

Inizio percorso sensoriale



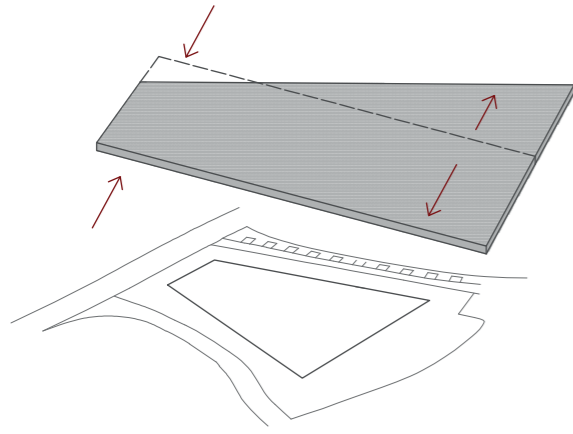




## COPERTURA - DEFINIZIONE DELLA FORMA

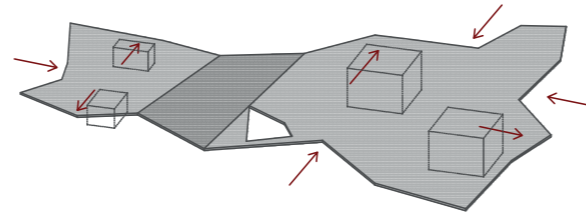
### DEFINIZIONE DELLA PRIMA FORMA

La forma trapezoidale deriva dalla geometria dell'area in cui è inserito il progetto. Il sito è infatti delimitato da due strade lateralmente, inclinate rispetto alla strada principale, che formano così una forma ristretta superiormente e più allargata inferiormente.



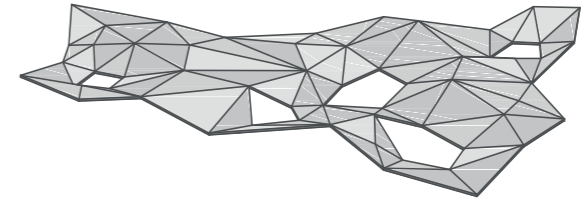
### PRIME RIENTRANZE PERIMETRALI

Si inseriscono gli edifici all'interno dell'area progettuale e si stabilisce dove sarà necessario stringersi o espandersi sul perimetro: dove è presente un edificio, la copertura si amplierà maggiormente rispetto a dove è presente un ingresso all'area.



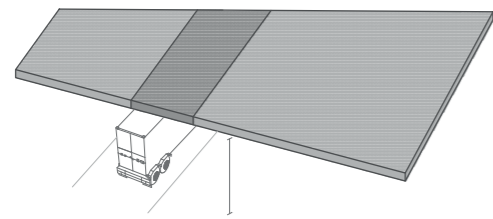
### FORMAZIONE DEI TRIANGOLI

I vincoli descritti e la necessità di avere alcuni punti alti e altri bassi, porta ad utilizzare una forma geometrica che lasci la possibilità di modellare una copertura sfaccettata, mantenendo le superfici piane: il triangolo. Questo permette anche di utilizzare il Cross-Lam.



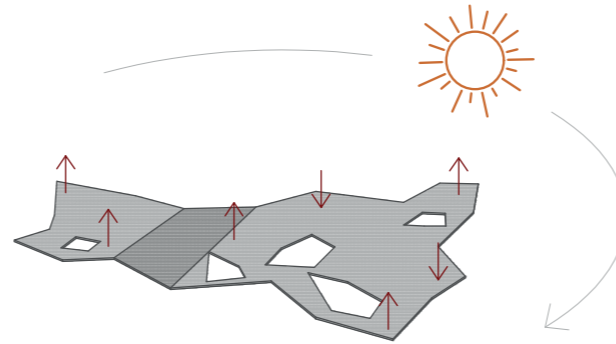
### VINCOLO DI ALTEZZA STRADALE

L'edificio si trova a cavallo di una strada carrabile aperta al traffico. La copertura deve quindi coprire la larghezza della carreggiata, avendo come vincolo sia l'altezza minima di 5 metri, sia l'impossibilità di avere pilastri di sostegno che intralcino il percorso.



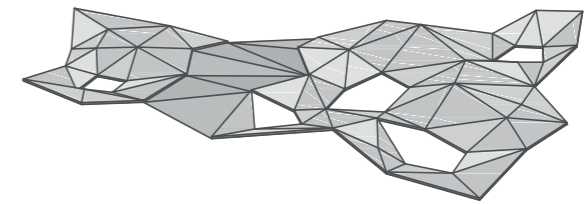
### VARIAZIONI IN FUNZIONE DEL SOLE

Una volta posizionati gli edifici e stabilito il perimetro, si elevano alcuni punti della copertura e se ne abbassano degli altri a seconda della necessità di schermare la luce o garantire apporti solari. Vengono inseriti dei patii nelle zone buie per filtrare la luce naturale.



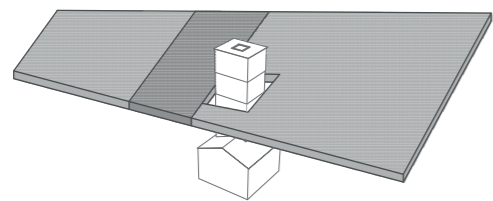
### INTRODUZIONE DEL FILTRANTE

Come spiegato in precedenza, la copertura copre anche una strada carrabile. Nasce la necessità di utilizzare un materiale leggero che permetta il passaggio della luce senza abbagliare: si introduce così un materiale tessile dalla maglia piuttosto larga.



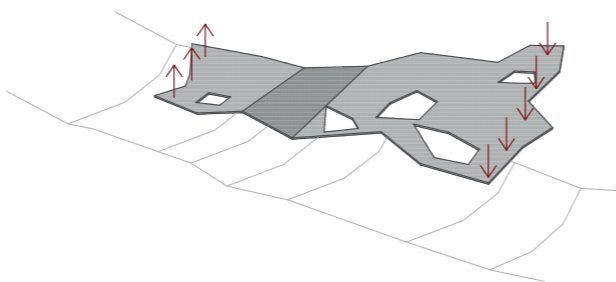
### INSERIMENTO DEL FARO

Riqualificando un edificio già esistente nell'area, si inserisce all'interno del progetto un faro panoramico che si eleva in altezza. Per poter sveltare sul circondario, l'edificio deve alzarsi oltre la copertura. Questo prevede l'inserimento di un primo foro.



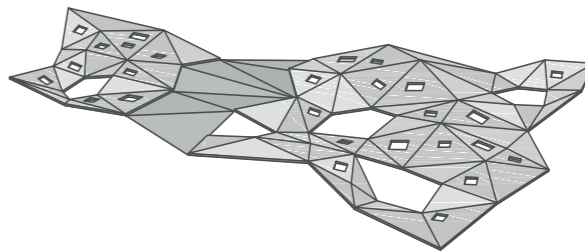
### MORFOLOGIA DEL TERRENO

La copertura viene abbassata verso Sud e alzata verso Nord per seguire la morfologia del terreno su cui poggia l'edificio e mimetizzarsi il più possibile con esso. Questa inclinazione risulta appropriata a livello energetico in quanto permette più luce a Nord e meno a Sud.



### INSERIMENTO DELLE APERTURE

Per ultimare la copertura si studia l'illuminamento con dei software appropriati. Si inseriscono così dei fori nei punti adeguati per apportare luce naturale zenitale. Essi verranno chiusi in corrispondenza degli edifici con dei cupolini vetriati tipo Velux e lasciati aperti nelle zone outdoor.



LA STRUTTURA

# ELEMENTI DI SOSTEGNO VERTICALE

## RIGIDEZZA DEGLI ELEMENTI DI SOSTEGNO VERTICALI

Prima di svolgere le analisi vere e proprie delle azioni agenti sulla copertura e alla rispettiva verifica, si procede allo studio e al calcolo delle differenze di rigidezza che si hanno tra il setto pieno, il setto con il sistema a graticcio ed il sistema irrigidito imponendo un carico unitario in direzione X.

Mediante un'analisi agli elementi finiti con il programma Abaqus CAE si ricava lo spostamento  $\delta$ , e considerando la forza unitaria, si può ottenere la rigidezza  $k$  relativa al setto analizzato con la seguente formula:

$$k = F / \delta$$

Il fine ultimo di queste analisi consiste nello studio delle diverse rigidezze dei setti di sostegno verticali.

Nella rappresentazione sottostante si mostrano i risultati ottenuti per quanto riguarda gli spostamenti in direzione X, ossia nel verso di applicazione della forza unitaria (1 kN) uniformemente distribuita in sommità delle strutture.

Considerando il setto pieno in Cross-Lam, lo spostamento ottenuto dopo aver applicato una forza unitaria, è di  $1,26 \cdot 10^{-4}$  m. Calcolando con la formula prima descritta e utilizzando una forza unitaria, si ottiene una rigidezza:

$$k_{\text{SETTO PIENO}} = 7,93 \cdot 10^6 \text{ N/m.}$$

Il setto con sistema a graticcio risulta avere uno spostamento molto maggiore rispetto al setto pieno, pari a  $7,55 \cdot 10^{-4}$  m. Si calcola ora la sua rigidezza che risulta essere pari a:

$$k_{\text{SETTO A GRATICCIO}} = 1,32 \cdot 10^6 \text{ N/m.}$$

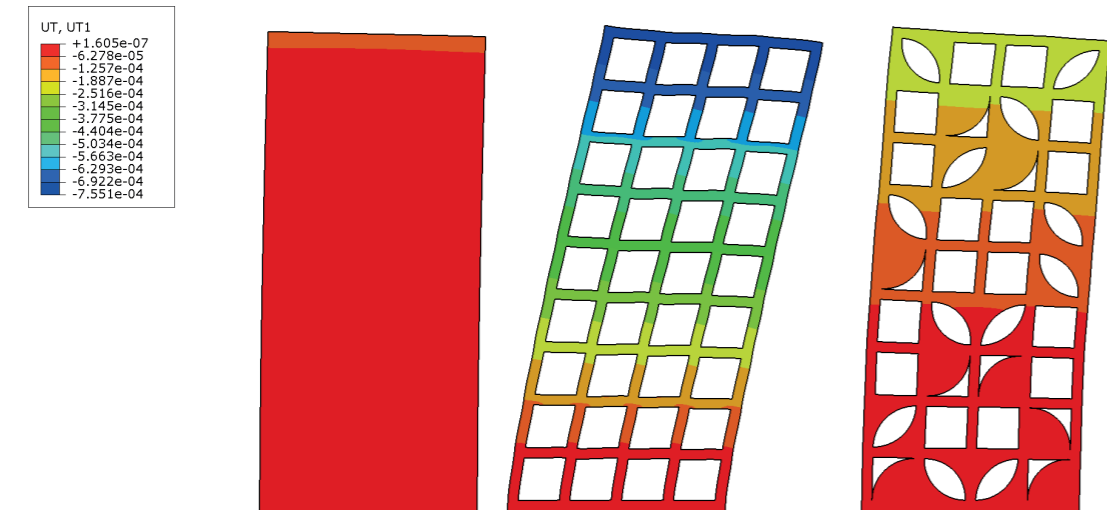
Il setto con sistema a graticcio additivato di sistemi di irrigidimento in OSB risulta avere uno spostamento molto maggiore rispetto al setto pieno ma pur sempre la metà rispetto a quello del sistema a graticcio puro. Lo spostamento misurato risulta infatti di  $2,51 \cdot 10^{-4}$  m. Si calcola ora la sua rigidezza che risulta pari a:

$$k_{\text{SETTO A GRATICCIO CON IRRIGIDIMENTI}} = 3,98 \cdot 10^6 \text{ N/m.}$$

Il risultato ottenuto conferma le aspettative teoriche, ossia che il setto più rigido si identifica con quello pieno in Cross-Lam, mentre quello più deformabile è il sistema a graticcio puro.

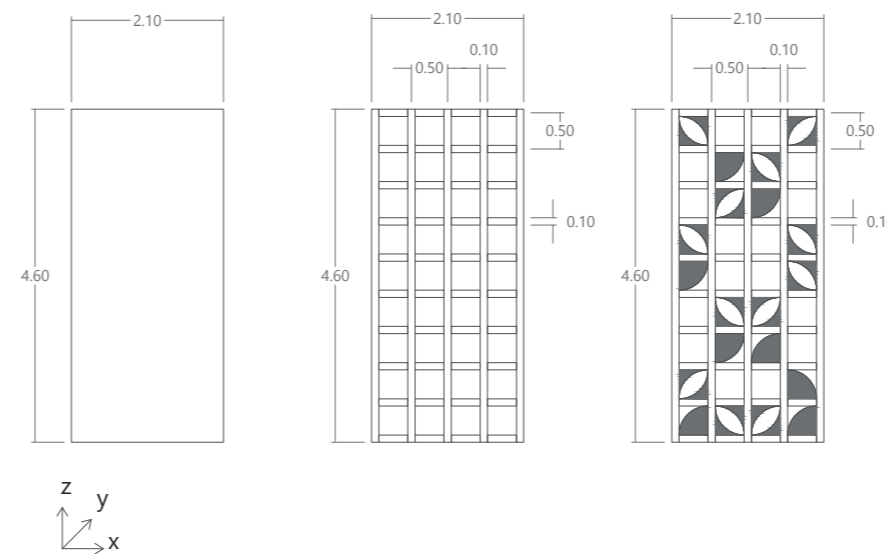
Tuttavia è da sottolineare che lo spostamento ottenuto per il setto a graticcio è comunque accettabile al fine strutturale. Pertanto il sistema graticciato all'interno del progetto risulta utilizzabile, prestando però attenzione all'adeguato posizionamento: i setti pieni devono essere posti in corrispondenza delle zone critiche e devono essere omogeneamente alternati con i setti a graticcio, in modo tale da avere una rigidezza globale che si possa considerare uniformemente distribuita sulla struttura.

## SPOSTAMENTI IN DIREZIONE X



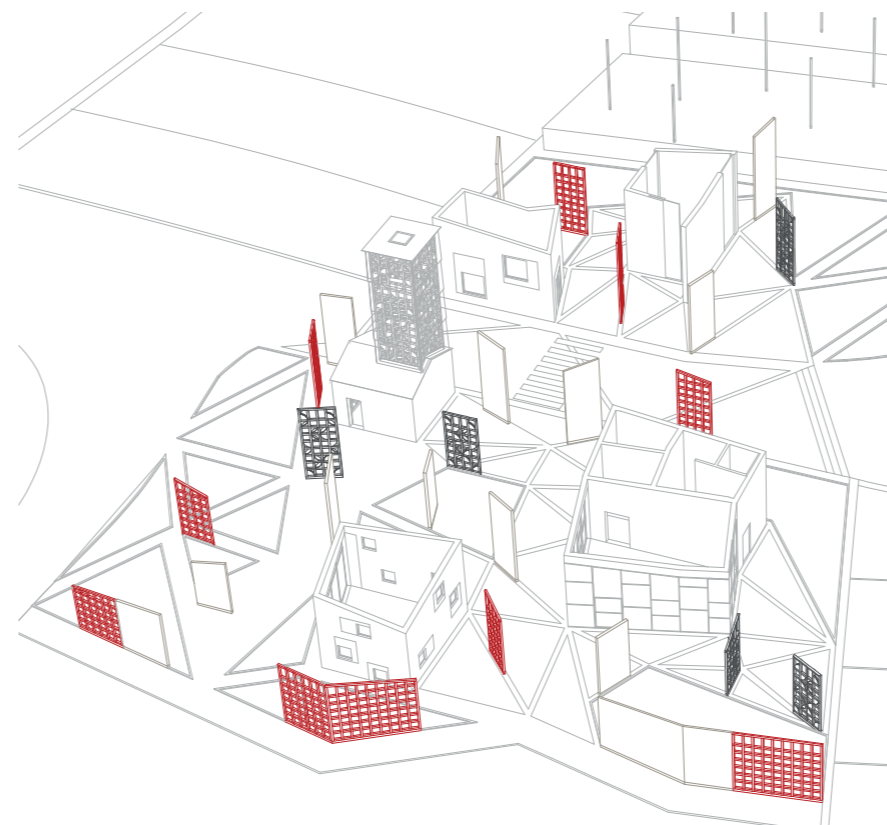
ODB: FX.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Tue May 09 11:47:38 W. Europe Daylight Time 2017  
 Step: PP  
 Increment 1: Step Time = 1.000  
 Primary Var: UT, UT1  
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.243e+03

## TIPOLOGIA DI SETTI ANALIZZATI MEDIANTE IL SOFTWARE AGLI ELEMENTI FINITI



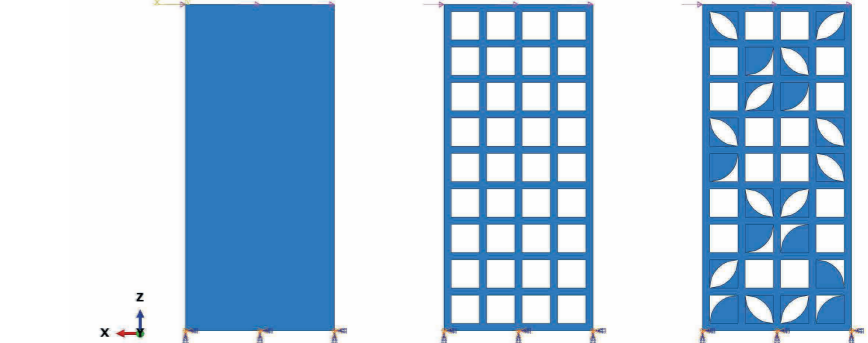
Il setto a graticcio è stato introdotto per questioni architettoniche al fine di permettere la permeabilità alla vista al di sotto della grande copertura. Tuttavia per risolvere eventuali problemi di rigidezza strutturale sono stati introdotti dei sistemi di irrigidimento in OSB, opportunamente studiati secondo una trama derivante dal pattern di resti di antichi mosaici provenienti da terme romane collocate a pochi passi dal sito di progetto. Sono stati quindi analizzati tutti questi tre sistemi di sostegno verticale che vanno ad articolarsi all'interno del progetto.

## TIPOLOGIA DI SETTI INTRODOTTI NEL PROGETTO VELIKA

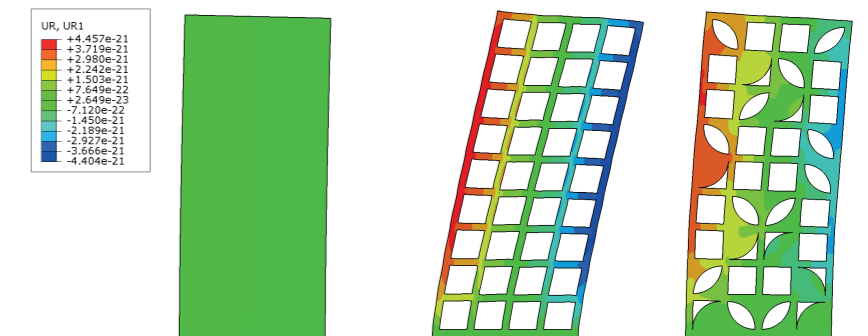


- Setti pieni in Cross-Lam Num. 13
- Setti a graticcio Num. 10
- Setti a graticcio con irrigidimenti Num. 5

## CONDIZIONI AL CONTORNO PER LE SIMULAZIONI

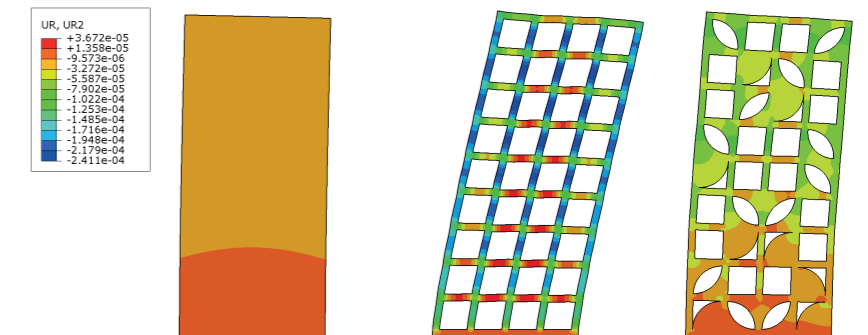


### ROTAZIONI ATTORNO ALL'ASSE X



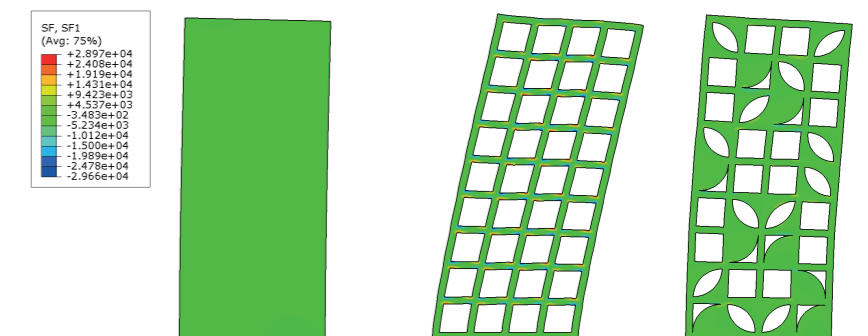
ODB: FX.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Tue May 09 11:47:38 W. Europe Daylight Time 2017  
 Step: PP  
 Increment 1: Step Time = 1.000  
 Primary Var: UR, UR1  
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.243e+03

### ROTAZIONI ATTORNO ALL'ASSE Y



ODB: FX.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Tue May 09 11:47:38 W. Europe Daylight Time 2017  
 Step: PP  
 Increment 1: Step Time = 1.000  
 Primary Var: UR, UR2  
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.243e+03

### FORZE NELLA SEZIONE IN DIREZIONE X



ODB: FX.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Tue May 09 11:47:38 W. Europe Daylight Time 2017  
 Step: PP  
 Increment 1: Step Time = 1.000  
 Primary Var: SF, SF1  
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.243e+03

## ANALISI STRUTTURALE ISOTROPA

La struttura complessiva del progetto è stata modellata mediante un programma agli elementi finiti, Abaqus CAE. Velika risulta essere composta da elementi verticali, ossia i setti di sostegno e gli edifici e dalla copertura sfaccettata, che si sviluppa in direzione prevalentemente orizzontale. La struttura da esaminare viene modellata partendo dal disegno tridimensionale in Rhinoceros, che viene semplificato con l'introduzione di sole superfici piane, in modo tale che il programma Abaqus CAE riconosca automaticamente le diverse parti disposte nello spazio. Da qui si esporta il file in formato ACIS (.sat) e lo si importa nel programma, andando a lavorare con elementi "shell" a cui si deve assegnare uno spessore. La copertura viene studiata connessa ai setti di sostegno, differenziando i setti pieni in Cross-Lam da quelli costituiti da un sistema a graticcio, caratterizzati da una rigidità inferiore. Importando nel modello Abaqus CAE è stato possibile unire quest'ultimi elementi al modello del tetto andando a creare due diverse istanze, una per il tetto ed una per gli elementi verticali, per poi unirle mediante il comando di unione booleana "Merge/Cut Instance", che ci permette di creare una nuova parte dall'unione di due o più istanze.

Di seguito si procede con la generazione della mesh iniziando dalla parte unita. In tal modo si è sicuri della perfetta coincidenza tra la suddivisione in parti degli elementi verticali e delle falde soprastanti. Si è assegnata una dimensione della mesh pari a 0,10 x 0,10m.

Per quanto riguarda la definizione delle "Boundary Conditions" si impongono gli spostamenti nulli in corrispondenza dei segmenti che appoggiano sul terreno. In particolar modo essi sono le parti terminali di edifici e setti.

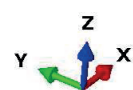
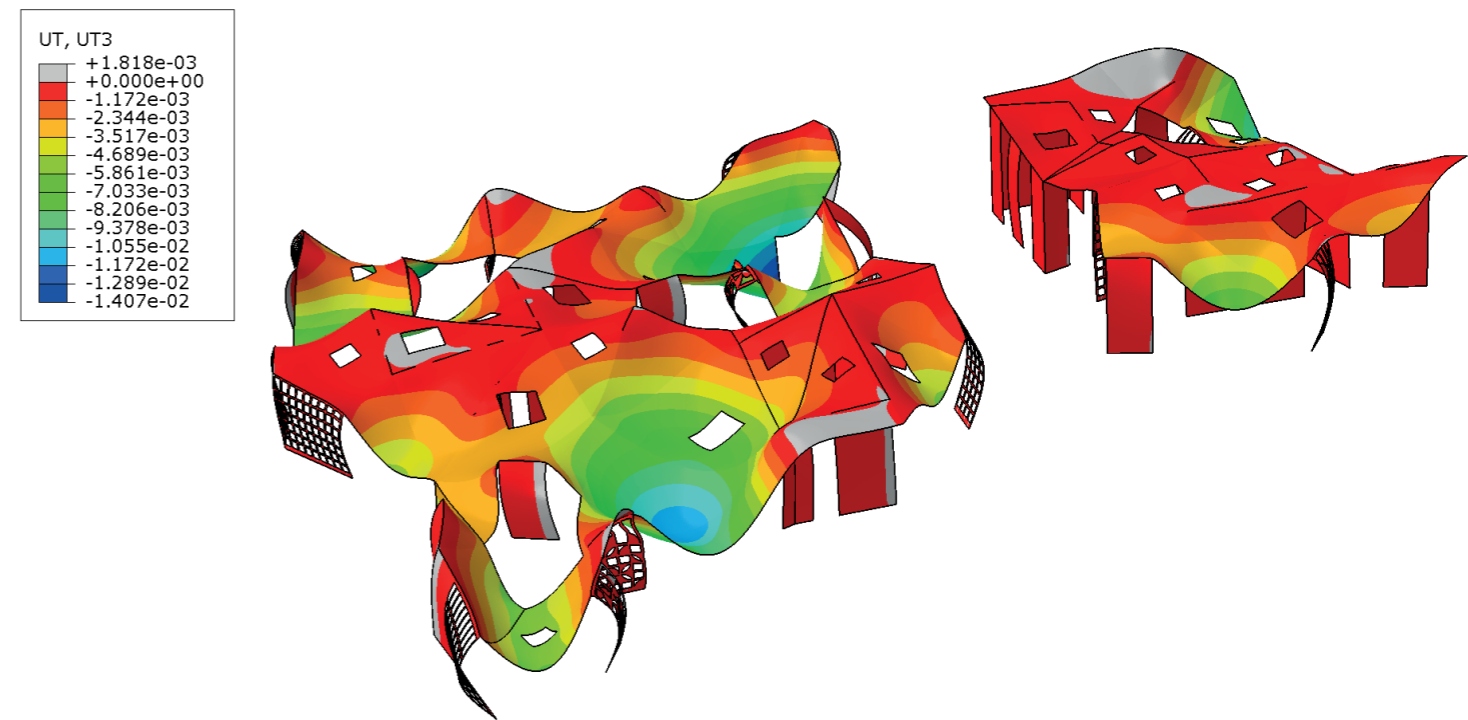
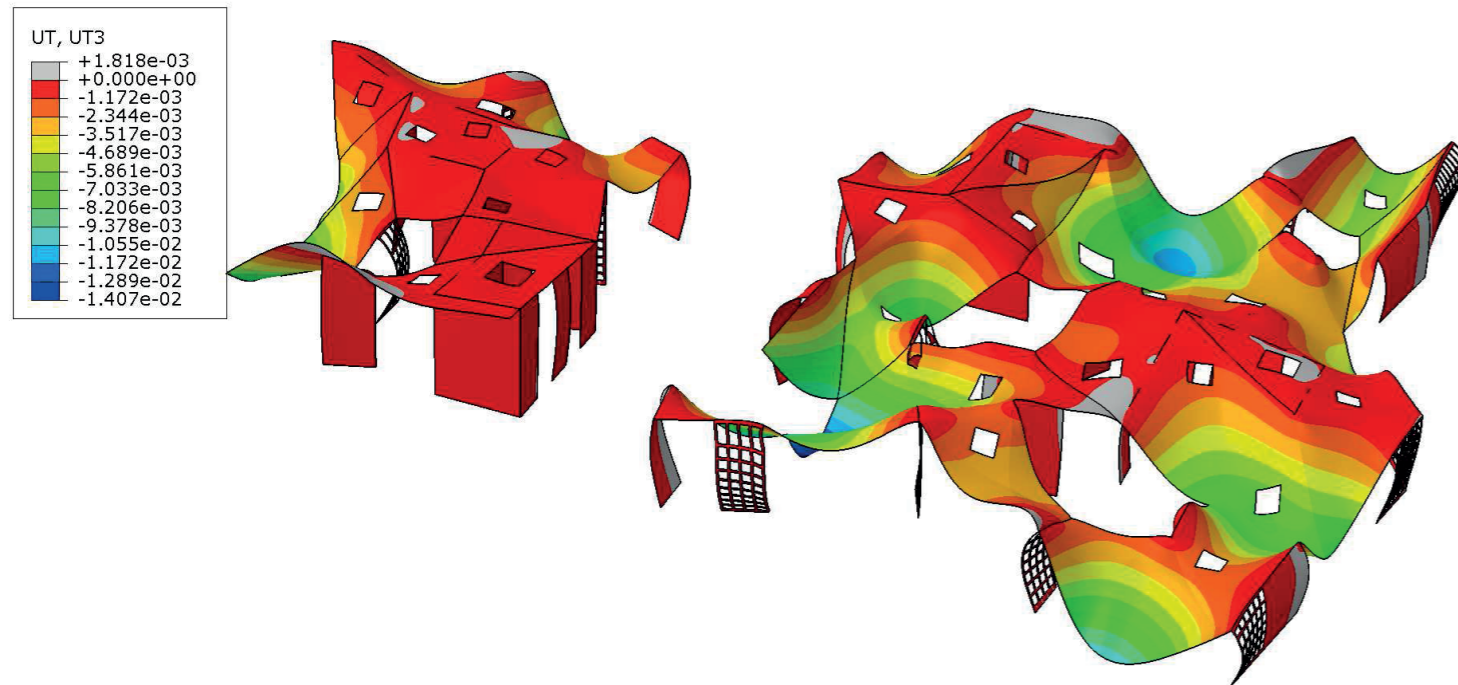
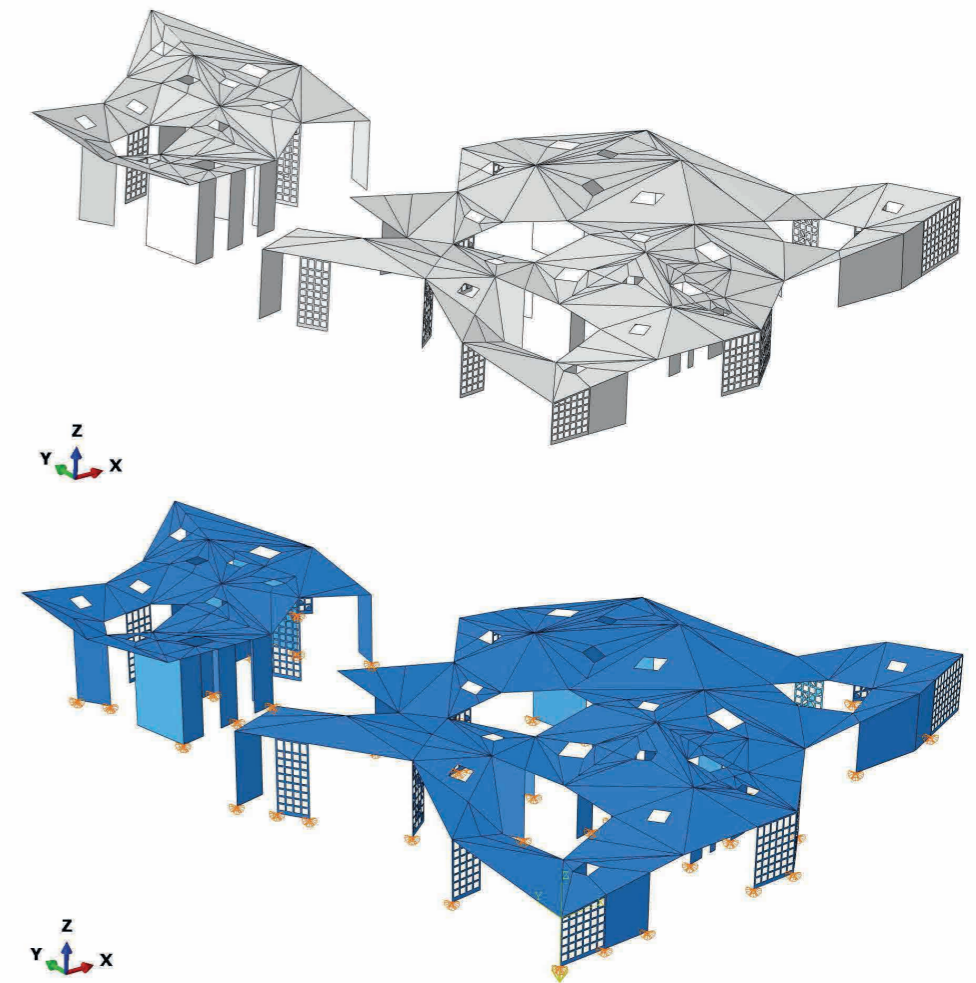
Il programma Abaqus CAE, una volta assemblate le diverse parti, considera i segmenti in adiacenza delle due parti come incastri, ripristinando quindi la continuità della struttura e della mesh. Per questo motivo non bisogna assegnare condizioni al contorno tra elementi verticali e copertura. Una volta definita la geometria complessiva si è valutato prima il caso di materiale isotropo, per poi andare ad implementare il modello introducendo l'ortotropia del materiale Cross-Lam. I parametri del materiale definite in queste prime simulazioni agli elementi finiti sono densità pari a 630 kg/m<sup>3</sup>, modulo di elasticità pari a 7,4 GPa e coefficiente di Poisson pari a 0,4.

Vengono inseriti due carichi gravitazionali per simulare il peso proprio e il carico di neve, in modo tale da imporre la direzione secondo l'asse "z" globale. In primis il peso proprio viene associato ad un'accelerazione di 9,81m/s<sup>2</sup>. È necessario anteporre il segno "meno" al valore di accelerazione in quanto il sistema di riferimento con cui lavora il programma Abaqus CAE è rivolto verso l'alto. Per quanto riguarda il carico da neve, pari a 0,8 kN/m<sup>2</sup> (81,54 kg/m<sup>2</sup>) bisogna trovare un'analogia al fine di andare ad amplificare il peso della struttura mediante un'accelerazione:

$$\rho \cdot t = 630 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,16 \text{ m} = 100,8 \text{ kg/m}^2$$

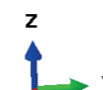
$$81,54 \text{ kg/m}^2 / 100,8 \text{ kg/m}^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 7,93 \text{ m/s}^2.$$

I valori di spostamento ottenuti rientrano nel range accettabile da normativa.



ODB: ISOTROPO.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Fri May 05 20:40:05 W. Europe Daylight Time 2017

Step: PP  
 Increment 1: Step Time = 1.000  
 Primary Var: UT, UT3  
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +4.029e+02



ODB: ISOTROPO.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Fri May 05 20:40:05 W. Europe Daylight Time 2017

Step: PP  
 Increment 1: Step Time = 1.000  
 Primary Var: UT, UT3  
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +4.029e+02

## ANALISI STRUTTURALE ORTOTROPA

Il comportamento meccanico del legno varia significativamente in base alle tre direzioni che lo caratterizzano, motivo per cui esso viene definito ortotropo.

E' da sottolineare che la resistenza maggiore si registra in direzione della fibratura, pertanto gli elementi in legno ad uso strutturale vengono sfruttati quasi esclusivamente in tale direzione.

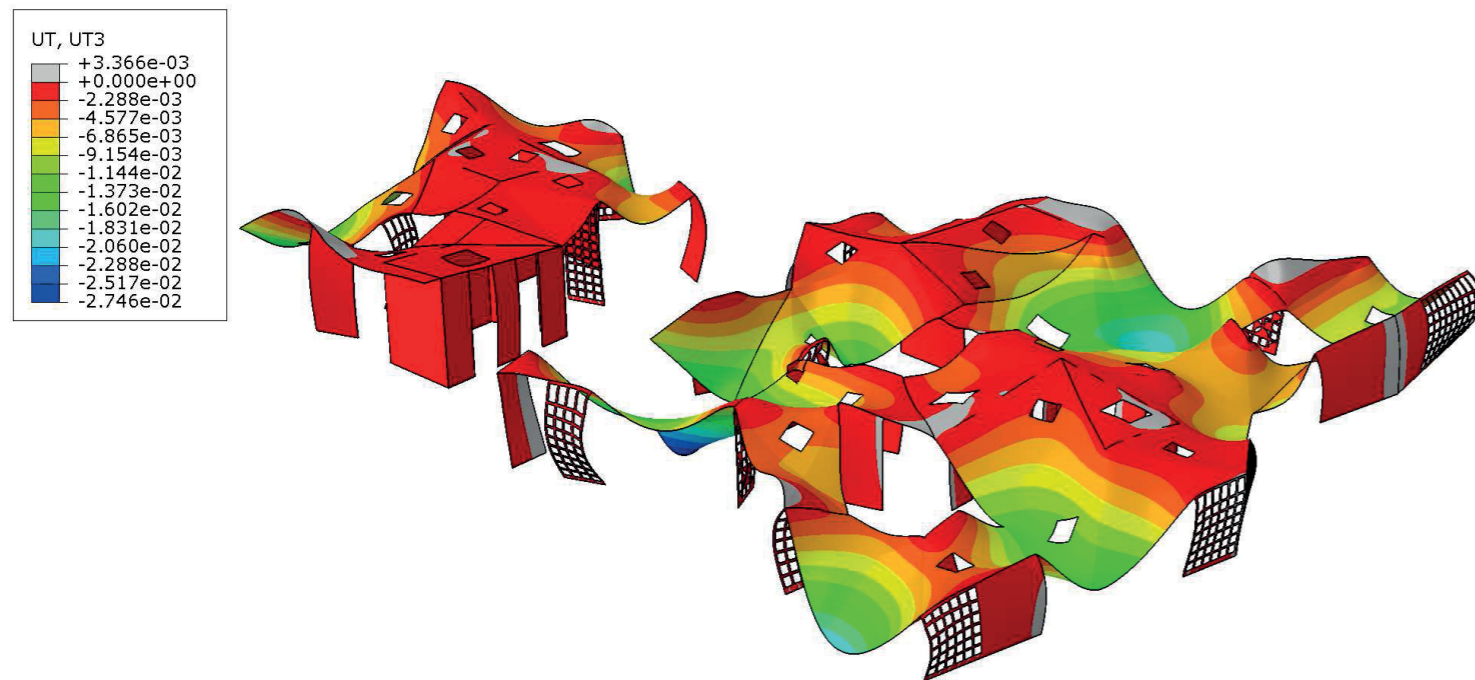
Per quanto riguarda l'orientazione delle fibre si distingue:

- longitudinale (L), ossia in direzione parallela alle fibre;
- radiale (R), ossia in direzione radiale ai cerchi di accrescimento;
- tangenziale (T), ossia in direzione tangenziale ai cerchi di accrescimento.

In generale si può assumere il comportamento del materiale legno al "Modello delle Cannucce Affiancate", che delinea alcuni principi utili alla comprensione e alla delimitazione delle condizioni al contorno. Le resistenze in direzione perpendicolare alle fibre sono più basse di quelle in direzione parallela, le verifiche devono essere svolte separatamente per le tensioni agenti nelle due direzioni ortogonali principali, bisogna di evitare sforzi di trazione in direzione perpendicolare alla fibra ed infine si deve sempre tener conto dell'inclinazione delle tensioni rispetto alla direzione delle fibre. Al fine di simulare questo comportamento attraverso il programma Abaqus CAE si sono definiti i parametri secondo cui si registra il comportamento a lamina del materiale analizzato. Dalle tabelle presenti in normativa EN 338 riguardanti il materiale Cross-Lam si ricavano i seguenti parametri, riconducibili ai valori richiesti dal programma:  $E_0 = 11 \text{ GPa}$ ,  $E_{90} = 0,37 \text{ GPa}$ ,  $G_{\text{mean}} = 0,69 \text{ GPa} = G_{12}$ ,  $\nu_{12} = 0,4$ . Per i valori del modulo elastico si è operata una media pesata ("Rule of Mixtures") secondo i cinque diversi strati del pannello in Cross-Lam, ottenendo così  $E_1$  e  $E_2$ . Per quanto riguarda gli altri valori sono determinabili attraverso le formule:

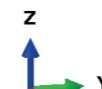
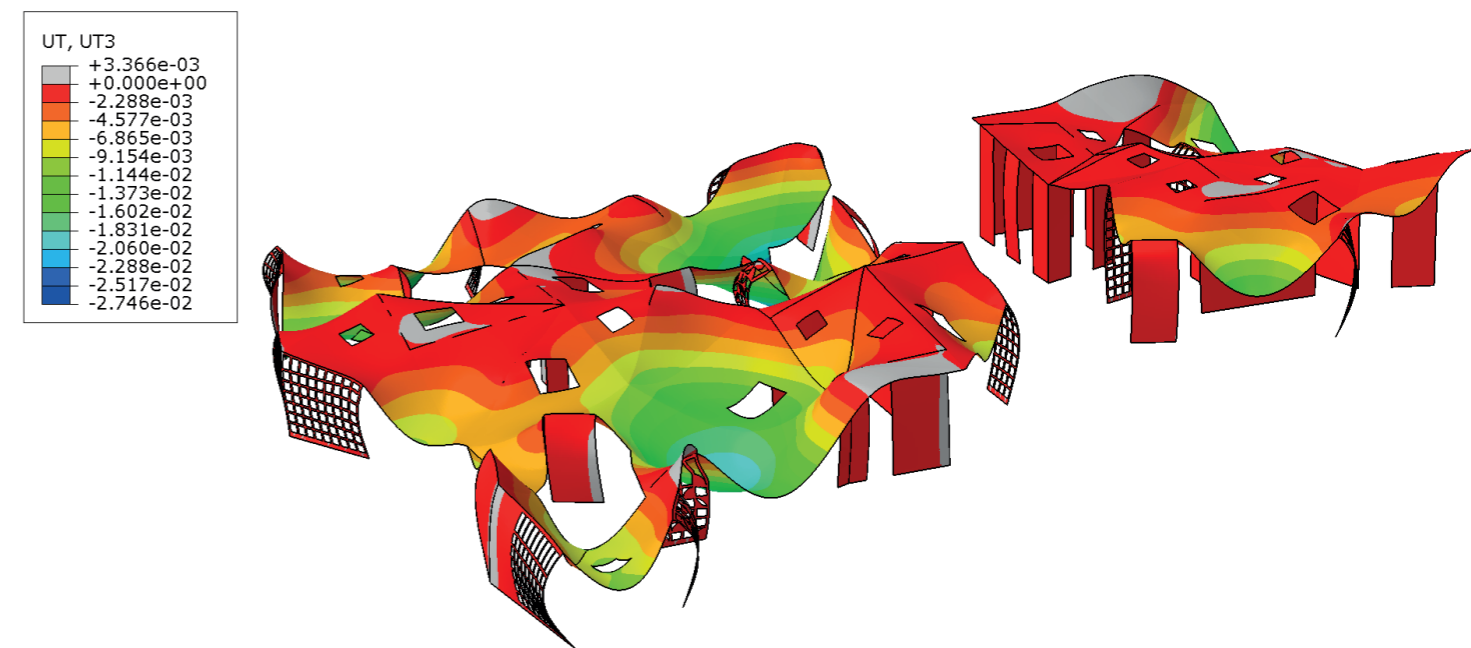
- $E_1 = (3 \cdot E_0 + 2 \cdot E_{90}) = 6,748 \text{ GPa}$ ;
- $E_2 = (2 \cdot E_0 + 3 \cdot E_{90}) = 4,622 \text{ GPa}$ ;
- $G_{13} = 1/10 G_{\text{mean}} = 0,069 \text{ GPa}$ ;
- $G_{23} = 1/10 G_{\text{mean}} = 0,069 \text{ GPa}$ .

Si nota come gli spostamenti lungo l'asse verticale siano maggiorati rispetto al caso precedente di simulazione ortotropo, dove i parametri del materiale non rispettavano la proprietà di direzionalità delle fibre del legno. La combinazione delle differenti direzioni dei pannelli di falda fornisce uno studio più accurato e veritiero se confrontato con la situazione reale. È da notare come le deformazioni della struttura rimangono comunque entro range accettabili da normativa.



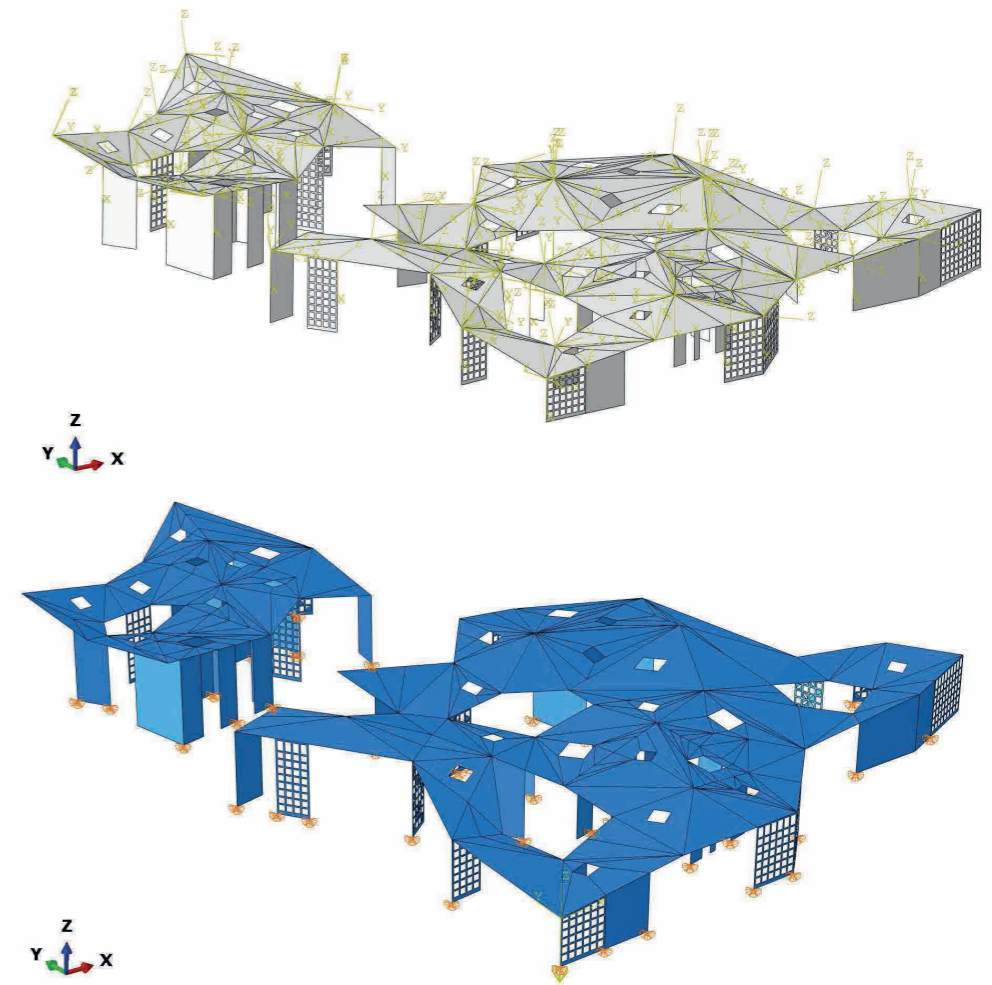
ODB: ORTOTROPO.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Fri May 05 23:49:56 W. Europe Daylight Time 2017

Step: PP  
Increment 1: Step Time = 1.000  
Primary Var: UT, UT3  
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +2.064e+02



ODB: ORTOTROPO.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Fri May 05 23:49:56 W. Europe Daylight Time 2017

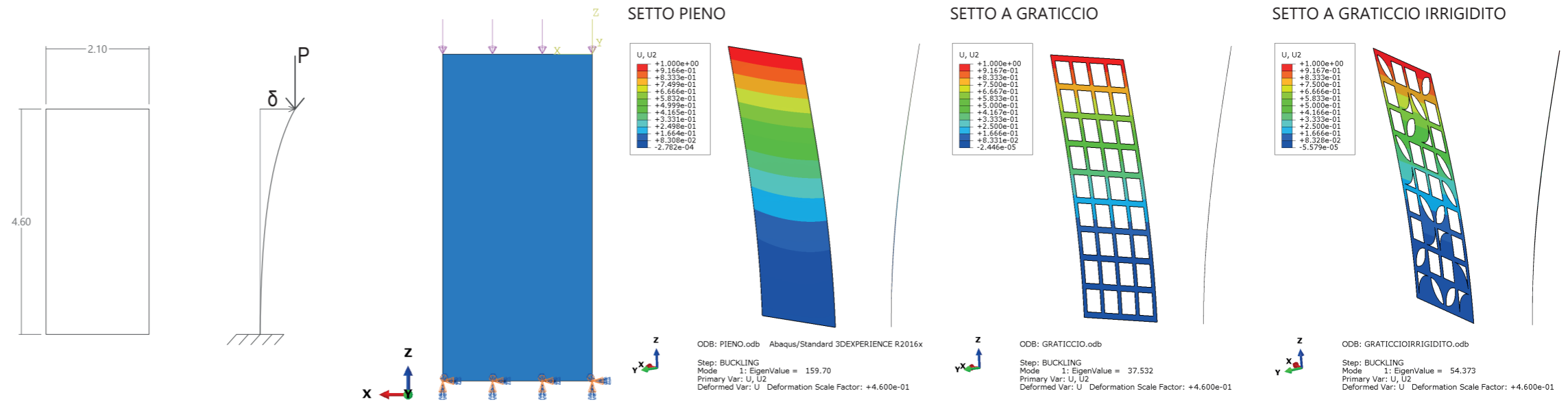
Step: PP  
Increment 1: Step Time = 1.000  
Primary Var: UT, UT3  
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +2.064e+02



## PROBLEMI DI INSTABILITÀ

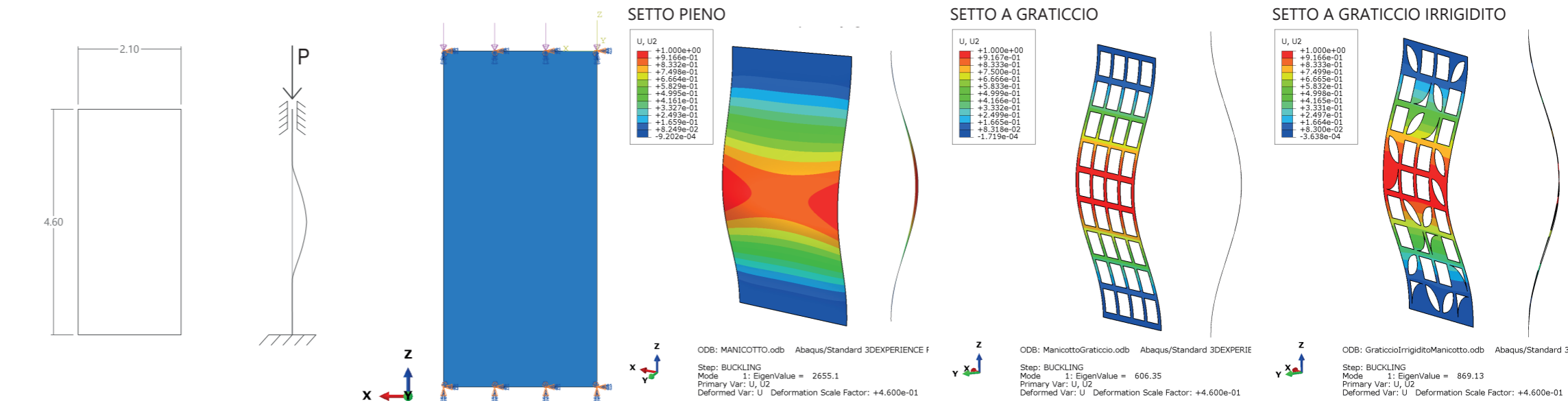
### SIMULAZIONE INCASTRO-ESTREMO LIBERO

Si è iniziato lo studio dei problemi di instabilità andando a simulare diversi sistemi di sostegno verticale, ossia setto pieno, a graticcio e irrigidito. Per confrontare i risultati ottenuti si sono considerate le medesime dimensioni 2,10 x 4,60 x 0,10m. Si è calcolato in prima istanza il carico critico euleriano in modo analitico, definito come quella forza di compressione il cui valore porta indefinitamente ad inflessione il solido snello su cui agisce. Per il setto pieno il carico è di 150,85 kN e per il setto a graticcio 35,91 kN. In seconda istanza si sono confrontati questi risultati con gli output dell'analisi agli elementi finiti, riscontrando biunivocità tra i valori. Si conferma la volontà di utilizzare il sistema a graticcio irrigidito per combinare le necessità architettoniche e quelle strutturali, essendo questo setto permeabile alla vista e più rigido di quello a graticcio semplice.



### SIMULAZIONE INCASTRO-MANICOTTO

In vista delle simulazioni riguardanti il progetto totale per il problema di instabilità, si è reputato opportuno simulare un secondo caso di asta sotto carico di punta, introducendo un manicotto in sommità. I sistemi di sostegno verticale del progetto Velika sono ancorati in alto dalla copertura, quindi si è reputato utile semplificarli mediante uno schema statico di incastro-manicotto e studiare il carico critico associato. Nel caso di asta incastrata alla base e con un manicotto nel secondo estremo, la lunghezza di libera inflessione è pari a 0,5 volte la lunghezza dell'asta. Si procede con il calcolo analitico del carico critico euleriano, che per il setto in Cross-Lam pieno risulta essere pari a 2413,64 kN, mentre per il setto a graticcio è 574,67 kN. È doveroso notare come il carico relativo ai setti risulta essere di gran lunga maggiore rispetto a quello ottenuto dalla simulazione precedente.

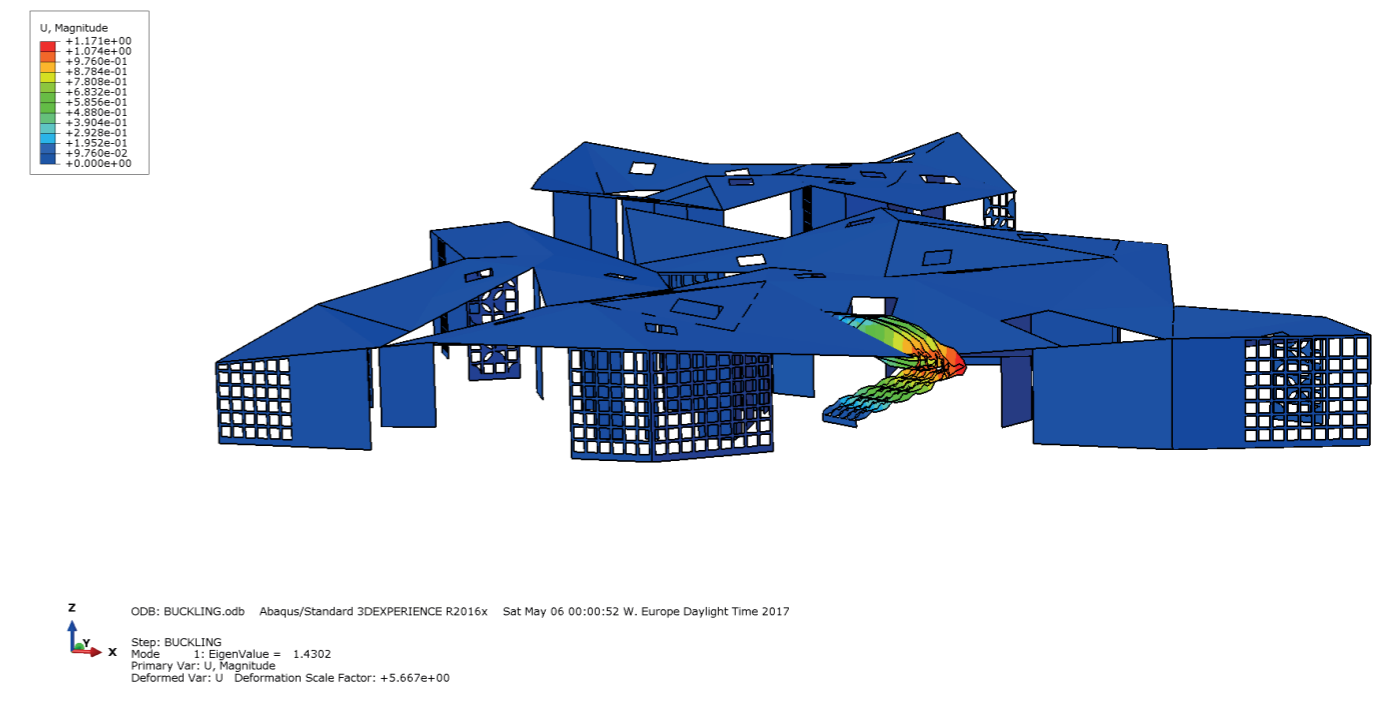


### SIMULAZIONE DELLA STRUTTURA TOTALE

Dopo aver studiato i carichi critici relativi ai sistemi di sostegno verticale si vuole fornire un risultato globale del progetto Velika. Si parte dal modello ortotropo analizzato in precedenza e si definiscono le condizioni al contorno per un'analisi di Buckling, sotto la voce "Linear perturbation". Particolare attenzione va prestata durante l'assegnazione delle condizioni al contorno, cioè i carichi a cui la struttura è soggetta sotto la voce "Load" e i gradi di libertà a terra definiti dal parametro "BCs". In dettaglio si devono riassegnare le voci prima citate e disporle sotto lo step di Buckling, al fine di coinvolgere tutti i parametri nella simulazione. Una volta definiti questi ed assegnati al modello preparato, il programma agli elementi finiti Abaqus CAE inizia un processo di implementazione del carico imposto, nel caso specifico pari al peso proprio e al carico di neve, fino al raggiungimento di una condizione di instabilità di un elemento componente la struttura.

Dagli output si nota come il carico critico di instabilità al primo ordine si verifichi implementando il carico del 43%: infatti il coefficiente amplificativo estrapolato dal programma agli elementi finiti è pari a 1,43. Come si nota dalla rappresentazione riportata a fianco, il primo elemento a raggiungere il carico di instabilità si identifica con un setto a graticcio, essendo questa struttura la più debole tra i sistemi analizzati. In particolar modo si può notare come la deformazione avvenga nel piano di sviluppo del setto, secondo un meccanismo che ricorda le condizioni di incastro alla base e manicotto in sommità. Nessun altro componente della struttura risulta perturbato da questo primo step di analisi. Tuttavia, essendo il fattore moltiplicativo maggiore dell'unità, la struttura risulta ben progettata sotto i carichi di peso proprio e neve. Tutte queste analisi condotte hanno permesso di validare la conformazione strutturale del progetto analizzato.

### STRUTTURA COMPLETA



# ANALISI SISMICA

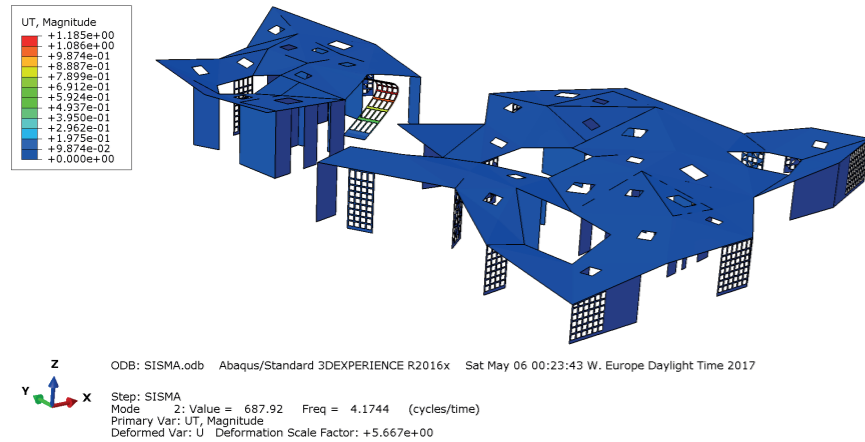


Figura 14\_Spostamenti risultanti dal 2° modo di vibrare

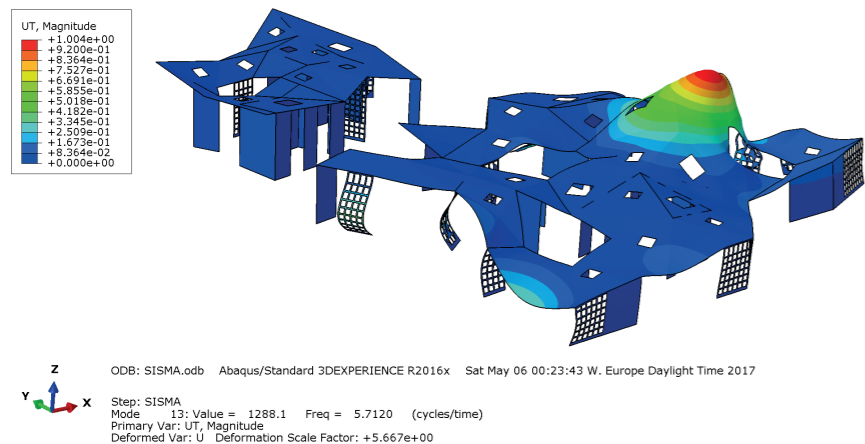


Figura 16\_Spostamenti risultanti dal 13° modo di vibrare

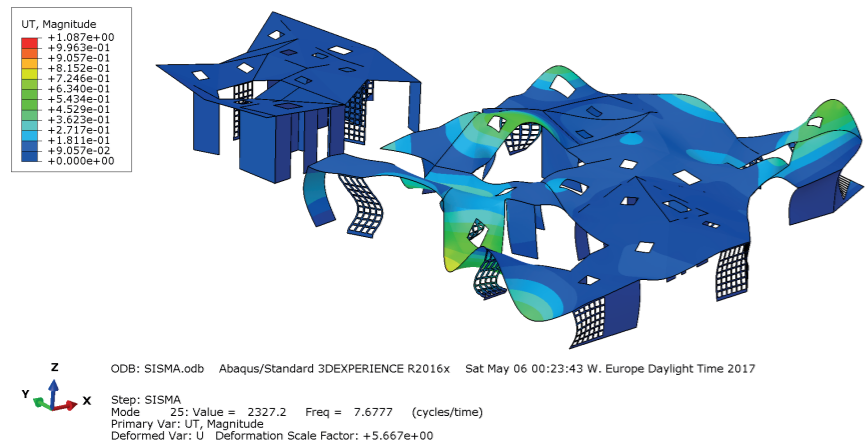


Figura 15\_Spostamenti risultanti dal 25° modo di vibrare

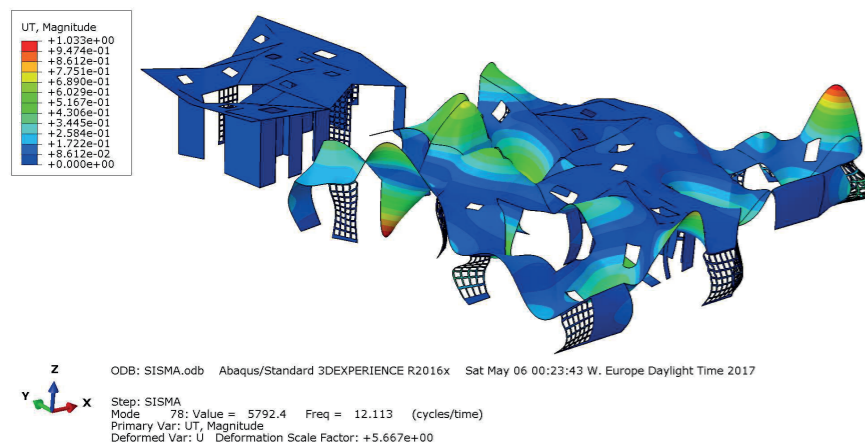


Figura 17\_Spostamenti risultanti dal 78° modo di vibrare

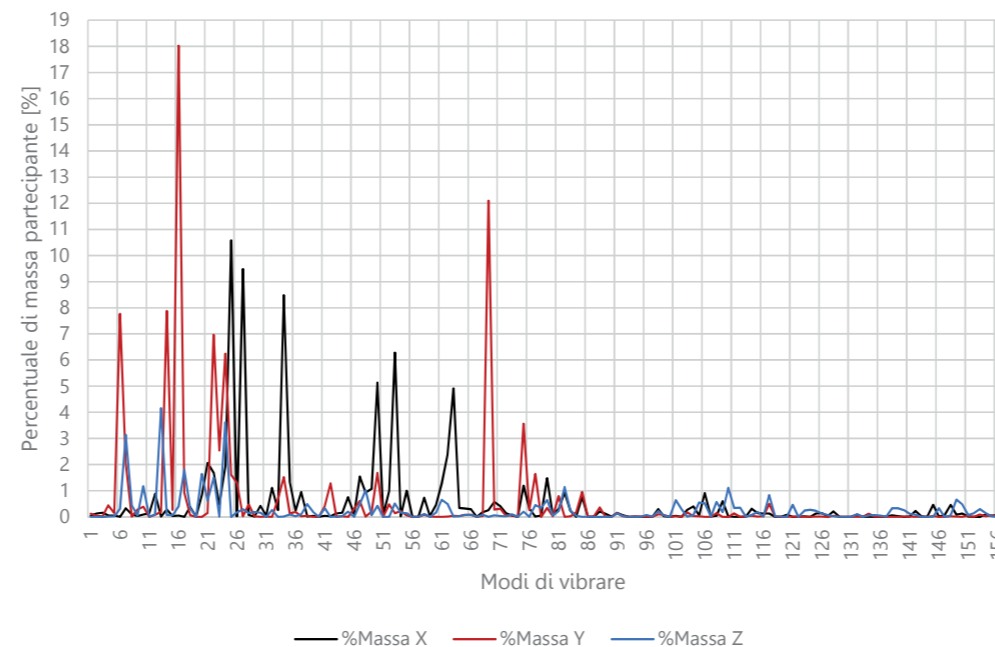
## MASSA PARTECIPANTE

L'analisi modale consiste nella determinazione delle forme modali e dei periodi propri della struttura sulla base delle masse e delle rigidzze. Considerando la massa totale della struttura che è pari a 157312,47 kg, si ricava la percentuale di massa coinvolta. In dettaglio è significativo considerare i modi di vibrare che presentano un coinvolgimento della massa superiore al 5%: per questo motivo viene aggiunta una colonna di filtro per valutare i parametri significativi. Si sommano le diverse componenti di massa partecipante secondo i tre assi ottenendo, in corrispondenza del 159° modo di vibrare, una partecipazione del 79.02% secondo l'asse X, dell'87.14% nell'asse Y e del 30.36% nell'asse Z. Si nota poi come lungo l'asse X si contano 5 modi di vibrare che eccitano più del 5% della massa totale. Per l'asse Y si hanno 6 modi di vibrare che deformano più del 5% di massa della struttura: in riferimento a questo asse si ha una partecipazione significativa della massa in corrispondenza del più piccolo modo di vibrare, cioè l'11°. Lungo l'ultimo asse, ossia z, non si nota nessun modo di vibrare che ecciti la struttura per una quantità maggiore del 5%.

Massa totale della struttura 157312.47 kg

MODE NO	X-COMPONENT		Y-COMPONENT		Z-COMPONENT	
	%Massa X	Massa X>5%	%Massa Y	Massa Y>5%	%Massa Z	Massa Z>5%
1	84.56	0.05	0.00	196.05	0.12	0.00
2	202.14	0.13	0.00	90.23	0.06	0.00
3	262.33	0.17	0.00	13.38	0.01	0.00
4	79.16	0.05	0.00	704.89	0.45	0.00
5	86.63	0.06	0.00	247.96	0.16	0.00
6	12.49	0.01	0.00	12213.00	7.76	1.00
7	530.36	0.34	0.00	3212.10	2.04	0.00
8	152.40	0.10	0.00	28.46	0.02	0.00
9	45.76	0.03	0.00	448.43	0.29	0.00
10	154.33	0.10	0.00	623.40	0.40	0.00
11	233.42	0.15	0.00	11.50	0.01	0.00
12	1389.10	0.88	0.00	137.81	0.09	0.00
13	22.15	0.01	0.00	299.31	0.19	0.00
14	452.85	0.29	0.00	12394.00	7.88	1.00
15	50.18	0.03	0.00	423.84	0.27	0.00
16	79.17	0.05	0.00	28345.00	18.02	1.00
17	2.37	0.00	0.00	1454.60	0.92	0.00
18	609.67	0.39	0.00	93.85	0.06	0.00
19	0.33	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
20	1331.50	0.85	0.00	6.02	0.00	0.00
21	3249.40	2.07	0.00	246.04	0.16	0.00
22	2664.80	1.69	0.00	10959.00	6.97	1.00
23	741.61	0.47	0.00	4004.80	2.55	0.00
24	3086.10	1.96	0.00	9818.60	6.24	1.00
25	16645.00	10.58	1.00	2517.60	1.60	0.00

## Analisi Sismica



## VALUTAZIONE DELL'ACCELERAZIONE

L'analisi dinamica lineare è il metodo di riferimento per determinare gli effetti dell'azione sismica. In particolare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati (analisi spettrale);
- nella combinazione degli effetti.

Di seguito si propone lo studio degli output risultanti da due singole simulazioni sismiche: la prima imponendo lo spettro di risposta orizzontale riportato all'inizio del capitolo, ricavato dalle NTC 2008 secondo la direzione X, mentre la seconda lungo la direzione Y.

Per quanto riguarda le componenti di accelerazione è bene verificare che i parametri di output del programma siano confrontabili, a livello di ordine di grandezza, non nello specifico valore, con l'accelerazione derivante dallo spettro di risposta orizzontale del foglio di calcolo proposto dalla normativa NTC 2008, utilizzato in fase preliminare per questo lavoro. In particolar modo dal documento Excell si individua un valore approssimabile a  $S_d = 0,25g$ , che moltiplicato per il valore dell'accelerazione di gravità, pari a  $9,81 \text{ m/s}^2$ , fa ottenere un'accelerazione pari a  $2,45 \text{ m/s}^2$ . Per ogni simulazione si selezionano i risultati delle componenti di accelerazione prima secondo direzione 1, corrispondente all'asse X, poi secondo la direzione 2, corrispondente all'asse Y. Filtrando i valori si ottiene una componente media accelerativa sia per la direzione X che per la direzione Y di circa  $1,5 \text{ m/s}^2$ . Gli ordini di grandezza risultano essere affini e dunque la simulazione risulta essere qualitativamente corretta.

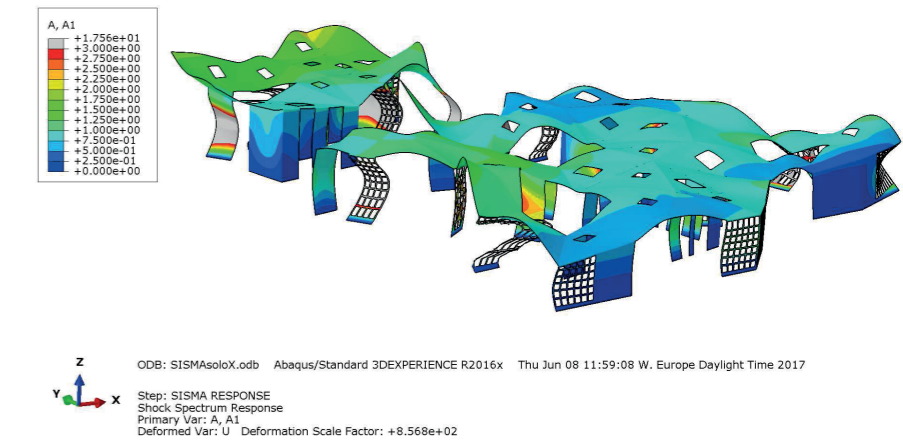


Figura 18\_Accelerazione risultante dalla componente sismica orizzontale secondo asse X

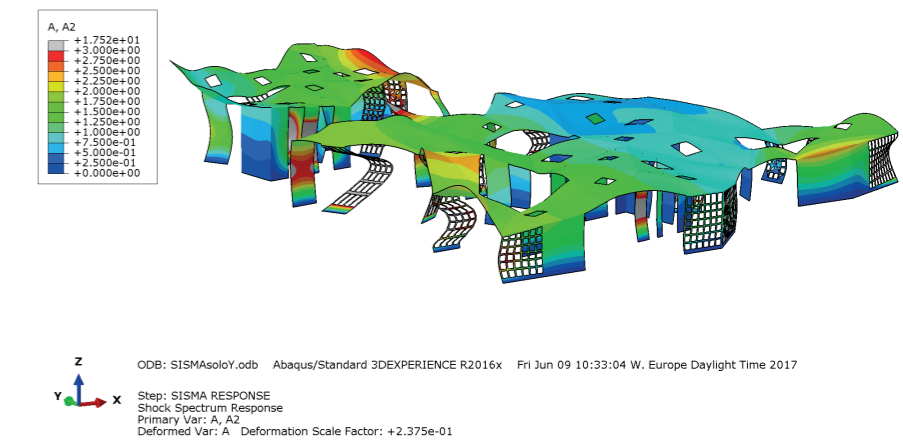


Figura 19\_Accelerazione risultante dalla componente sismica orizzontale secondo asse Y

## CONNESSIONE TRA I PANNELLI DI COPERTURA

Lo studio delle connessioni tra i diversi pannelli Cross-Lam della copertura è stato oggetto di discussione. Esso deve essere immaginato come un sistema che abbia la possibilità di trasferire il momento agente sulla struttura e non solamente gli sforzi di taglio: si necessita quindi di una soluzione rappresentativa di un sistema ad incastro, non a cerniera. Per ottenere una situazione di questo tipo si è e ricorsi all'impiego di resine epossidiche. Si tratta di colle bicomponenti (la componente contenente gli anelli epossidici e quella responsabile della reticolazione e del processo di indurimento), che possono presentare caratteristiche fisico-meccaniche anche molto diverse in funzione della specifica formulazione.

Si è pensato di formare dei collegamenti tramite elementi di acciaio, quali barre o piastre, inseriti in apposite sedi ricavate negli elementi di legno da unire e solidarizzati ad essi mediante adesivi appropriati. Tali unioni devono essere limitate a strutture in classe di servizio 1 e 2 su legno già in equilibrio igrometrico con l'ambiente. È necessario accertarsi che le caratteristiche dell'adesivo e la sua adesione all'acciaio e al legno diano le più ampie garanzie di durabilità, sulla base di evidenze sperimentali o di specifici test di laboratorio e che, nelle condizioni di temperatura e umidità previste, il permanere di tali parametri sia assicurato per tutta la vita in esercizio della struttura. Al momento dell'incollaggio delle barre di acciaio, l'umidità del legno può risultare al massimo pari al 20%. Lo spessore dell'adesivo non deve risultare maggiore del valore indicato nella sua certificazione.

Aspetto di fondamentale importanza è la resistenza al fuoco di tale connessione. Si considera la velocità di carbonizzazione  $\beta_0$  pari a 0,7 mm/minuto. Il tempo R.E.I. in corrispondenza del calcolo al fuoco è stato considerata pari a 60 minuti. Si ottiene dunque svolgendo i calcoli:

$$d_{ef} = 42 \text{ mm} + 1 \cdot 7 \text{ mm} = 49 \text{ mm}$$

Facendo riferimento al diagramma sperimentale dei Vigili del Fuoco (fig.3), si sa che la temperatura del legno resta praticamente invariata già al di sotto di 2 cm dalla superficie della sezione residua.

L'adesivo epossidico inserito all'interno della sezione lignea non subisce alcuna modificazione se ben protetto dal legno stesso.

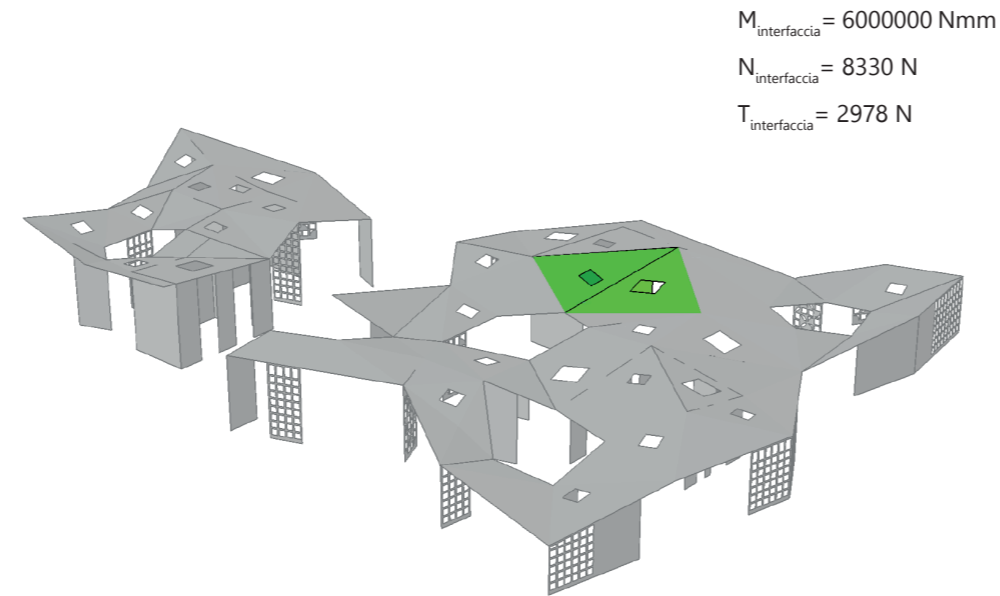
Considerando l'altezza totale della trave in legno lamellare pari a 160 mm ed essendo la profondità di carbonizzazione pari a 49 mm, il limite di altezza della piastra risulta essere pari a:

$$h_{\text{piastra massima}} = 160 \text{ mm} - 49 \text{ mm} = 111 \text{ mm}.$$

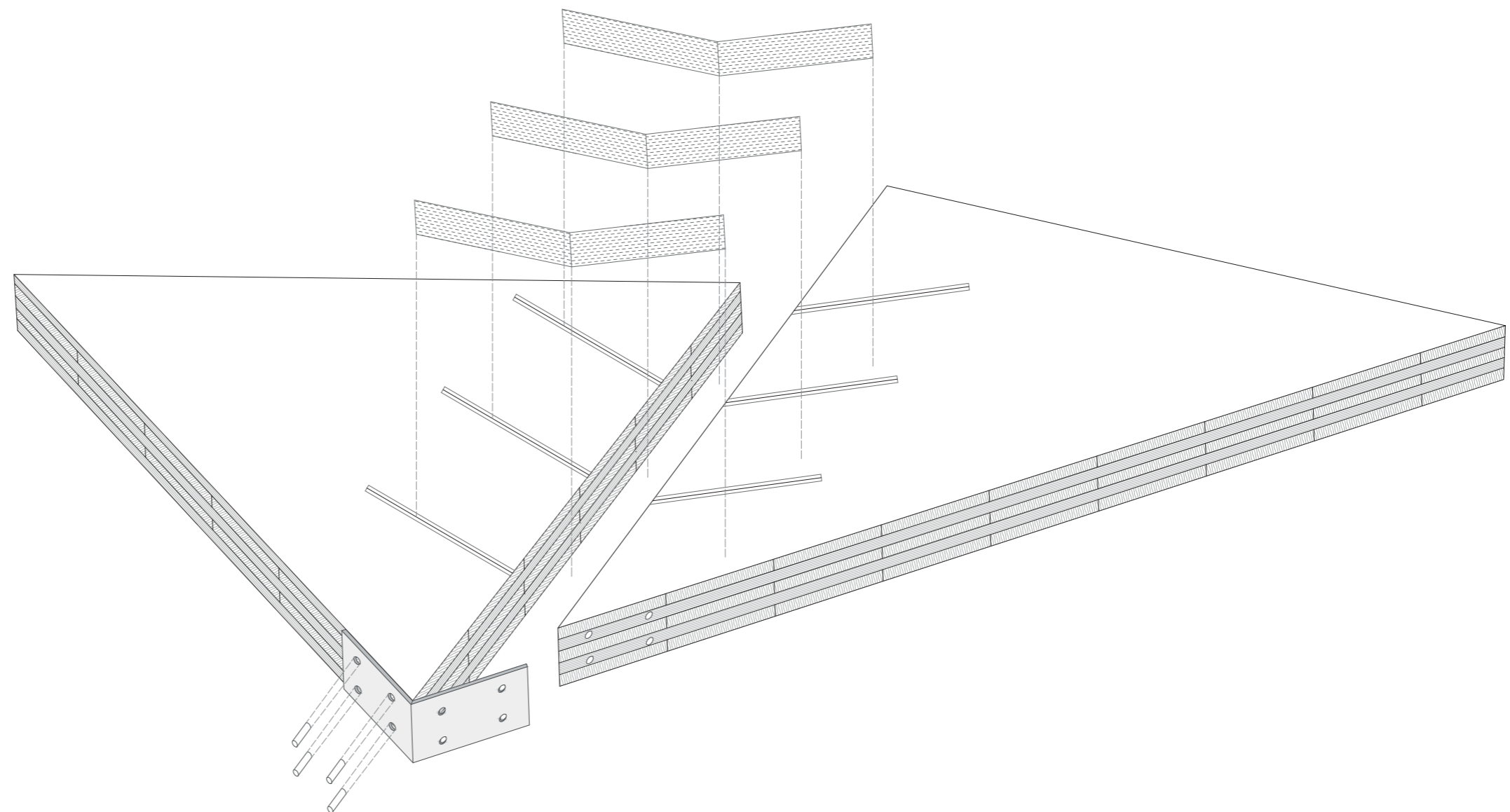
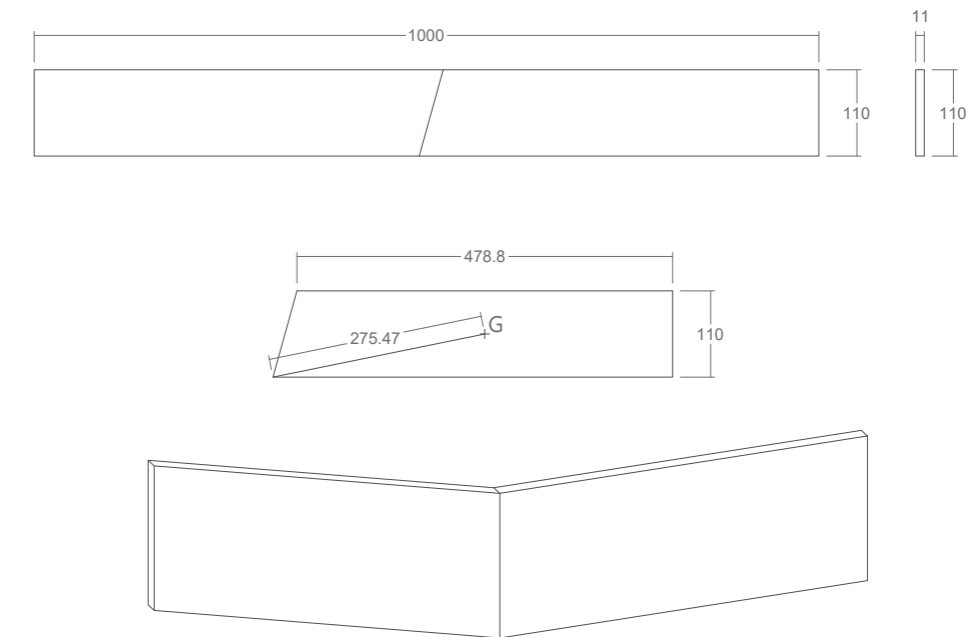
Si sceglie una piastra di altezza pari a 110 mm.

Di seguito si riporta una rappresentazione delle due falde che vengono considerate per la definizione del sistema di collegamento. I pannelli Cross-Lam costituenti le falde scelte hanno dimensioni considerevoli, e le azioni agenti all'interfaccia sono stati considerati come valori medi delle forze in gioco sulla struttura totale.

### RAPPRESENTAZIONE DELLE FALDE CONSIDERATE PER IL CALCOLO DELLA CONNESSIONE



### DIMENSIONI DELLA PIASTRA DI CONNESSIONE: le misure sono espresse in mm







# L'INSERIMENTO DEL FARO

## DIMENSIONAMENTO E PROGETTO DEL FARO

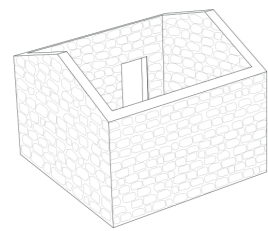
All'interno dell'area progettuale è presente una piccola costruzione in pietra, in buono stato, ma non con una funzione stabilita. Si è pensato di mantenere l'edificio esistente ed inglobarlo nel progetto, riqualificandolo e proponendo così una nuova funzione che possa essere attrattiva soprattutto a livello turistico. L'idea è quella di mantenere le mura esterne in pietra inserendo all'interno una scocca in legno a graticcio, precedentemente studiato come setto di sostegno per la copertura. Questo permette di elevarsi ad un livello molto superiore rispetto a quello della copertura, arrivando fino a 11,60 m di altezza. Si crea così un faro all'interno del progetto dal quale si può godere di una vista panoramica sull'intorno e che sia in grado di creare una relazione con il campanile del monastero presente nella zona adiacente al progetto. La facciata a graticcio del faro viene irrigidita con dei rinforzi in OSB che vengono avvitati a dei cunei, a loro volta avvitati ai travetti verticali e orizzontali che compongono il graticcio. Si è pensato di inserire i rinforzi, dove necessario a livello strutturale, con una forma che richiama un disegno del pattern ritrovato nella pavimentazione dei resti delle terme romane adiacenti all'area di progetto. Si crea così un gioco di concavi e convessi esteticamente piacevole, che ha inoltre un fine strutturale. Infine, lungo l'altezza della torre, si sono aperte delle finestre per permettere la vista panoramica dall'alto.

## DETTAGLIO DEL GRATICCIO DI FACCIATA

La facciata a graticcio del faro come accennato è arricchita da alcuni elementi lignei di due tipologie, concavi e convessi, in materiale OSB. I rinforzi vengono posizionati secondo le principali linee di sforzo e sono necessari soprattutto nella parte centrale e verso gli estremi di ogni parete, ossia sulle linee della croce di Sant'Andrea.

Gli irrigidimenti richiamano un disegno del pattern ritrovato nella pavimentazione dei resti delle terme romane adiacenti all'area di progetto, la cui foto è riportata al di sotto.

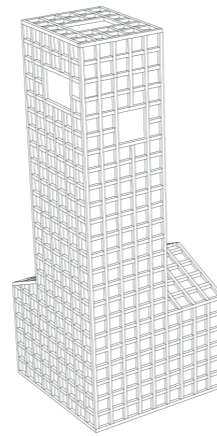
FASE 1



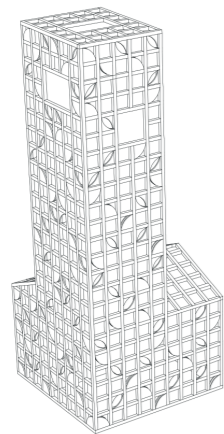
FASE 2



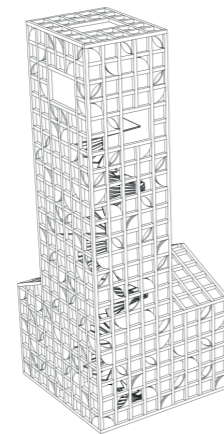
FASE 3



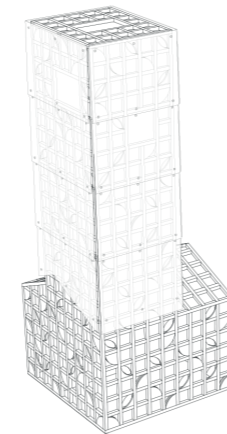
FASE 4



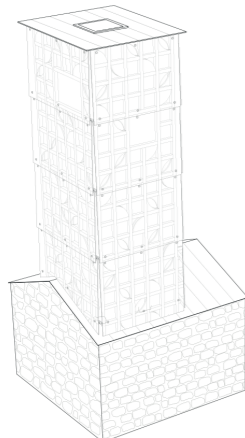
FASE 5



FASE 6



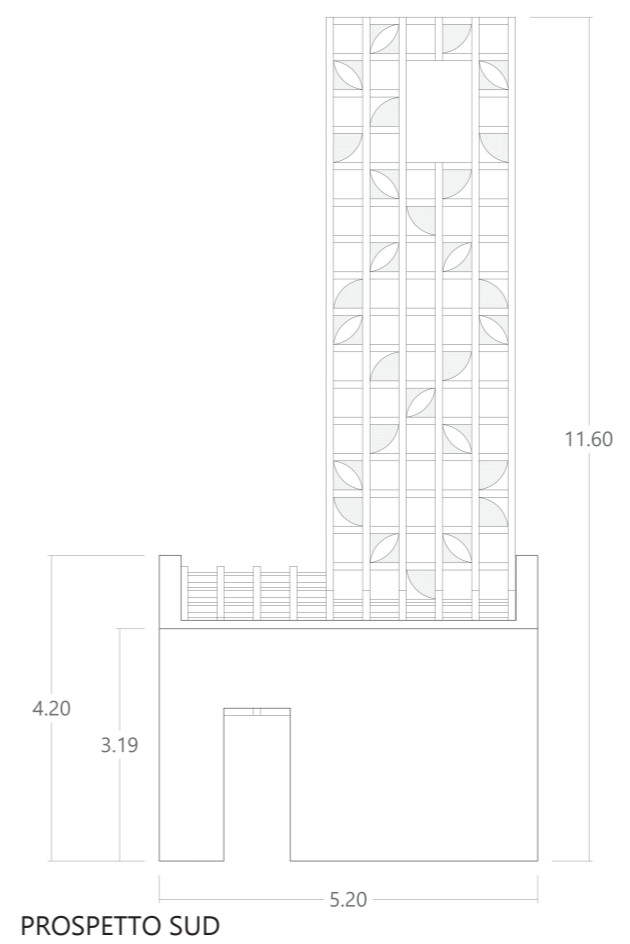
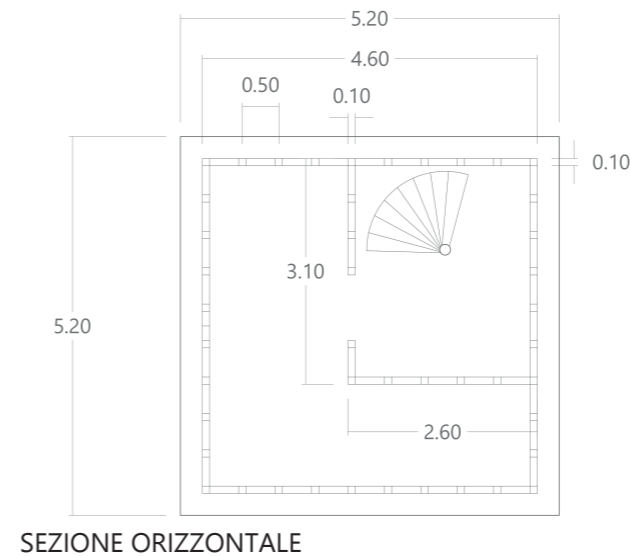
VOLUME FINALE



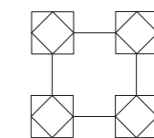
Si rappresentano le diverse fasi di inserimento per la riqualificazione del volume in pietra preesistente nell'area di progetto.

- Fase 1: Stato di fatto del volume esistente in pietra
- Fase 2: Inserimento del collegamento verticale che consente una vista panoramica
- Fase 3: Introduzione della scocca interna antisismica con il sistema a graticcio
- Fase 4: Aggiunta di irrigidimenti strutturali concavi e convessi
- Fase 5: Visione della scocca interna con gli irrigidimenti e con la scala a chiocciola
- Fase 6: Posizionamento del vetro di facciata sulla parte fuoriuscente dalle mura

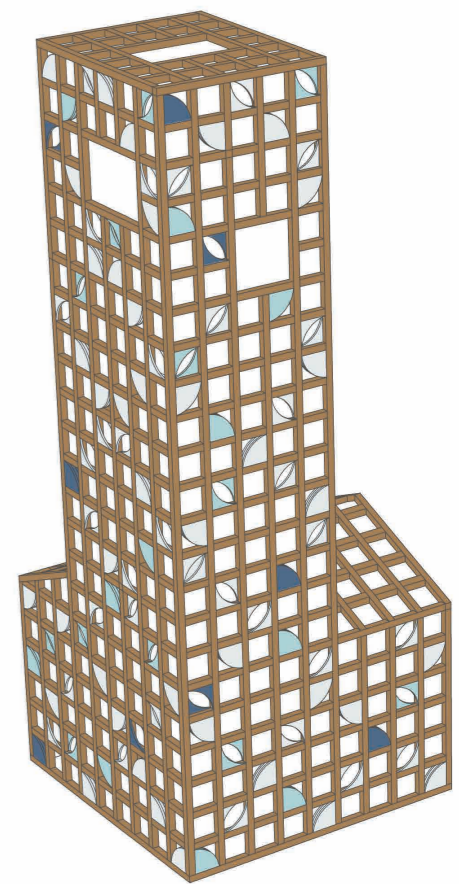
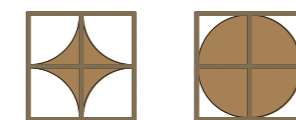
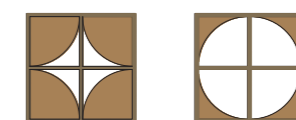
Il volume finale prevede una copertura in lamiera in zinco-titanio e l'inserimento di un lucernario in sommità alla torre panoramica. L'apertura di esso permetterà un'ulteriore ventilazione, oltre a quella permessa dalla facciata ventilata in vetro.



PATTERN ORIGINALE

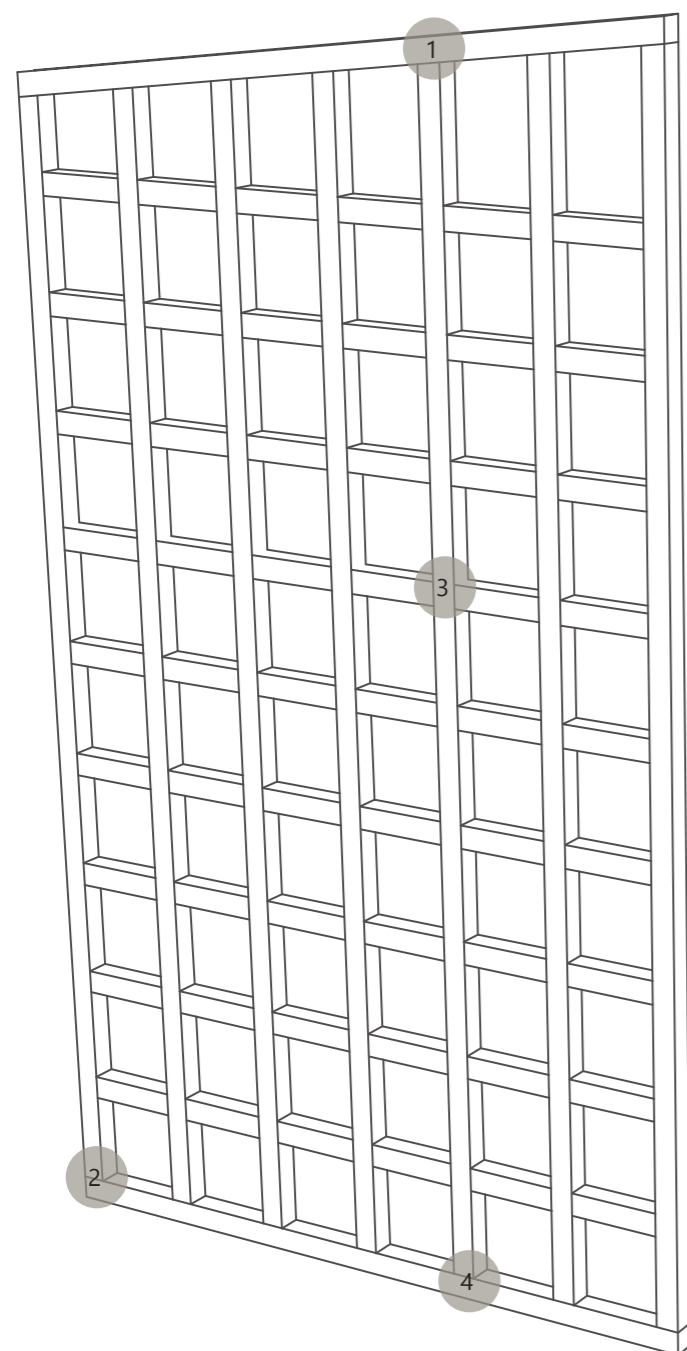


PATTERN ELABORATO



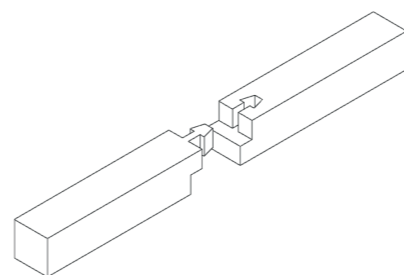


# IL SISTEMA MENGOSHI - STUDIO DEL SISTEMA DI INCASTRO



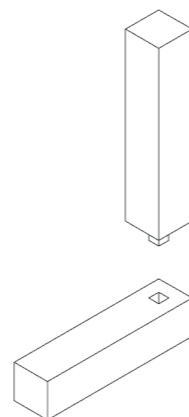
## 1. KOSHIKAKE - KAMA - TSUGI

Appartiene alla famiglia di connessione TSUGITE, utilizzata per prolungare le travi. Il sistema raffigurato viene utilizzato per il prolungamento delle travi di bordo.



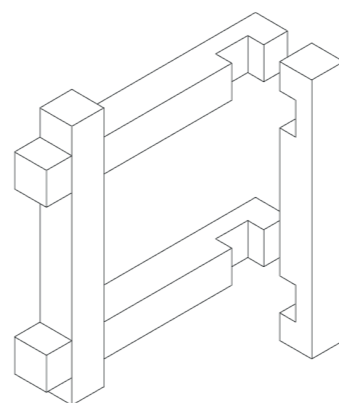
## 2. TAN - HOZO - SASHI

Sistema di connessione tra i pilastri esterni del pannello e la trave di basamento. Esso prevede di intagliare il travetto di base e creare un incastro maschio-femmina con il pilastro superiore.



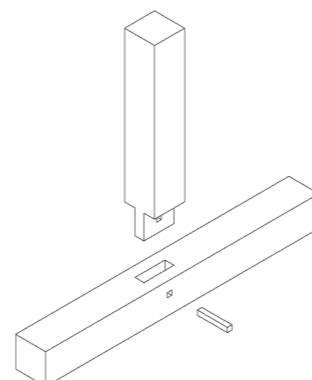
## 3. AI - GAKI

Appartiene alla famiglia di connessione SHIGUCHI (che letteralmente significa "Right Angle Joint"). È un sistema di connessione utilizzato per incastrare dei pezzi perpendicolarmente.



## 4. NAGA - HOZO - SASHI

Sistema di connessione tra i pilastri del pannello in legno e la trave di basamento. Il piolo di legno che unisce trave e pilastro viene chiamato Komi - Sen - Uchi.



## IL SISTEMA MENGOSHI

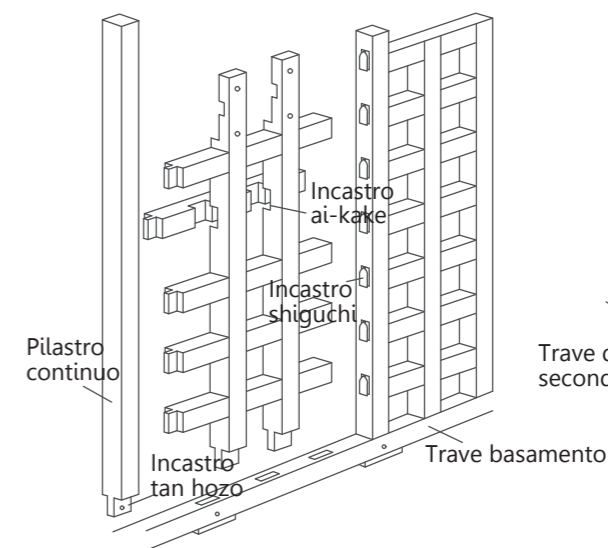
Il Mengoshi si inserisce nella tradizione di architetture lignee nella loro totalità: esso è un sistema di legno a graticcio, che però è stato ripensato attraverso una moderna analisi tecnologica prendendo spunto dai templi antichi.

Il sistema prevede la connessione di elementi lignei mediante puro incastro, senza l'ausilio di elementi metallici: essa è conosciuta come shiguchi aikake, ossia collegamento maschio-femmina. Il principio che sta alla base di questo metodo costruttivo è il giunto ortogonale tra due (o più) elementi intagliati. Nei dettagli riportati in questa tavola si osserva come i diversi elementi in legno si combinano tra loro.

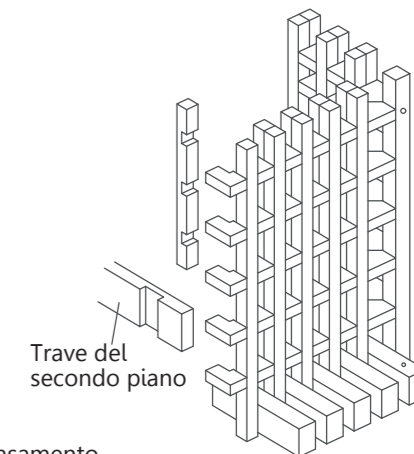
Questo sistema prevede anche l'inserimento, se necessario, di una lastra di vetro nei vuoti creati dal graticcio al fine di movimentare la percezione del setto secondo diversi livelli di profondità.

A lato si vede un esploso che mostra come i pannelli si possano combinare tra loro ortogonalmente andando a creare una struttura tridimensionale. Di conseguenza il metodo qui analizzato può essere impiegato per la costruzione di strutture sia per componenti verticali sia orizzontali.

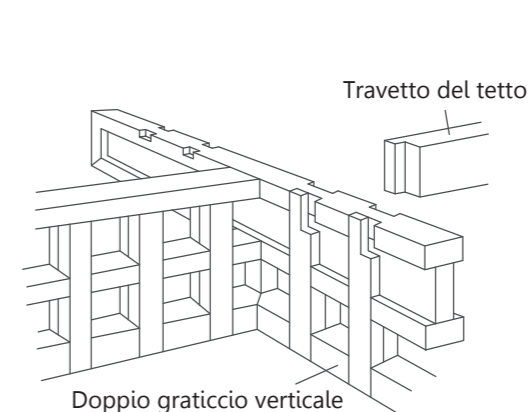
Dettaglio di un singolo graticcio



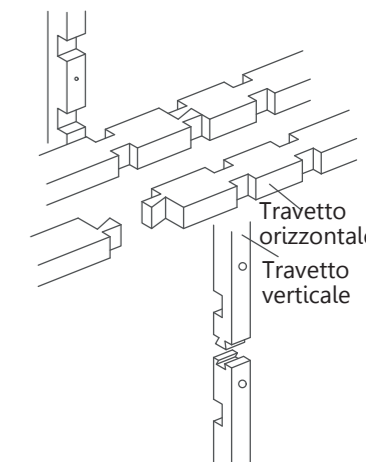
Dettaglio tra doppio graticcio e solaio



Dettaglio tra un doppio graticcio e il tetto



Dettaglio delle connessioni



Incastri dei pannelli con sistema Mengoshi di Atsushi Kitagawara

# IL SISTEMA MENGOSHI - RIFERIMENTI PROGETTUALI



MODELLO A GRATICCIO



INCASTRI ORTOGONALI



NO CONGIUNZIONI METALLICHE



RIGIDEZZA ED ELASTICITÀ IN PARETE



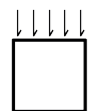
BUON COMPORTAMENTO SISMICO



ECOSOSTENIBILITÀ

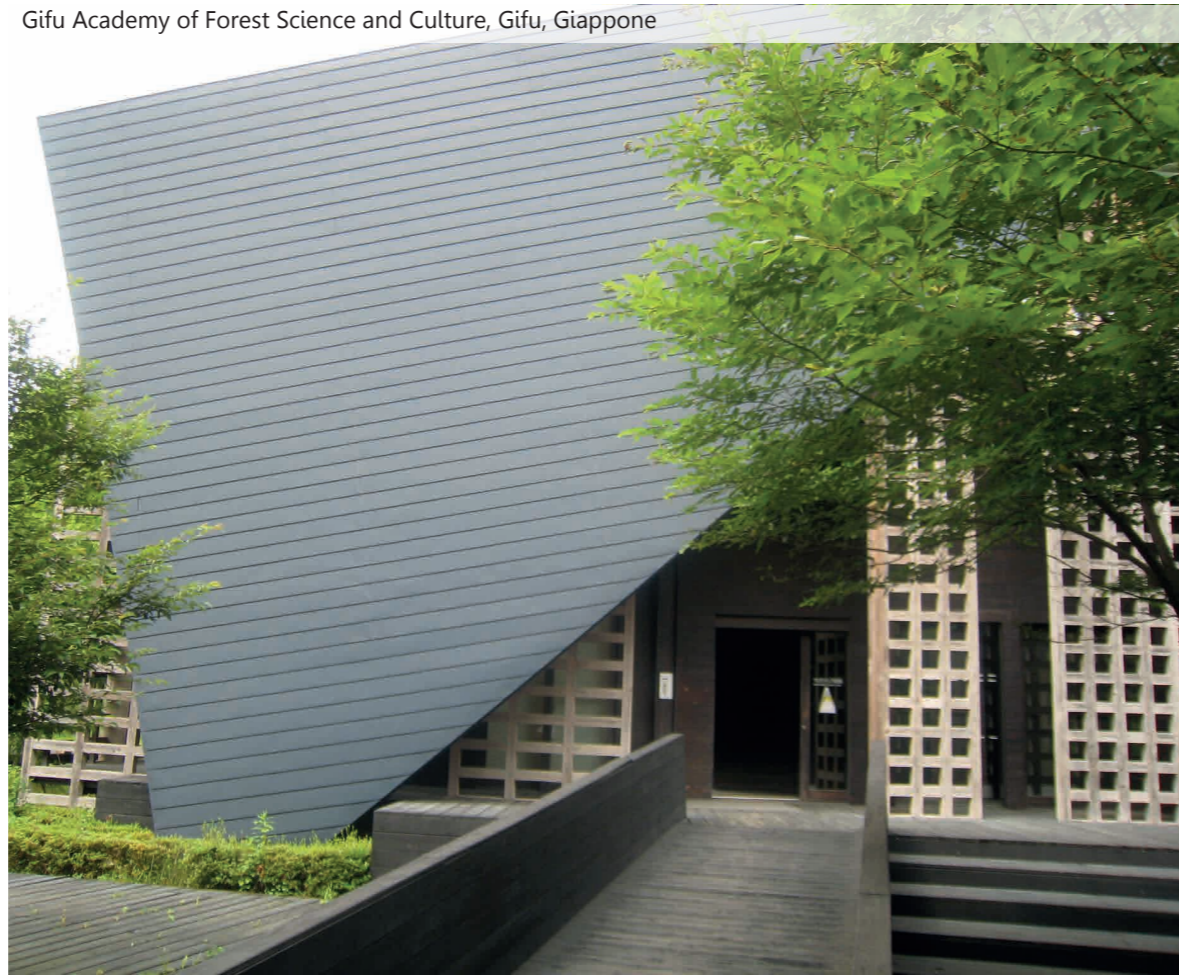


PERMEABILITÀ ALLA VISTA



CAPACITÀ PORTANTE

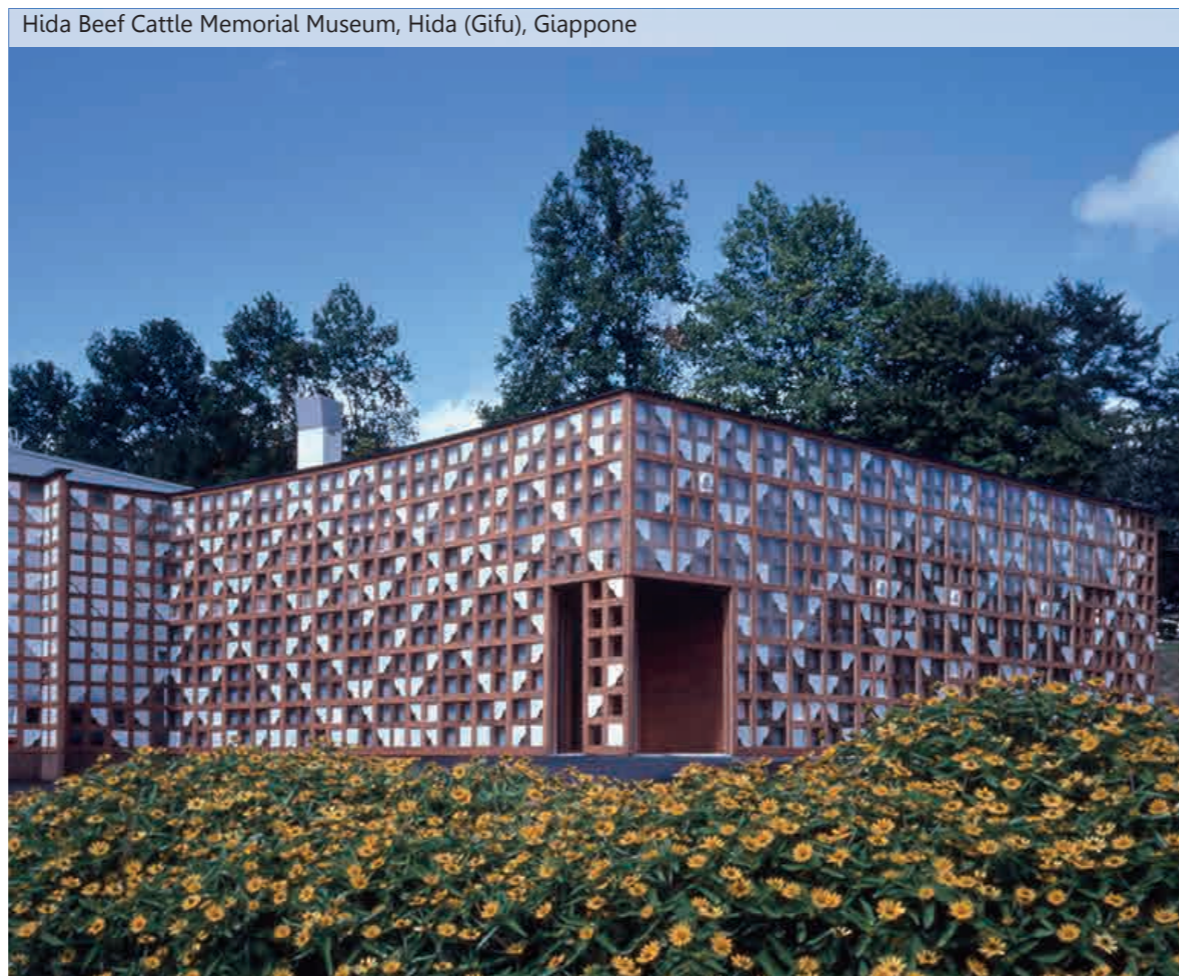
Gifu Academy of Forest Science and Culture, Gifu, Giappone



Kino-Kuni Information Pavilion, Kino-Kuni, Giappone



Hida Beef Cattle Memorial Museum, Hida (Gifu), Giappone



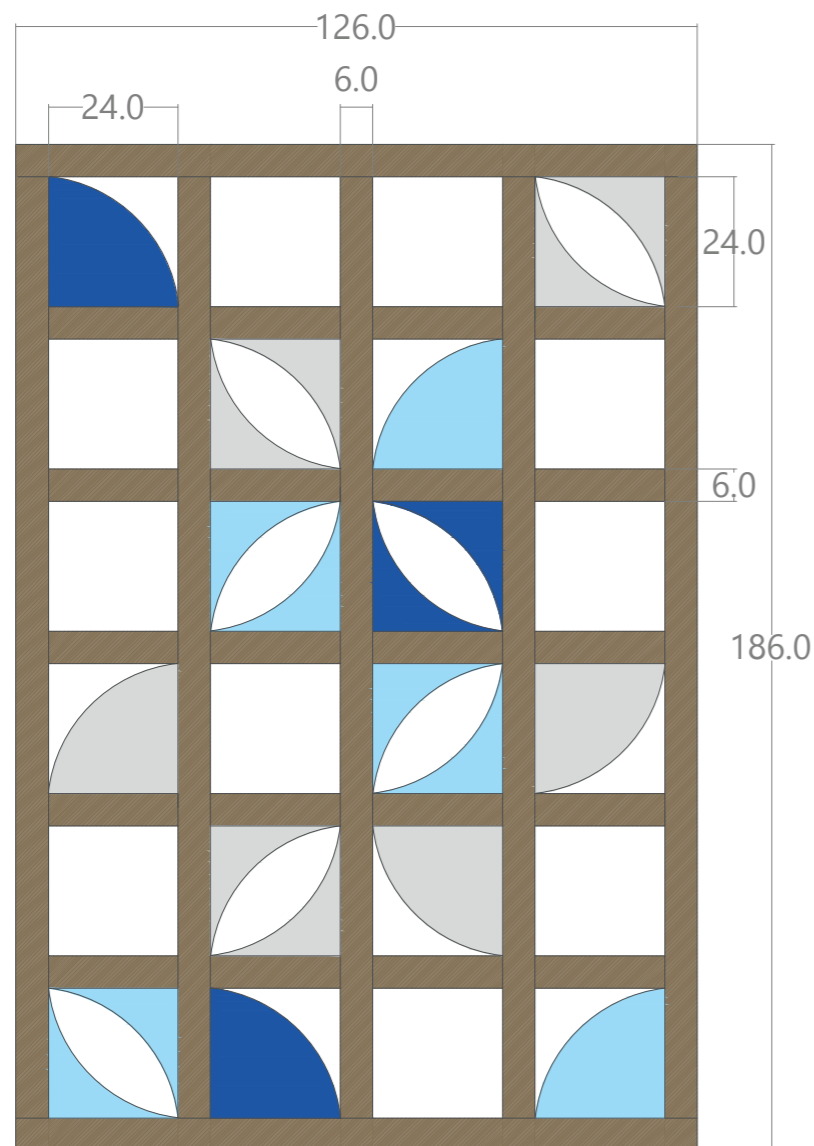
Kaisho Forest View Tube, Kaisho, Giappone



## IL PROTOTIPO DEL SETTO IRRIGIDITO

### GEOMETRIA DEL PROTOTIPO

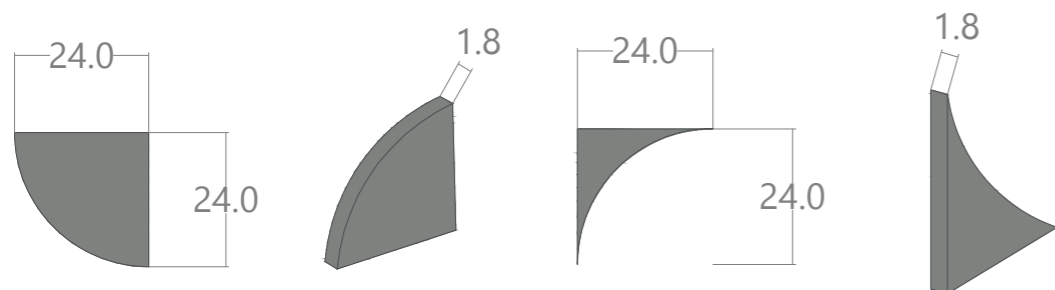
DIMENSIONI DEL PANNELLO: le misure sono riportate in cm.



IRRIGIDIMENTI IN OSB: le misure sono riportate in cm.

Elementi convessi: num. 14

Elementi concavi: num. 14



### PESO TOTALE DEL PANNELLO

Peso travetti in legno di larice: 42,40 kg

Peso irrigidimenti in OSB: 7,97 kg

Peso complessivo: 50,37 kg

### REALIZZAZIONE DEL PROTOTIPO



#### TAGLIO DEI TRAVETTI IN LARICE

L'operazione di taglio è avvenuta a Trento, mediante l'utilizzo di un macchinario a controllo numerico. Il taglio è stato possibile grazie al supporto offerto dall'azienda Ri-Legno che ha anche fornito il materiale dei travetti.



#### IMPREGNAZIONE E PITTURA DEI TRAVETTI IN LARICE

I travetti sono stati dapprima impregnati con un impregnante a base acqua e in seguito tinteggiati con una vernice trasparente sempre a base acqua, in modo tale da proteggere il legno lasciando però in vista le sue venature.



#### TAGLIO DEGLI IRRIGIDIMENTI IN OSB

I pannelli in OSB concavi e convessi sono stati tagliati mediante un seghetto elettrico. In seguito si sono rese omogenee le superfici dei vari elementi ottenuti mediante l'utilizzo di una smerigliatrice apposita per legno.



#### TINTEGGIATURA DEGLI IRRIGIDIMENTI IN OSB

Gli elementi concavi e convessi sono stati tinteggiati mediante uno smalto a base d'acqua. Per gli elementi bianchi e azzurri sono state passate due mani di vernice, mentre, per quelli blu ne sono state necessarie tre.

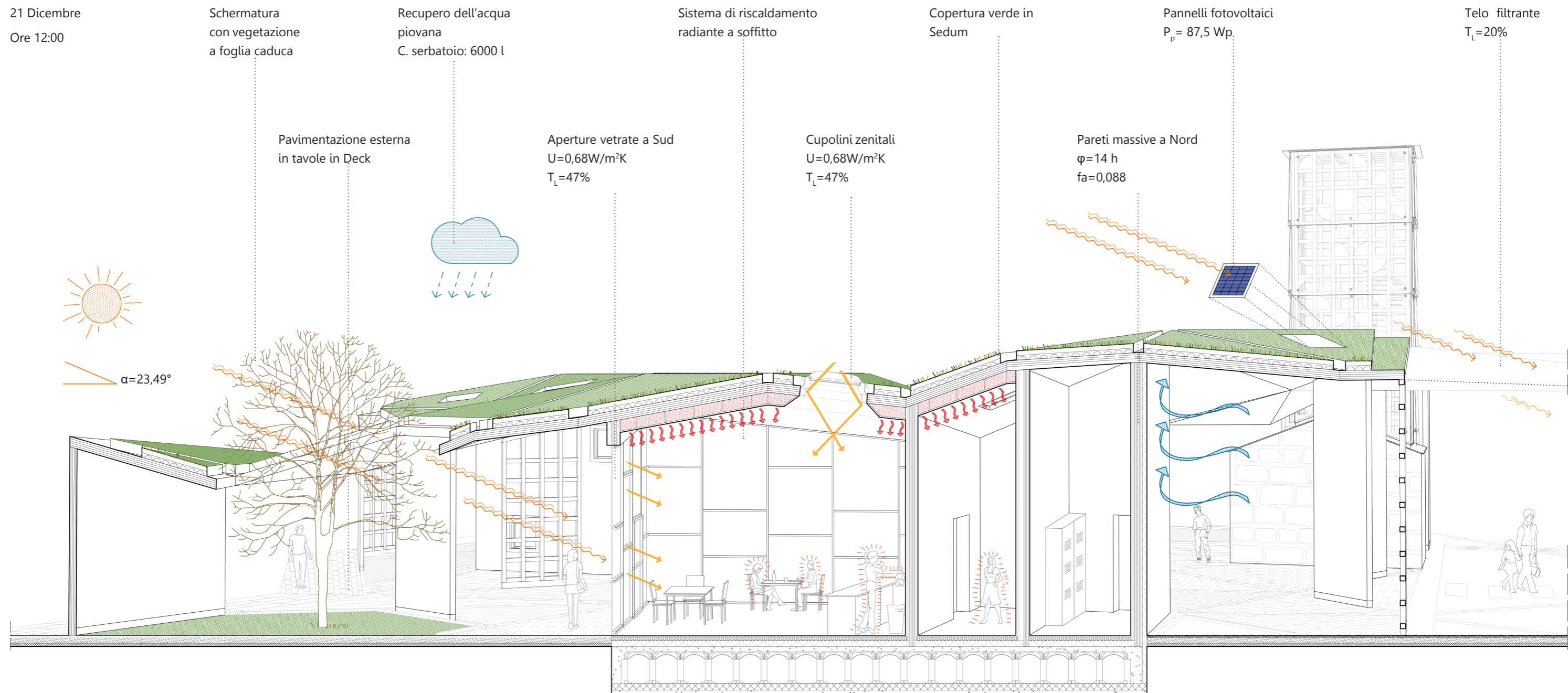
### COMPLETAMENTO DEL PROTOTIPO



STRATEGIE TECNOLOGICHE

## SCHEMATIC DESIGN - STAGIONE INVERNALE

21 Dicembre  
Ore 12:00



### PERMEABILITÀ DELLA LUCE

Per favorire l'illuminamento delle zone al di sotto della copertura si è progettato un sistema di patii nei punti strategici del progetto. Essi godono di un sistema vegetativo a foglia caduca, in modo tale da non contrastare il passaggio dei raggi solari nei mesi invernali, dove il livello di illuminamento risulta essere scarso al di sotto della copertura. Data la latitudine di progetto, infatti, nei mesi freddi non si registra un eccessivo calore apportato dai raggi solari.

### STRATIGRAFIE TECNOLOGICHE

La tecnologia costruttiva impiegata nel progetto è il Cross-Lam, a cui si abbina l'utilizzo di isolante termico prestazionale al fine di ottenere un ottimo comportamento dal punto di vista energetico dell'edificio. L'isolante impiegato è un pannello naturale composto da granulato di sughero compresso, inodore, inattaccabile dagli insetti e dai roditori, imputrescibile, che mantiene inalterate nel tempo le sue caratteristiche. La trasmittanza termica delle chiusure verticali è di  $0,232 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### SEDUM COME ISOLANTE TERMICO

In copertura è stato introdotto uno strato di Sedum, ossia una pianta carnosa che necessita di un piccolo strato di terriccio, pari a 7 cm, e di poca acqua. Questa soluzione non prevede una programmazione di manutenzione impegnativa. Il Sedum funge da isolamento termico in quanto nei mesi invernali permette la mitigazione verso le dispersioni di calore degli ambienti interni, permettendo il prolungamento, una volta spenti gli impianti, del mantenimento della temperatura interna raggiunta.

### RISCALDAMENTO A SOFFITTO

Per quanto riguarda il sistema di riscaldamento si è utilizzata una modalità radiante a soffitto al fine di fornire agli ambienti un calore uniforme e favorire il benessere degli utenti. I volumi adibiti a deposito ed il locale impianti non godono di un sistema di riscaldamento in quanto non ritenuto necessario. Analogamente anche lo spazio espositivo, data la sua conformazione di spazio interno-esterno non gode di un sistema di riscaldamento e raffreddamento, ma soltanto di ventilazione naturale.

### SISTEMA COSTRUTTIVO S/R

Il sistema costruttivo a secco (struttura/rivestimento) consente l'accelerazione dei processi costruttivi, il raggiungimento di un elevato livello di isolamento termico, l'attenuazione e lo sfasamento dell'onda termica, spessori limitati per gli elementi tecnici, oltre che la leggerezza del sistema. La struttura portante è stata progettata in materiale Cross-Lam, particolarmente adeguato per una metodologia di costruzione che non prevede tempi di attesa per quanto riguarda la maturazione.

### APPORTI INTERNI

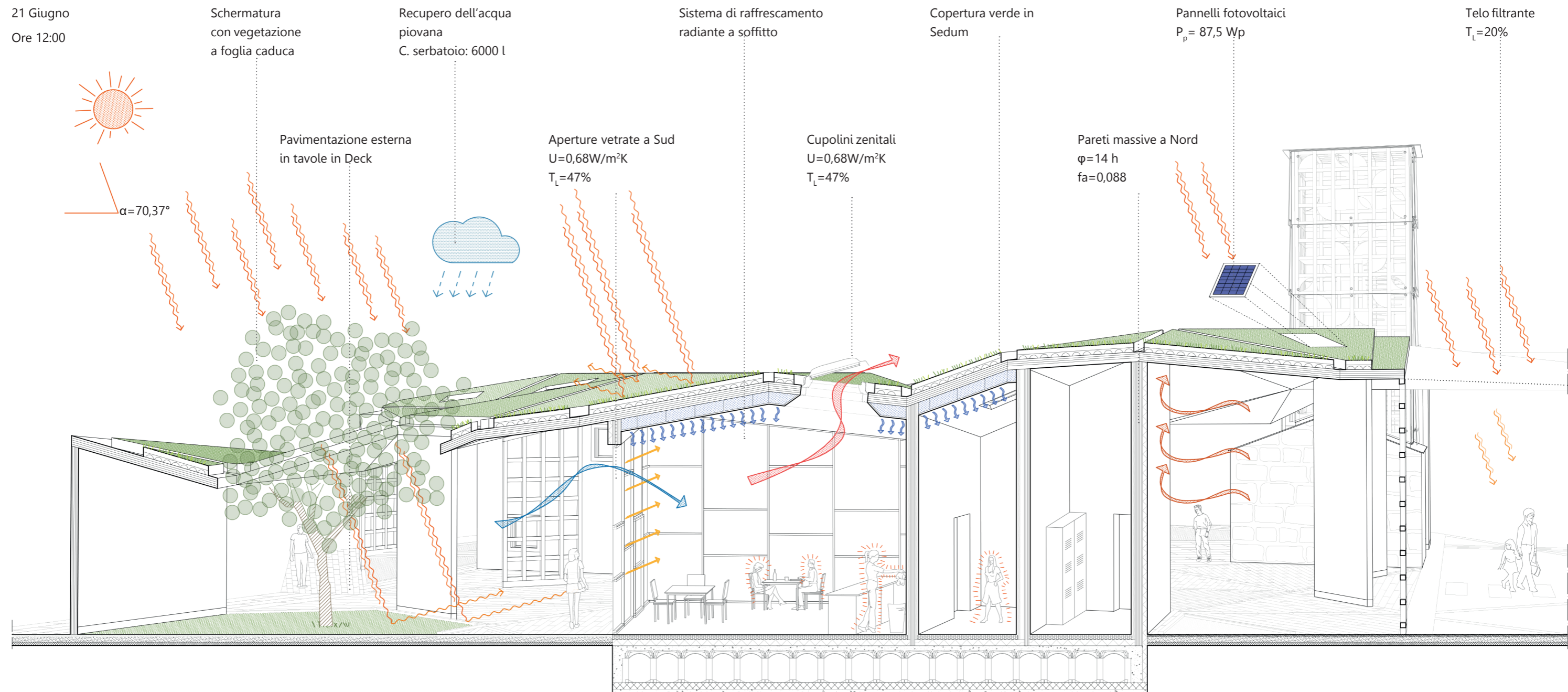
Per quanto concerne gli apporti interni si analizza nel dettaglio la struttura adibita a bar. Essa necessita di un sistema di illuminazione artificiale per le ore serali dei mesi estivi e durante le giornate invernali. Inoltre si deve prendere in considerazione che il locale prevede un affollamento massimo di 40 persone: si è considerato un dato medio di 10 persone in contemporanea durante tutta la giornata. A ciò si aggiungono la presenza e l'utilizzo di elettrodomestici quali forno, fornelli, frigorifero, lavastoviglie.



## SCHEMATIC DESIGN - STAGIONE ESTIVA

21 Giugno

Ore 12:00



## OMBREGGIAMENTO

Si è riscontrata la necessità di schermare i patii introdotti nel progetto. Questi luoghi, infatti, durante i mesi estivi registrano una concentrazione di calore e illuminamento. Al fine di soddisfare il bisogno è stato introdotto un sistema vegetativo a foglia caduca in modo tale da poter godere della schermatura nel periodo estivo. La presenza di questi elementi verdi permette la mitigazione del microclima in corrispondenza degli edifici.

## SISTEMA DI VENTILAZIONE MECCANICO

Per assicurare il benessere degli utenti che sostano all'interno degli edifici è stato progettato un sistema di ventilazione meccanica che prevede un ricambio medio di 5 vol/h. È stata effettuata un'attenta progettazione per quanto riguarda il sistema di finestre che, poste in alternanza con i cupolini zenitali, permettono di ventilare gli ambienti interni al fine di garantire la qualità dell'aria, il benessere termico degli utenti e di soddisfare la quantità di ricambi d'aria imposta da normativa.

## MITIGAZIONE DEL CALORE

Si è progettata una copertura verde per molteplici funzioni, oltre che per un fattore di mimetismo con l'ambiente circostante. Infatti essa funge da isolamento naturale verso gli ambienti interni: durante la stagione estiva è un filtro per i raggi solari e fa sì che si eviti un eccessivo surriscaldamento della copertura. Inoltre è stata pensata con uno strato di Sedum, ossia vegetazione grassa che necessita di poco terriccio e di una scarsa manutenzione.

## RAFFRESCAMENTO A SOFFITTO

Per quanto riguarda il sistema di raffreddamento si è utilizzata una modalità radiante a soffitto al fine di fornire agli ambienti una temperatura uniforme e favorire il benessere degli utenti. Gli ambienti adibiti a deposito ed il locale impianti non godono di un sistema di raffreddamento in quanto ritenuto non necessario. Con questo sistema è possibile utilizzare le medesime tubature sia per il riscaldamento invernale che per il raffreddamento estivo.

## TIPOLOGIA DI VETRO UTILIZZATA

Gli elementi vetrati del progetto sono stati studiati accuratamente al fine di migliorare le prestazioni energetiche degli edifici. In particolar modo sono stati impiegati tripli vetri che prevedono l'introduzione di Krypton. Questo gas è molto importante perché contribuisce a migliorare il valore di trasmittanza termica del serramento. Il Krypton prevede un fattore di conduttività pari a  $\lambda=0,0095 \text{ W/mK}$ . La trasmittanza del vetro è di  $0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$ . I vetri impiegati hanno un fattore di trasmissione luminosa pari al 47%.

## COPERTURA FILTRANTE

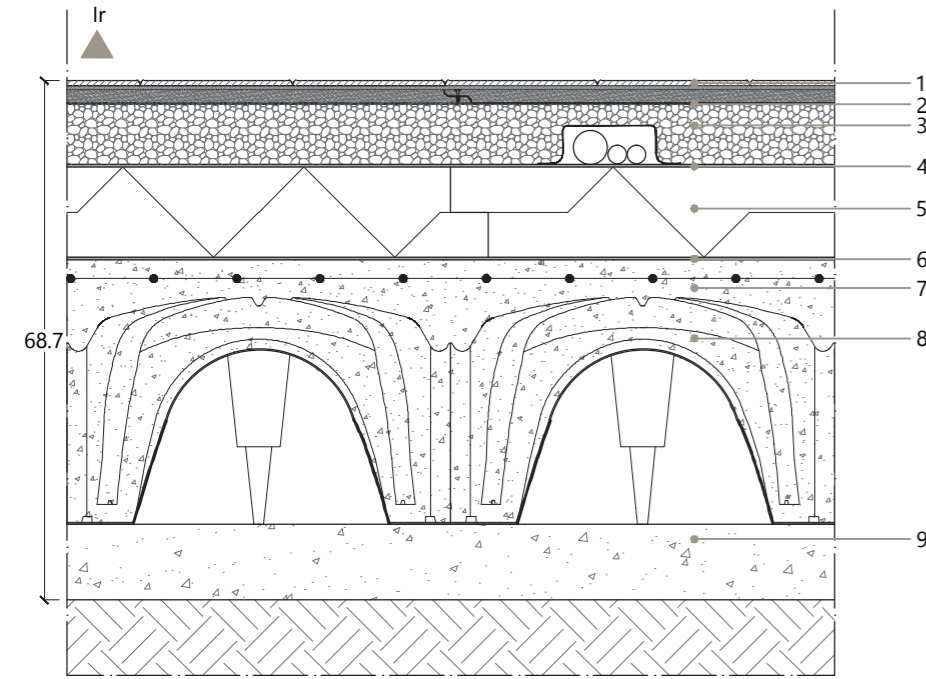
Il progetto è attraversato in senso orizzontale da una strada carrabile. A fronte delle simulazioni illuminotecniche si è ritenuto opportuno un cambiamento del tipo di materiale in corrispondenza di essa. Al fine di non recare danno ai conducenti a causa di eccessiva differenza di illuminazione si è introdotto un telo filtrante che potesse schermare i raggi solari ma allo stesso tempo permettere il passaggio della luce al di sotto di essa.

UNA COPERTURA IN LEGNO SUL MARE



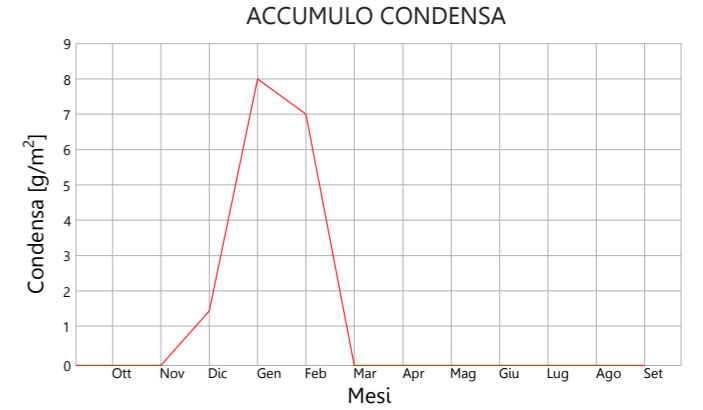
# STRATIGRAFIE ORIZZONTALI: SOLAIO CONTROTERRA ISOLATO C.O. 01

## RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

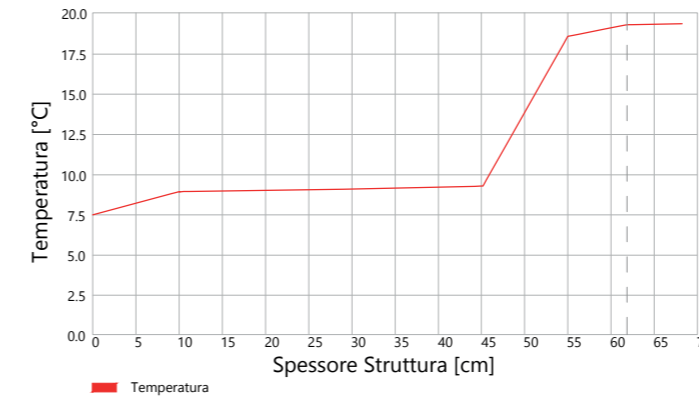


## CONDENSA SUPERFICIALE ED INTERSTIZIALE

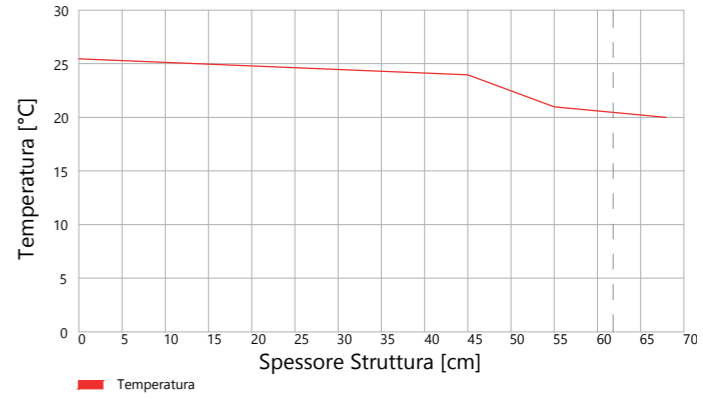
STRATIGRAFIA	Spessore [m]	Conduttività λ [W/mK]	Fattore resistenza al vapore μ [adm]	Spessore eq. aria [m]	Resistenza termica Rt [m²K/W]
1. Rivestimento in piastrelle	0,015	1	200	3,000	0,015
2. Collante	0,5	/	/	/	/
3. Regolazione in gessofibra	0,018	0,32	13	0,234	0,056
4. Granulare in perlite	0,080	0,23	80	6,400	0,348
5. Carta Kraft	0,001	0,0033	1	0,001	0,303
6. Isolante in sughero	0,100	0,05	9	0,900	2,000
7. Carta Kraft	0,001	0,0033	1	0,001	0,303
8. Getto collaborante in CLS	0,050	0,46	100	5,000	0,109
9. Vespaio aerato	0,300	2,60	1	0,300	0,115
10. Magrone in calcestruzzo	0,100	/	/	/	/
<b>PARAMETRI</b>	<b>VALORI</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>			
SPESSORE TOTALE	1,165	m			
TRASMITTANZA	0,273	W/m²K			



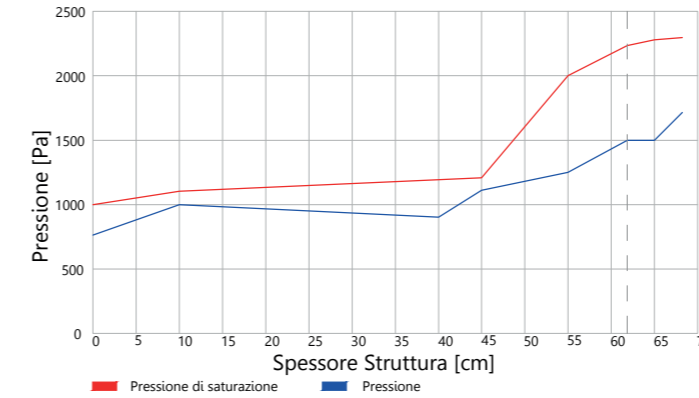
ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA: MESE DI GENNAIO



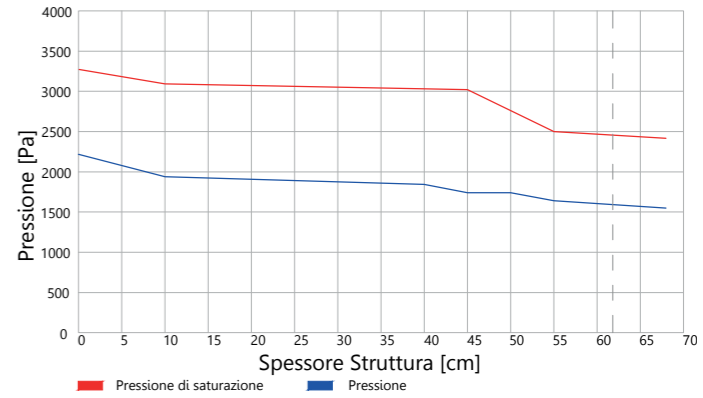
ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA: MESE DI LUGLIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE: MESE DI GENNAIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE: MESE DI LUGLIO



1. Strato di rivestimento in:
  - a. Piastrelle in Gres, di spessore 0,7 cm;
  - b. Piastrelle in Gres per esterni di spessore 0,7 cm;
2. Strato di regolazione in gessofibra, dimensioni 120x60 cm, di spessore 1,8 cm;
3. Strato di regolazione attrezzabile in granulare in perlite, gettato a secco, di spessore 8 cm;
4. Strato di protezione e di separazione in carta KRAFT di spessore 0,1 mm;
5. Strato di coibentazione termico in isolante in sughero tipo CELENIT caratterizzato da una conduttività λ=0,05 W/mK, densità ρ=170 kg/m³, di spessore 10 cm;
6. Strato di protezione e di separazione in carta KRAFT di spessore 0,1 mm;
7. Strato portante in calcestruzzo armato con rete elettro-saldata Φ=10 mm di maglia 10x10 cm, di spessore 5 cm;
8. Strato di casseri a perdere per fondazioni, dimensioni 55x55x30 cm;
9. Strato di livellazione in magrone in calcestruzzo, di spessore 10 cm.

## VERIFICHE

MASSA SUPERFICIALE E TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA

$$M_{S-CO01} = 176,55 \text{ kg/m}^2$$

$$Y_{ie-CO01} = U \cdot fa = 0,040 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,20 \text{ W/m}^2\text{K} = Y_{ie-Norma}$$

Verificato.

SFASAMENTO

$$\varphi_{CO01} = 15 \text{ h} > 12 \text{ h}$$

Classe di qualità prestazionale I.

FATTORE DI ATTENUAZIONE

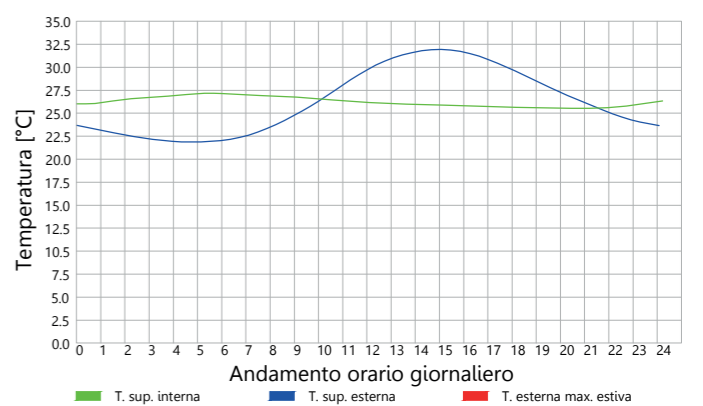
$$fa_{CO01} = 0,148 < 0,15$$

Classe di qualità prestazionale I.

## SFASAMENTO TERMICO E FATTORE DI ATTENUAZIONE

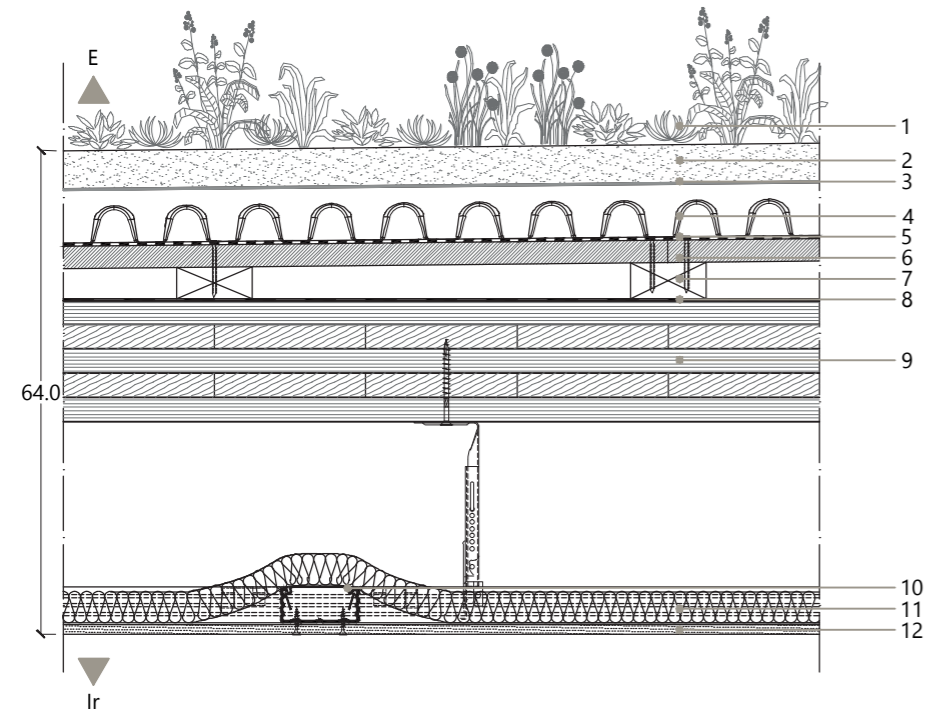
STRATIGRAFIA	Spessore [m]	Calore specifico c [J/kgK]	Densità ρ [kg/m³]	Resistenza termica Rt [m²K/W]
1. Rivestimento in piastrelle	0,015	836,8	2300	0,015
2. Collante	0,5	/	/	/
3. Regolazione in gessofibra	0,018	1100	1150	0,056
4. Granulare in perlite	0,080	837	550	0,348
5. Carta Kraft	0,001	1030	25	0,303
6. Isolante in sughero	0,100	1500	170	2,000
7. Carta Kraft	0,001	1030	25	0,303
8. Getto collaborante in CLS	0,050	836,8	1200	0,109
9. Vespaio aerato	0,300	1004,16	1	0,115
10. Magrone in calcestruzzo	/	/	/	/
<b>PARAMETRI</b>	<b>VALORI</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>		
SPESSORE TOTALE	1,165	m		
SFASAMENTO TERMICO	15,000	h		
FATTORE DI ATTENUAZIONE	0,148	adm		

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA



# STRATIGRAFIE ORIZZONTALI: COPERTURA VERDE ISOLATA C.O. 02

## COMPOSIZIONE DELLA STRATIGRAFIA



1. Strato di vegetazione composto da differenti varietà di talee di Sedum;
2. Substrato di terreno in materiale principalmente vulcanico posto per consentire la crescita del Sedum, di spessore 0,5 cm;
3. Strato di geotessile che funge da filtro per le acque provenienti dal substrato, da stabilizzazione per l'apparato radicale e da diffusione capillare dell'umidità, di spessore 0,13 cm;
4. Elemento prefabbricato in polistirene espanso sinterizzato che svolge la triplice funzione di protezione, drenaggio ed accumulo idrico di spessore 8 cm. Permette un accumulo di 24 l/m<sup>2</sup>;
5. Strato impermeabilizzante e antiradice di spessore 0,4 cm;
6. Strato divisorio costituito da pannelli OSB di dimensione 250x70x3 cm;
7. Strato di regolazione in cunei di legno, con pendenza pari all'1%, di spessore 4,5 cm;
8. Strato protettivo in membrana traspirante antivento, di spessore 0,2 cm;
9. Strato portante in pannelli autoportanti Cross-Lam in legno lamellare a 5 strati incrociati, di spessore 16 cm;
10. Sistema di controsoffitto a fettucce metalliche con doppia orditura metallica;
11. Strato di coibentazione termo-acustico in isolante in fibra di legno, tipo CELENIT caratterizzato da conduttività  $\lambda=0,038$  W/mK, densità  $\rho=50$  kg/m<sup>3</sup>, di spessore 4 cm;
12. Strato di rivestimento interno in lastra di gesso-fibra rivestita tipo KNAUF, di spessore 1,25 cm.

## VERIFICHE

MASSA SUPERFICIALE E TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA

$$M_{S-CO2} = 424,67 \text{ kg/m}^2$$

$$Y_{ie-CO2} = U \cdot fa = 0,0011 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,20 \text{ W/m}^2\text{K} = Y_{ie-Norma}$$

Verificato.

SFASAMENTO

$$\varphi_{CO2} = 24,36 \text{ h} > 12 \text{ h}$$

Classe di qualità prestazionale I.

FATTORE DI ATTENUAZIONE

$$fa_{CO2} = 0,005 < 0,15$$

Classe di qualità prestazionale I.

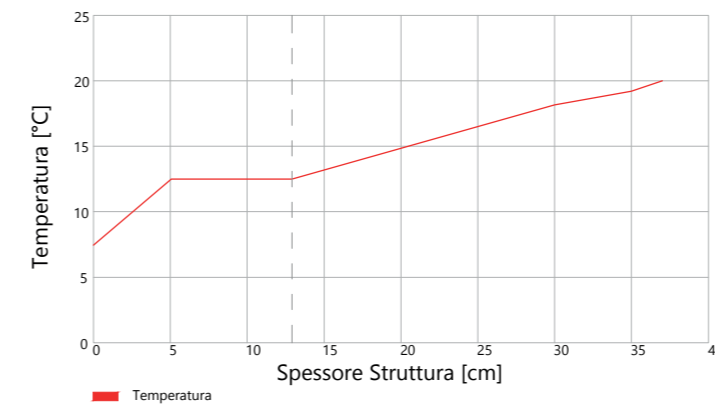
## CONDENSA SUPERFICIALE ED INTERSTIZIALE

STRATIGRAFIA	Spessore [m]	Conduttività $\lambda$ [W/mK]	Fattore resistenza al vapore $\mu$ [adm]	Spessore eq. aria [m]	Resistenza termica $R_t$ [m <sup>2</sup> K/W]	
1. Sedum	0,050	0,025	/	1	0,050	2,000
2. Terreno	0,070	2,36	/	1	0,070	0,030
3. Geotessile	0,0013	/	/	/	/	/
4. Vasche di accumulo	0,08	/	/	/	/	/
5. Impermeabilizzante	0,004	/	34	/	/	/
6. Pannello OSB	0,03	0,13	/	30	/	0,231
7. Strato di regolazione	0,045	/	/	/	/	/
8. Freno al vapore	0,0003	0,20	16667	5,000	/	0,002
9. Cross-Lam	0,160	0,13	/	50	9,000	1,231
10. Controsoffitto	/	/	/	/	/	/
11. Fibra di Legno	0,040	0,038	/	2	0,080	1,053
12. Cartongesso	0,013	0,21	/	8	0,100	0,060
<b>PARAMETRI</b>	<b>VALORI</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>				
SPESSORE TOTALE		0,493 m				
TRASMITTANZA		0,219 W/m <sup>2</sup> K				

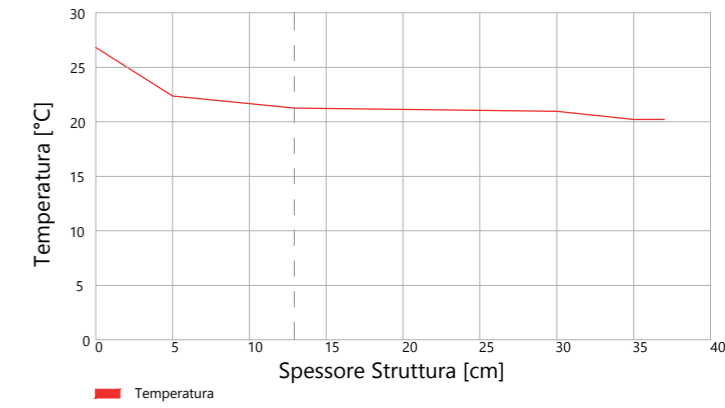
ACCUMULO CONDENSA:

Non sono presenti ne condensa superficiale ne interstiziale all'interno del pacchetto tecnologico.

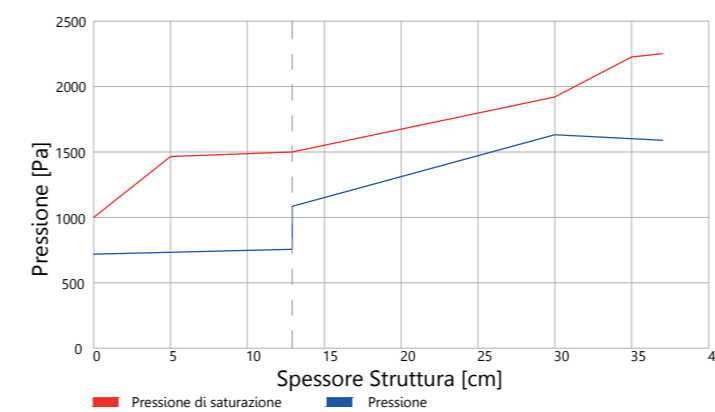
ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA: MESE DI GENNAIO



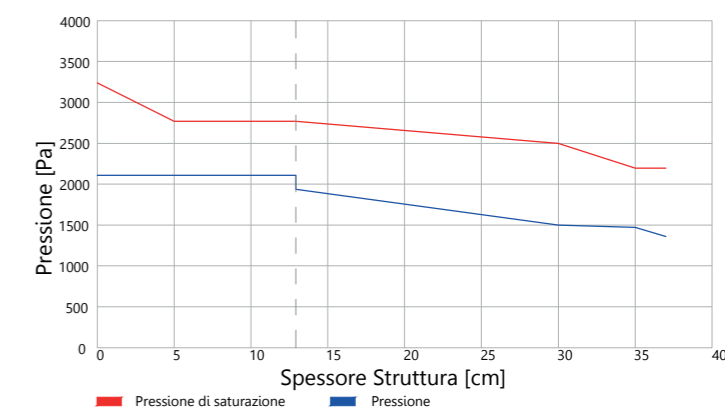
ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA: MESE DI LUGLIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE: MESE DI GENNAIO



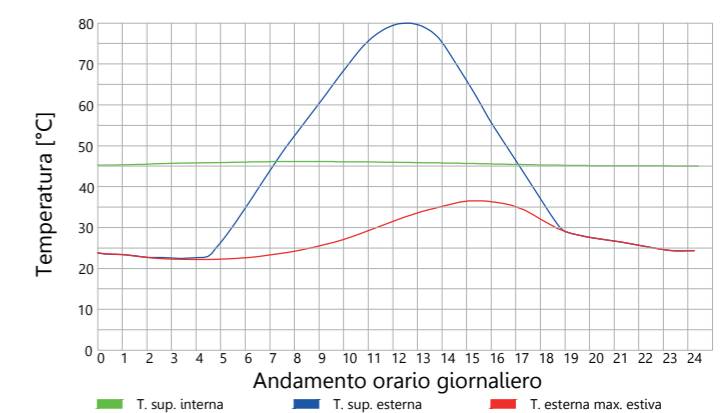
ANDAMENTO DELLA PRESSIONE: MESE DI LUGLIO



## SFASAMENTO TERMICO E FATTORE DI ATTENUAZIONE

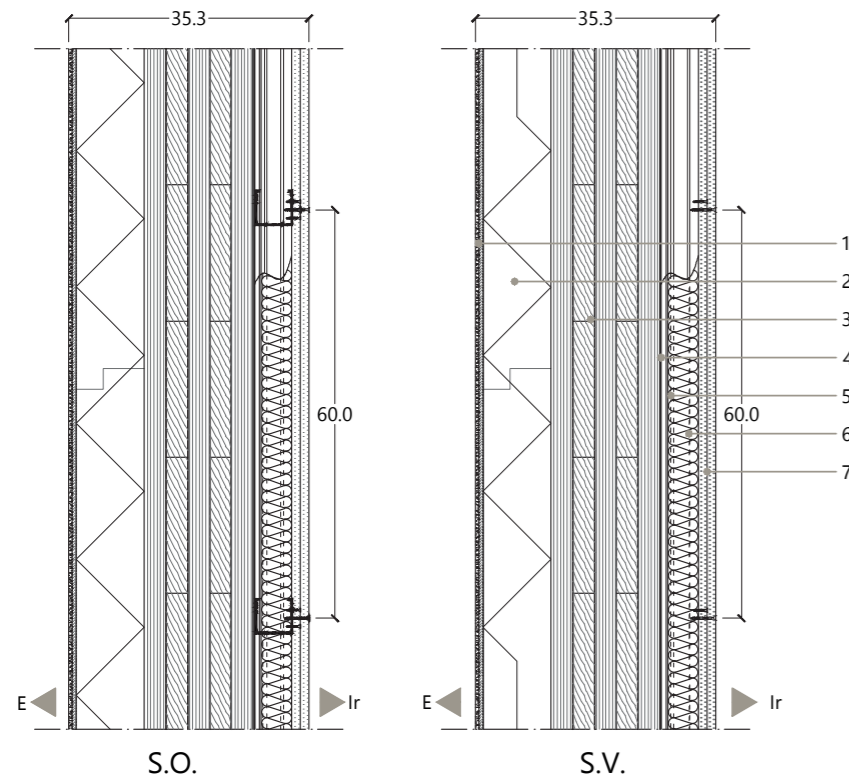
STRATIGRAFIA	Spessore [m]	Calore specifico $c$ [J/kgK]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza termica $R_t$ [m <sup>2</sup> K/W]
1. Sedum	0,050	866,088	2600	2,000
2. Terreno	0,070	866,088	2600	0,030
3. Geotessile	0,0013	/	/	/
4. Vasche di accumulo	0,08	/	/	/
5. Impermeabilizzante	0,004	/	329	/
6. Pannello OSB	0,03	1700	600	0,231
7. Strato di regolazione	0,045	/	/	/
8. Freno al vapore	0,0003	2099,9496	360	0,002
9. Cross-Lam	0,160	1600	500	1,231
10. Viti autofilettanti	/	/	/	/
11. Controsoffitto	0,040	2100	50	1,053
12. Cartongesso	0,013	840	900	0,060
<b>PARAMETRI</b>	<b>VALORI</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>		
SPESSORE TOTALE		0,493 m		
SFASAMENTO TERMICO		24,367 h		
FATTORE DI ATTENUAZIONE		0,005 adm		

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA



# STRATIGRAFIE VERTICALI: PARETE PERIMETRALE ISOLATA C.V. 01

## COMPOSIZIONE DELLA STRATIGRAFIA



1. Strato di rivestimento esterno in armatura di origine minerale combinato con una finitura colorata superficiale legata organicamente, di spessore totale di 1 cm;
2. Strato di coibentazione termico in isolante in sughero tipo CELENIT conduttività  $\lambda=0,05$  W/mK, densità  $\rho=170$  kg/m<sup>3</sup>, di spessore 10 cm;
3. Strato portante in pannelli autoportanti Cross-Lam in legno lamellare a 5 strati incrociati, di spessore 16 cm;
4. Membrana di freno al vapore tipo RIWEGA composta da tre strati di PP termosaldati, in lastre di 150x500 cm, con conduttività  $\lambda=0,22$  W/mK, di spessore 0,65 cm;
5. Orditura metallica in profili guida a "U" in acciaio zincato, tipo KNAUF U 40/50/40, dimensioni 40x50 mm, di spessore 0,6 mm e profili montanti a "C" in acciaio zincato tipo KNAUF C 50/50/50, dimensioni 50x50 mm, di spessore 0,6 mm, con interasse di 60 cm;
6. Strato di coibentazione termo-acustico in isolante in fibra di legno, tipo CELENIT caratterizzato da conduttività  $\lambda=0,038$  W/mK, densità  $\rho=50$  kg/m<sup>3</sup>, di spessore 4 cm;
7. Strato di rivestimento interno in:
  - a. Doppia lastra di gesso-fibra rivestita tipo KNAUF, di spessore 2x1,25 cm;
  - b. Doppia idrolastra di gesso-fibra rivestita tipo KNAUF, di spessore 2x1,25 cm.

## VERIFICHE

MASSA SUPERFICIALE E TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA

$$M_{S-CV01} = 133,73 \text{ kg/m}^2 < 230 \text{ kg/m}^2 = M_{S-Norma}$$

$$Y_{ie-CV01} = U \cdot fa = 0,020 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,12 \text{ W/m}^2\text{K} = Y_{ie-Norma}$$

Verificato.

SFASAMENTO

$$\varphi_{CV01} = 13,88 \text{ h} > 12 \text{ h}$$

Classe di qualità prestazionale I.

FATTORE DI ATTENUAZIONE

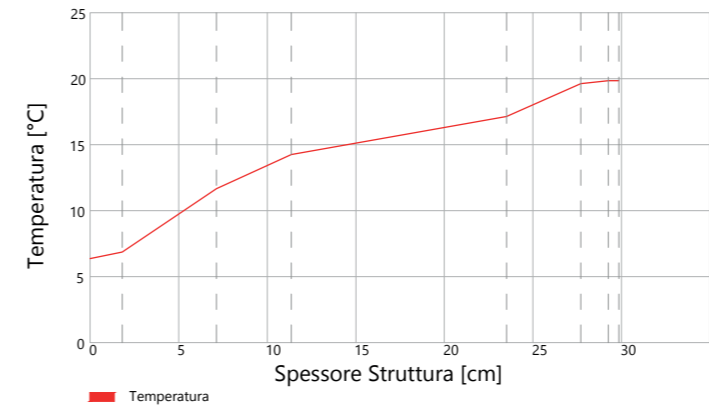
$$fa_{CV01} = 0,088 < 0,15$$

Classe di qualità prestazionale I.

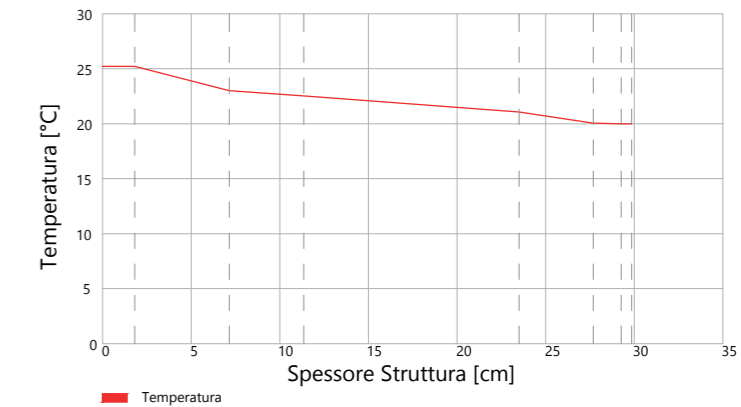
## CONDENSA SUPERFICIALE ED INTERSTIZIALE

STRATIGRAFIA	Spessore [m]	Conduttività $\lambda$ [W/mK]	Fattore resistenza al vapore $\mu$ [adm]	Spessore eq. aria [m]	Resistenza termica $R_t$ [m <sup>2</sup> K/W]
1. Intonaco	0,010	0,80	10	0,11	0,013
2. Isolante in sughero	0,100	0,05	9	0,90	2,000
3. Cross-Lam	0,160	0,13	50	6,00	1,231
4. Freno al vapore	0,00065	0,22	16667	5,00	0,003
5. Fibra di Legno	0,040	0,038	2	0,08	1,053
6. Orditura metallica	/	/	/	/	/
7. Cartongesso	0,025	0,21	8	0,02	0,119
<b>PARAMETRI</b>	<b>VALORI</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>			
SPESSORE TOTALE		0,336 m			
TRASMITTANZA		0,216 W/m <sup>2</sup> K			

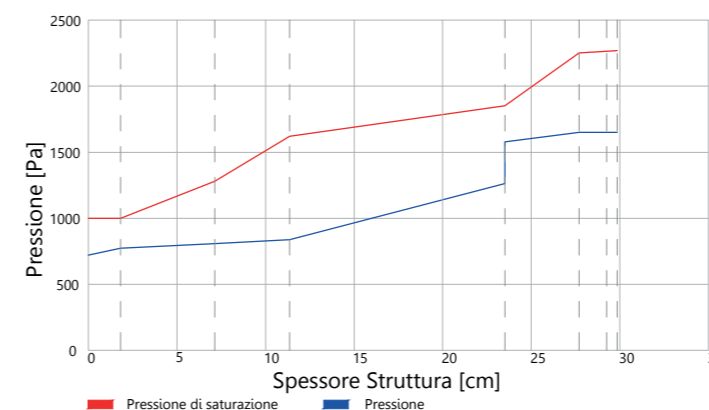
ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA: MESE DI GENNAIO



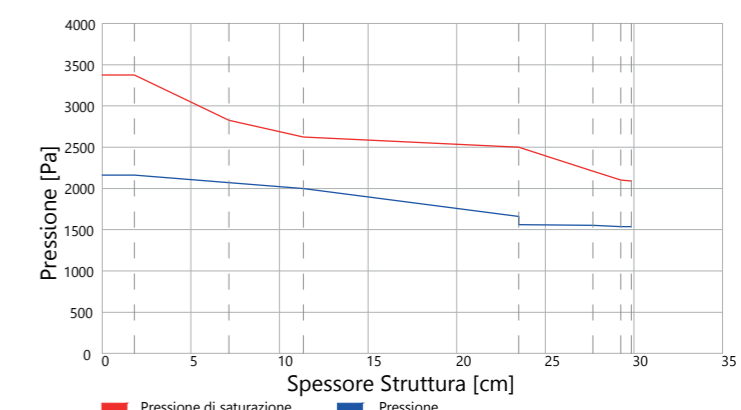
ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA: MESE DI LUGLIO



ANDAMENTO DELLA PRESSIONE: MESE DI GENNAIO



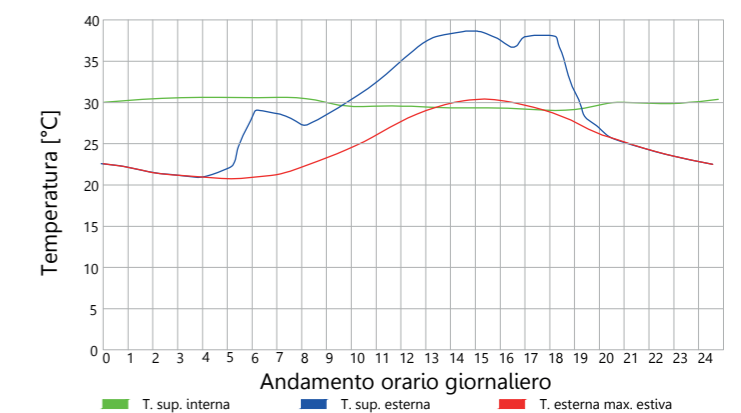
ANDAMENTO DELLA PRESSIONE MESE DI LUGLIO



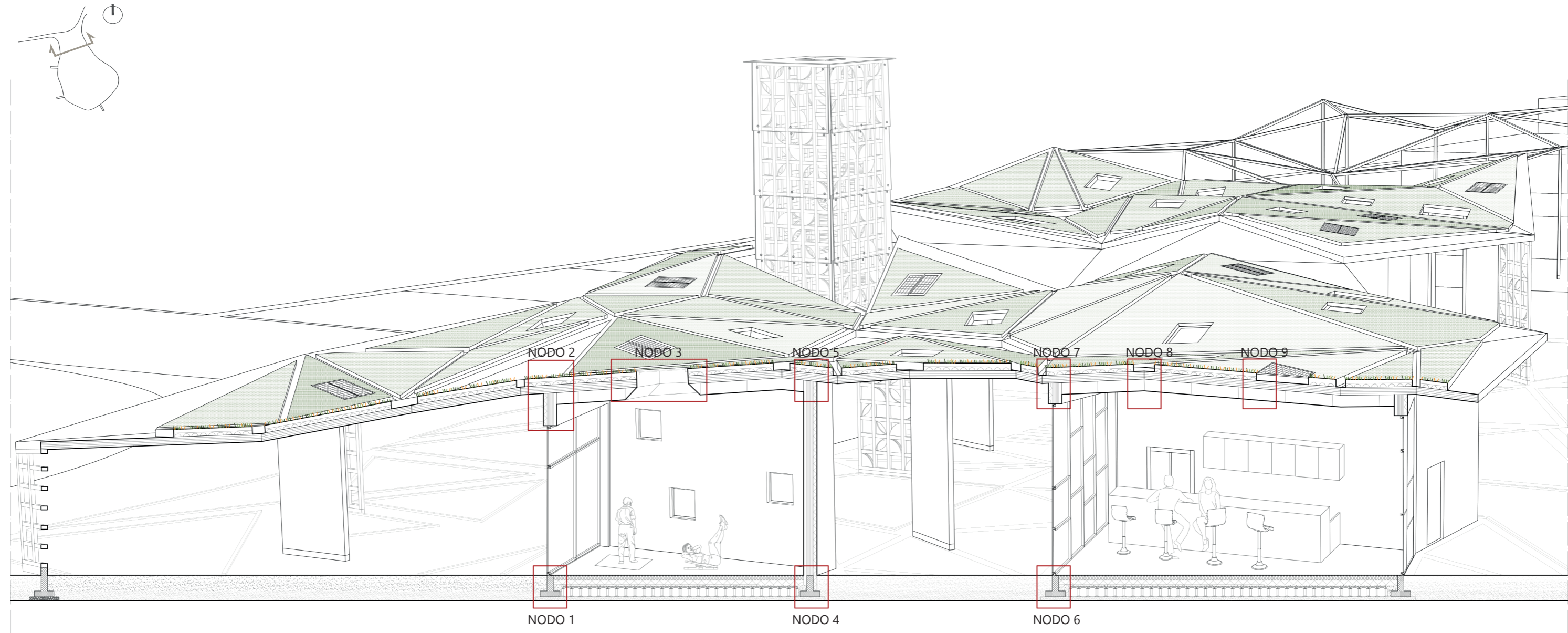
## SFASAMENTO TERMICO E FATTORE DI ATTENUAZIONE

STRATIGRAFIA	Spessore [m]	Calore specifico $c$ [J/kgK]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza termica $R_t$ [m <sup>2</sup> K/W]
1. Intonaco	0,010	840	1200	0,013
2. Isolante in sughero	0,100	1500	170	2,000
3. Cross-Lam	0,160	1600	500	1,231
4. Freno al vapore	0,00065	2100	360	0,003
5. Fibra di Legno	0,040	2100	50	1,053
6. Orditura metallica	/	/	/	/
7. Cartongesso	0,025	840	900	0,119
<b>PARAMETRI</b>	<b>VALORI</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>		
SPESSORE TOTALE		0,336 m		
SFASAMENTO TERMICO		13,883 h		
FATTORE DI ATTENUAZIONE		0,088 adm		

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA



## SEZIONE TECNOLOGICA



## NODO 1

Connessione a terra mediante plinto prefabbricato in calcestruzzo armato con innesto di serramento verticale apribile in PVC. Peculiarità della vetrata è la presenza di un triplo vetro con all'interno gas Krypton. Pavimentazione esterna in Deck, interna in piastrelle in Gres.

## NODO 3

Installazione di aperture zenitali mediante cupolini piani e controsoffitto inclinato al fine di permettere maggior ingresso di luce naturale nell'edificio, favorendo dunque lo svolgimento delle attività al suo interno. Il serramento risulta essere apribile a vasistas.

## NODO 5

Connessione tra parete perimetrale verticale in tecnologia Cross-Lam e doppia falda di copertura mediante piastre metalliche, resine epossidiche e viti da legno. Controsoffitto interno a doppia orditura metallica installato mediante pendini verticali.

## NODO 7

Connessione mediante viti da legno tra parete perimetrale verticale in tecnologia Cross-Lam e copertura con tetto verde con specie grasse (Sedum), le quali non presentano elevato fabbisogno idrico e quindi particolarmente adatte alla natura mediterranea del luogo di progetto.

## NODO 2

Connessione mediante viti da legno tra parete perimetrale verticale in tecnologia Cross-Lam e copertura con tetto verde con specie grasse (Sedum), le quali non presentano elevato fabbisogno idrico e quindi particolarmente adatte alla natura mediterranea del luogo di progetto.

## NODO 4

Connessione a terra mediante plinto prefabbricato in calcestruzzo armato con innesto parete perimetrale verticale in tecnologia Cross-Lam e isolamento a cappotto, caratterizzato dall'impiego di elementi naturali come il sughero.

## NODO 6

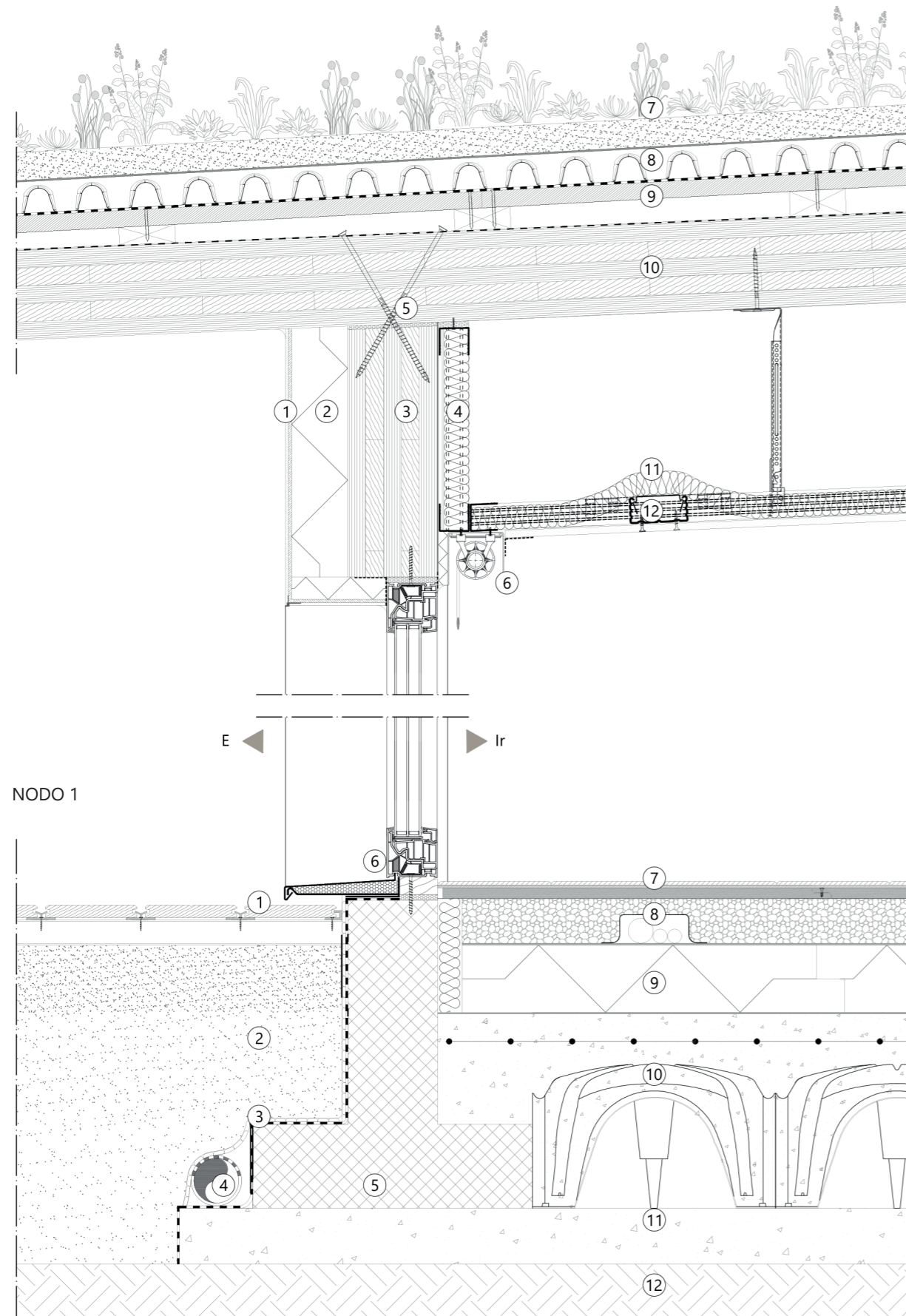
Connessione a terra mediante plinto prefabbricato in calcestruzzo armato con innesto di serramento verticale apribile in PVC. Peculiarità della vetrata è la presenza di un triplo vetro con all'interno gas Krypton. Pavimentazione esterna in Deck, interna in piastrelle Gres.

## NODO 8-9

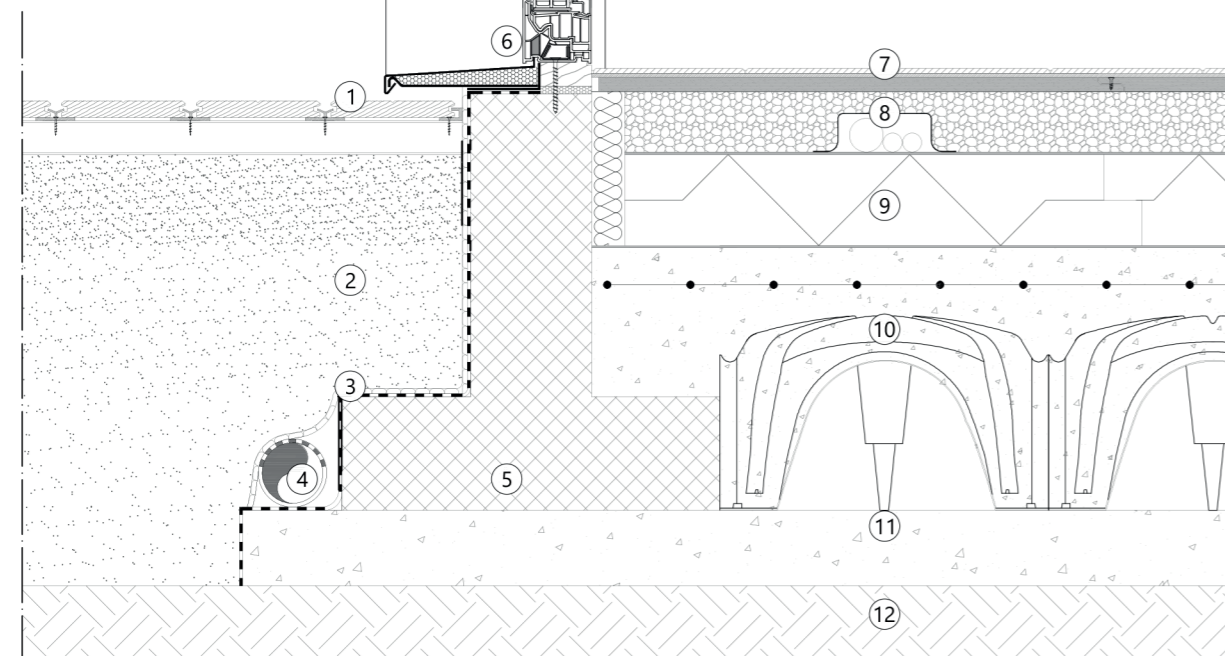
Sistema di deflusso delle acque piovane mediante gronda progettata tra le diverse falde del tetto. Innesto di un sistema fotovoltaico per l'acquisizione di energia solare, presente in copertura a moduli rettangolari accoppiati a due a due.

DETTAGLI COSTRUTTIVI

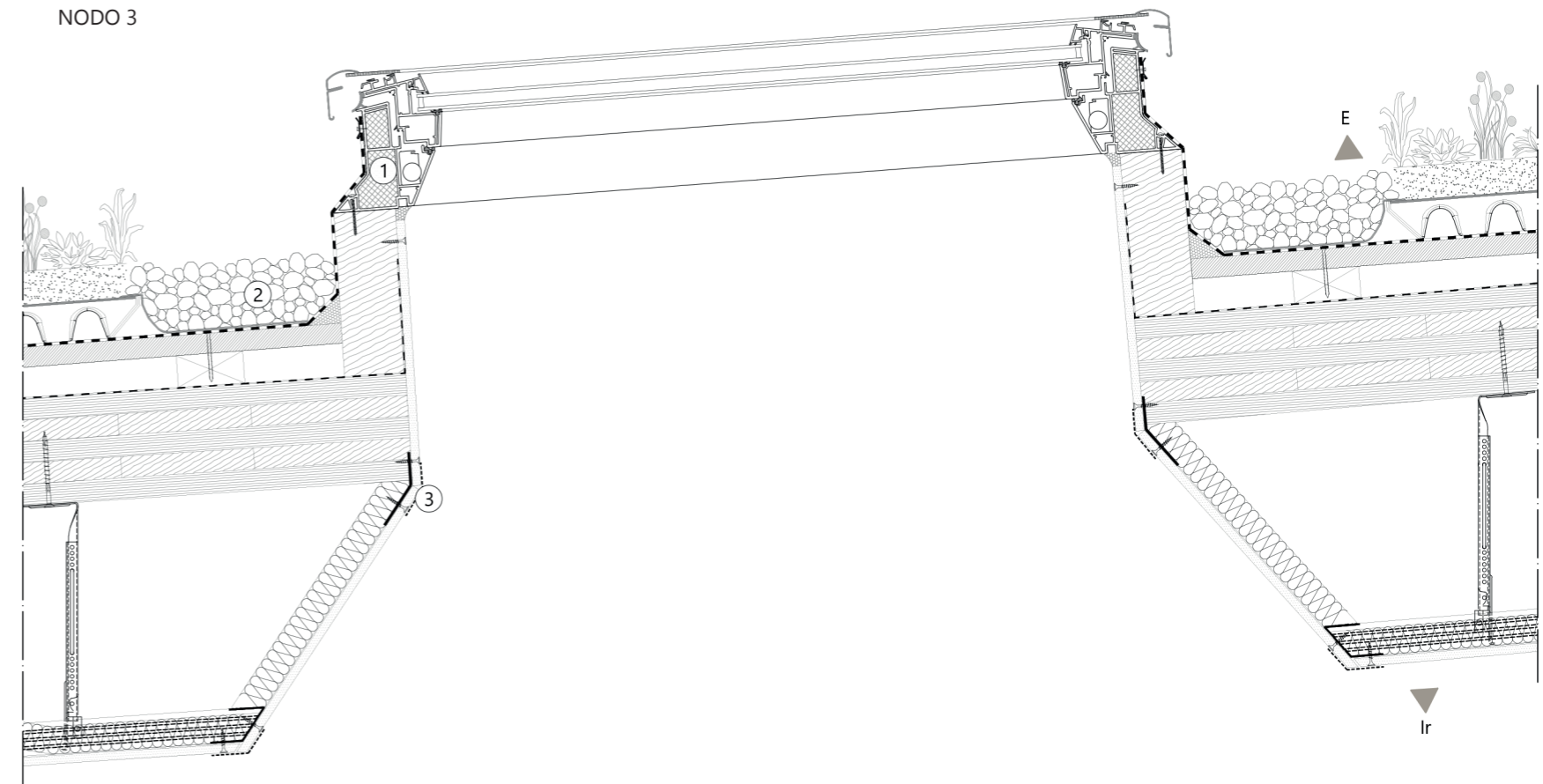
NODO 2



NODO 1



NODO 3



NODO 1

1. Rivestimento esterno in lastre Deck, sp. 2,2 cm, fissato mediante sottostruttura metallica
2. Terreno di reinterro
3. Strato di protezione drenante e filtrante in guaina bugnata con struttura alveolare ad alta densità accoppiata a TNT in polipropilene, sp. 1 cm, accoppiata ad uno strato di impermeabilizzazione in membrana di base autotermodesiva, in bitume distillato polimero elastoplastomerico, sp. 0,5 mm
4. Tubo di drenaggio in materiale termoplastico,  $\Phi$  8 cm
5. Plinto di fondazione prefabbricato in calcestruzzo armato
6. Serramento altamente prestazionale in PVC con vetro triplo con gas Krypton interposto, isolamento termico  $U_w=0,62$  W/m<sup>2</sup>K, isolamento acustico 35 dB
7. Strato di finitura interna in piastrelle in Gres, sp. 0,7 cm, incollate su strato di regolazione in gessofibra, dimensioni 120x60 cm, sp. 1,8 cm
8. Strato di regolazione attrezzabile in granulare in perlite, gettato totalmente a secco, sp. 8 cm
9. Strato di coibentazione termico con isolante in sughero naturale, conduttività  $\lambda=0,05$  W/mK, densità  $\rho=170$  kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm, protetto e separato dagli strati adiacenti da separazione in carta KRAFT sp. 0,1 mm
10. Strato di casseri a perdere per fondazioni, dim. 45x45x25 cm
11. Strato di livellazione in magrone in calcestruzzo, sp. 10 cm
12. Terreno

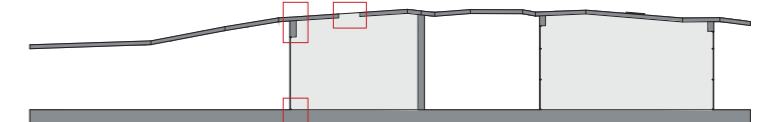
NODO 2

1. Strato di rivestimento esterno in armatura di origine minerale combinato con una finitura colorata superficiale legata organicamente, sp. 1 cm
2. Strato di coibentazione termico con isolante in sughero naturale, conduttività  $\lambda=0,05$  W/mK, densità  $\rho=170$  kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm
3. Strato portante in pannelli autoportanti Cross-Lam in legno lamellare a cinque strati incrociati, sp. 16 cm

4. Contro parete interna isolata con orditura metallica in profili guida a "U" in acciaio zincato, dim. 40x50 mm e sp. 0,6 mm, e profili montanti a "C" in acciaio zincato, dim. 50x50 mm e sp. 0,6 mm, aventi interasse 60 cm
5. Sistema di fissaggio dei pannelli Cross-Lam di copertura e parete mediante due viti da legno incrociate e con guarnizione in EPDM per tenuta all'acqua, all'aria e al vapore, sp. 0,5 mm
6. Sistema di oscuramento interno in tenda avvolgibile
7. Strato di vegetazione composto da Sedum su substrato di terreno composto da materiale principalmente vulcanico, sp. 0,5 cm
8. Elemento prefabbricato in polistirene espanso sinterizzato con triplice funzione di protezione, drenaggio ed accumulo idrico, sp. 8 cm, separato dal terreno con geotessile, sp. 0,13 cm
9. Strato divisorio costituito da pannelli OSB di dimensione 250x70x3 cm, posto al di sopra di cunei di legno, con pendenza pari all'1%, sp. 4,5 cm
10. Strato portante in pannelli autoportanti Cross-Lam in legno lamellare a cinque strati incrociati, sp. 16 cm
11. Strato di coibentazione termo-acustico in isolante in fibra di legno, di conduttività  $\lambda=0,038$  W/mK, densità  $\rho=50$  kg/m<sup>3</sup>, sp. 4 cm
12. Sistema di controsoffitto a fettucce metalliche e doppia orditura metallica per favorire il passaggio del sistema impiantistico

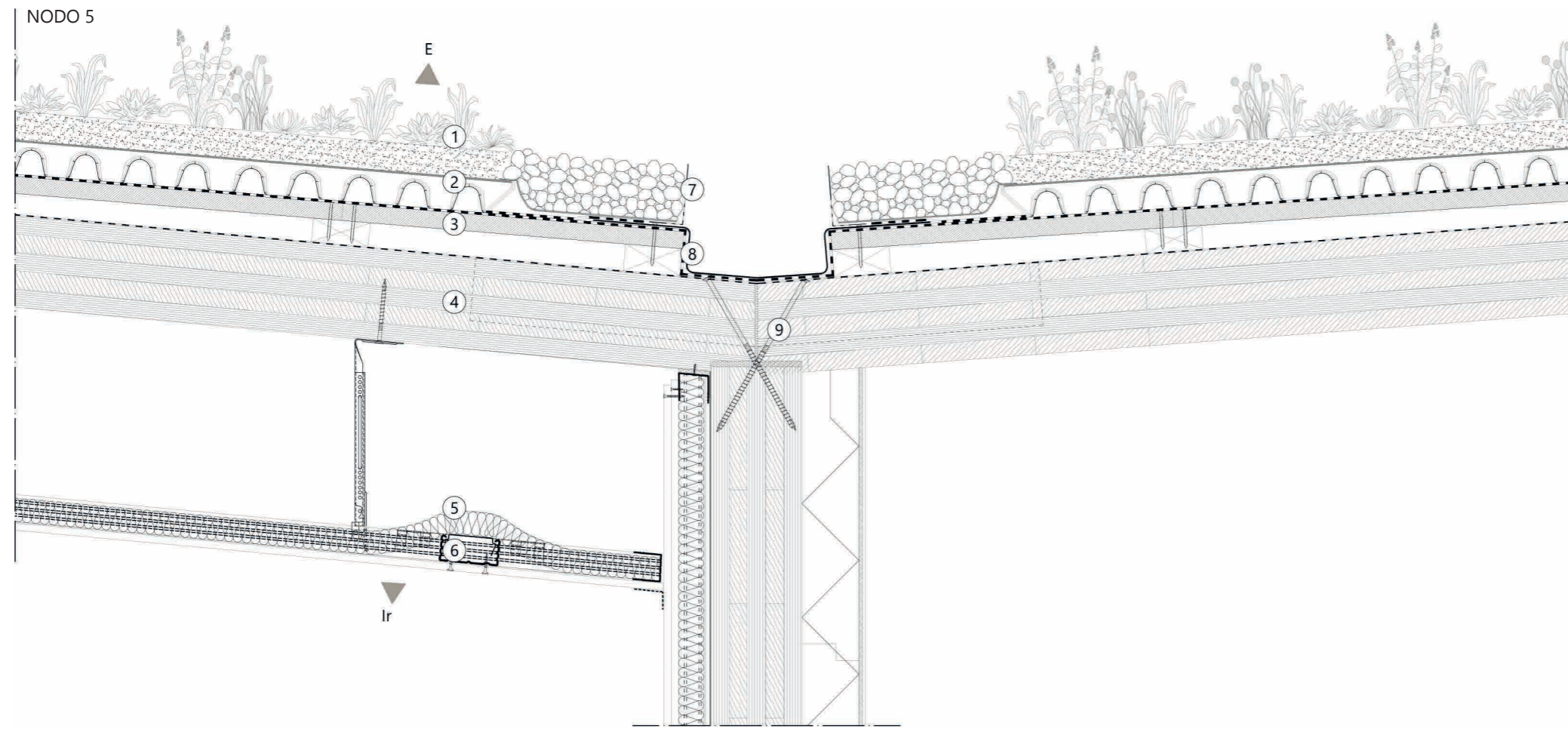
NODO 3

1. Serramento apribile a vasistas con vetro piano per tetto tipo VELUX
2. Ghiaia di drenaggio per l'acqua piovana
3. Nastro copri-spigolo per rivestimento interno in lastre di gessofibra

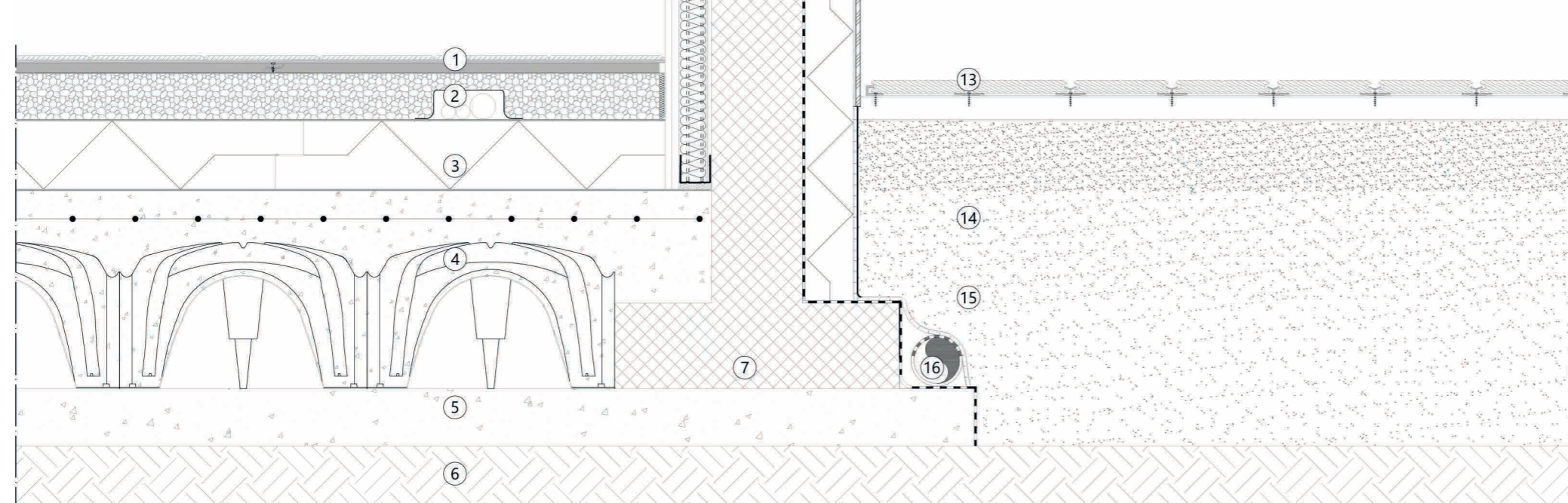


## DETTAGLI COSTRUTTIVI

NODO 5



NODO 4

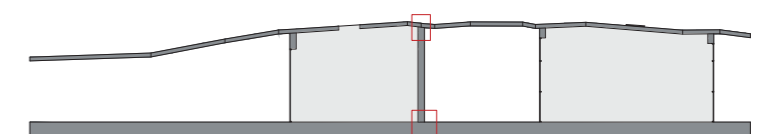


NODO 4

1. Strato di finitura interna in piastrelle in Gres, sp. 0,7 cm, incollate su strato di regolazione in gessofibra, dimensioni 120x60 cm, sp. 1,8 cm
2. Strato di regolazione attrezzabile in granulare in perlite, gettato a secco, sp. 8 cm
3. Strato di coibentazione termico in isolante in sughero di conduttività  $\lambda=0,05$  W/mK, densità  $\rho=170$  kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm, protetto e separato dagli strati adiacenti da separazione in carta KRAFT sp. 0,1 mm
4. Strato di casseri a perdere per fondazioni, dim. 45x45x25 cm
5. Strato di livellazione in magrone in calcestruzzo, sp. 10 cm
6. Terreno
7. Plinto di fondazione prefabbricato in calcestruzzo armato
8. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio, sp. 2x1.25 cm, fissate con viti autoperforanti
9. Contro parete interna isolata con orditura metallica in profili guida a "U" in acciaio zincato, dim. 40x50 mm e sp. 0,6 mm, e profili montanti a "C" in acciaio zincato, dim. 50x50 mm e sp. 0,6 mm, aventi interasse 60 cm
10. Strato portante in pannelli autoportanti Cross-Lam in legno lamellare a cinque strati incrociati, sp. 16 cm
11. Strato di coibentazione termico in isolante in sughero conduttività  $\lambda=0,05$  W/mK, densità  $\rho=170$  kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm
12. Strato di rivestimento esterno in armatura di origine minerale combinato con una finitura colorata superficiale legata organicamente, sp. 1 cm
13. Rivestimento esterno in lastre Deck, sp. 2,2 cm, fissato mediante sottostruttura metallica
14. Terreno di rinterro
15. Strato di protezione drenante e filtrante in guaina bugnata con struttura alveolare ad alta densità accoppiata a TNT in polipropilene, sp. 1 cm, accoppiata ad uno strato di impermeabilizzazione in membrana di base autotermodesiva, in bitume distillato polimero elastoplastomerico, sp. 0,5 mm
16. Tubo di drenaggio in materiale termoplastico,  $\Phi$  8 cm

NODO 5

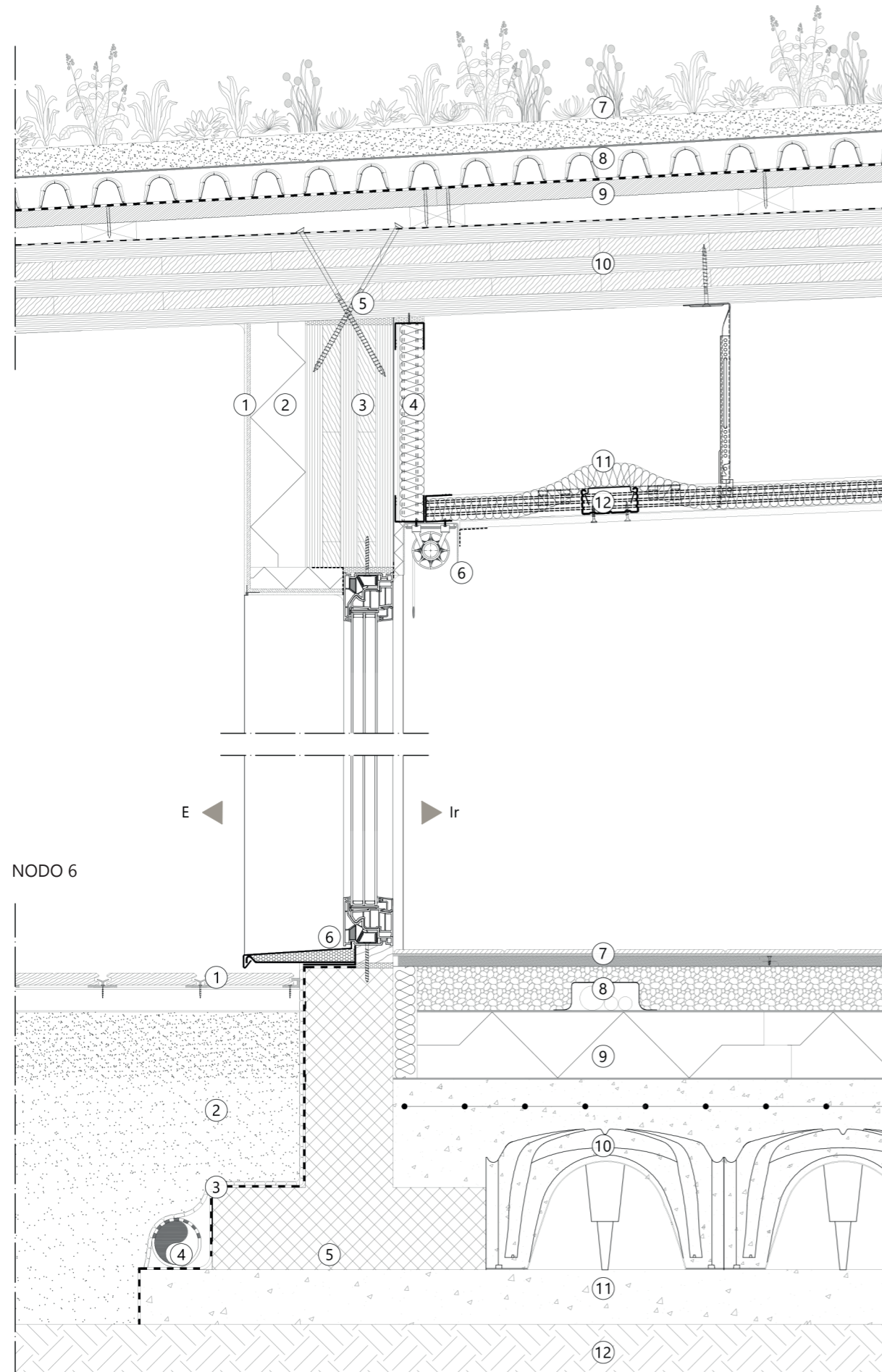
1. Strato di vegetazione composto da Sedum su substrato di terreno composto da materiale principalmente vulcanico, sp. 0,5 cm
2. Elemento prefabbricato in polistirene espanso sinterizzato, sp. 8 cm, con funzione di protezione, drenaggio ed accumulo idrico
3. Strato divisorio costituito da pannelli OSB di dimensione 250x70x3 cm, posto al di sopra di cunei di legno, con pendenza pari all'1%, sp. 4,5 cm
4. Strato portante in pannelli autoportanti Cross-Lam in legno lamellare a cinque strati incrociati, sp. 16 cm
5. Strato di coibentazione termo-acustico in isolante in fibra di legno, di conduttività  $\lambda=0,038$  W/mK, densità  $\rho=50$  kg/m<sup>3</sup>, sp. 4 cm
6. Sistema di controsoffitto a fettucce metalliche e doppia orditura metallica per favorire il passaggio di sistema impiantistico
7. Elemento metallico forato per il contenimento della ghiaia di drenaggio
8. Gronda di scolo in acciaio
9. Sistema di fissaggio dei pannelli Cross-Lam di copertura e parete mediante due viti da legno incrociate e con guarnizione in EPDM per tenuta all'acqua, all'aria e al vapore, sp. 0,5 mm



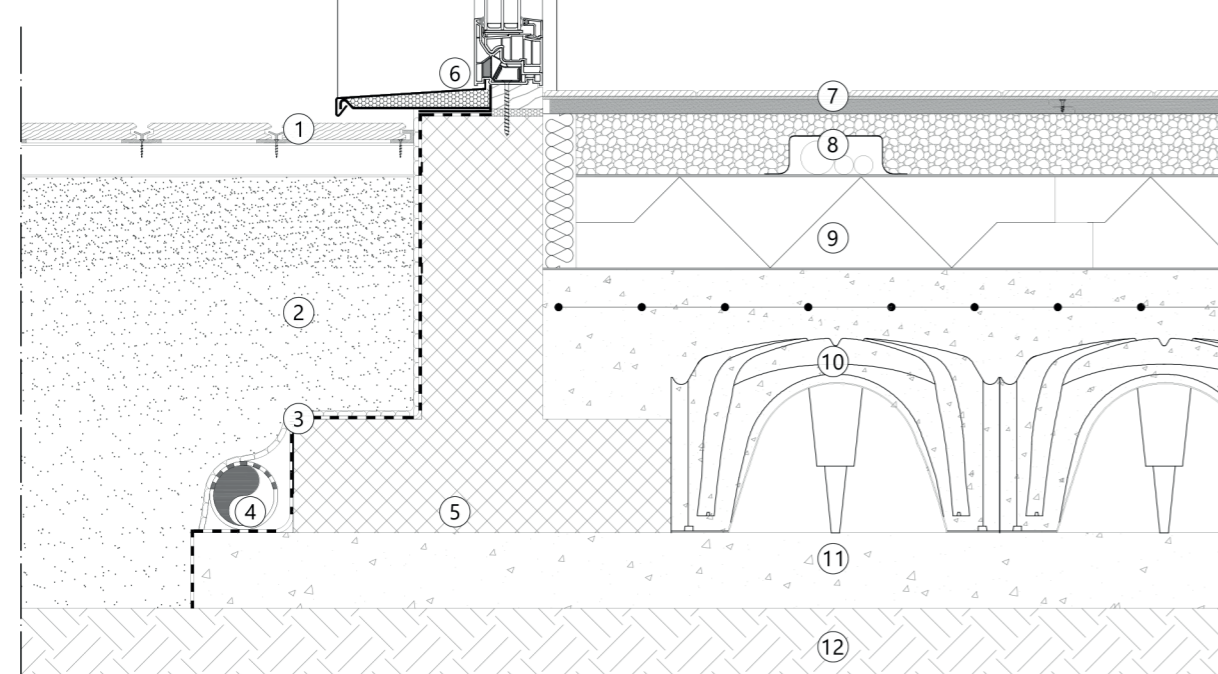


DETTAGLI COSTRUTTIVI

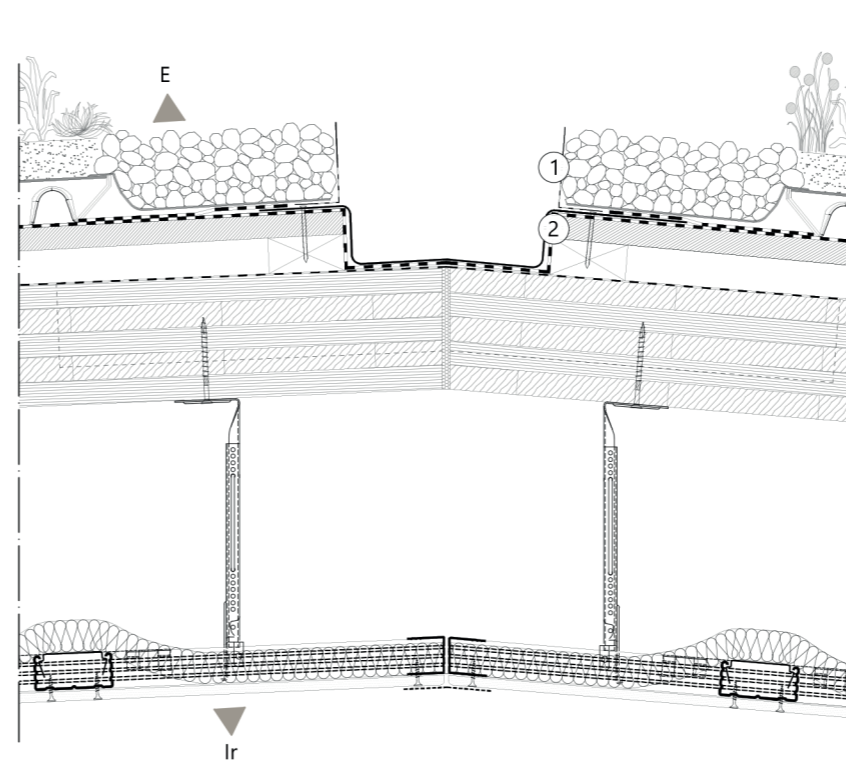
NODO 7



NODO 6



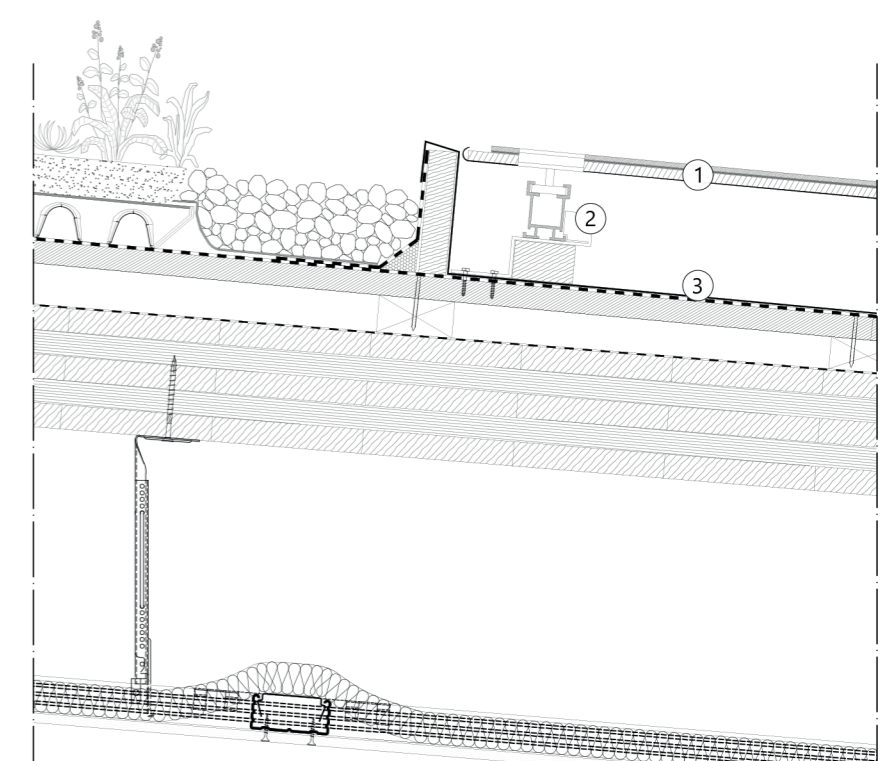
NODO 8



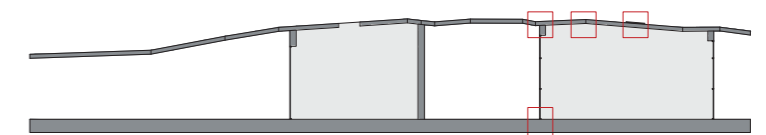
NODO 6

1. Rivestimento esterno in lastre Deck, sp. 2,2 cm, fissato mediante sottostruttura metallica
  2. Terreno di riinterro
  3. Strato di protezione drenante e filtrante in guaina bugnata con struttura alveolare ad alta densità accoppiata a TNT in polipropilene, sp. 1 cm, accoppiata ad uno strato di impermeabilizzazione in membrana di base autotermodesiva, in bitume distillato polimero elastoplastomerico, sp. 0,5 mm
  4. Tubo di drenaggio in materiale termoplastico,  $\Phi$  8 cm
  5. Plinto di fondazione prefabbricato in calcestruzzo armato
  6. Serramento altamente prestazionale in PVC con vetro triplo con gas Krypton interposto, isolamento termico  $U_w=0,62$  W/m<sup>2</sup>K, isolamento acustico 35 dB
  7. Strato di finitura interna in piastrelle in Gres di sp. 0,7 cm, incollate su strato di regolazione in gessofibra, dimensioni 120x60 cm, di sp. 1,8 cm
  8. Strato di regolazione attrezzabile in granulare in perlite, gettato a secco, di sp. 8 cm
  9. Strato di coibentazione termico in isolante in sughero conduttività  $\lambda=0,05$  W/mK, densità  $\rho=170$  kg/m<sup>3</sup>, di sp. 10 cm, protetto e separato dagli strati adiacenti da separazione in carta KRAFT di sp. 0,1 mm
  10. Strato di casseri a perdere per fondazioni, dimensioni 45x45x25 cm
  11. Strato di livellazione in magrone in calcestruzzo, di sp. 10 cm
  12. Terreno
- NODO 7
1. Strato di rivestimento esterno in armatura di origine minerale combinato con una finitura colorata superficiale legata organicamente, sp. 1 cm;
  2. Strato di coibentazione termico con isolante in sughero naturale, conduttività  $\lambda=0,05$  W/mK, densità  $\rho=170$  kg/m<sup>3</sup>, di sp. 10 cm
  3. Strato portante in pannelli autoportanti Cross-Lam in legno lamellare a cinque strati incrociati, sp. 16 cm
  4. Contro parete interna isolata con orditura metallica in profili guida a "U" in acciaio zincato, dim. 40x50 mm e sp. 0,6 mm, e profili montanti a "C" in acciaio zincato, dim. 50x50 mm e sp. 0,6 mm, aventi interasse 60 cm

NODO 9



5. Sistema di fissaggio dei pannelli Cross-Lam di copertura e parete mediante due viti da legno incrociate e con guarnizione in EPDM per tenuta all'acqua, all'aria e al vapore, sp. 0,5 mm
  6. Sistema di oscuramento interno in tenda avvolgibile
  7. Strato di vegetazione composto da Sedum su substrato di terreno composto da materiale principalmente vulcanico, di sp. 0,5 cm
  8. Elemento prefabbricato in polistirene espanso sinterizzato che svolge la triplice funzione di protezione, drenaggio ed accumulo idrico, sp. 8 cm, separato dal terreno con uno strato di geotessile, filtro per le acque provenienti dal substrato, stabilizzazione per l'apparato radicale e da diffusione capillare dell'umidità, sp. 0,13 cm
  9. Strato divisorio costituito da pannelli OSB di dimensione 250x70x3 cm, posto al di sopra di cunei di legno, con pendenza pari all'1%, sp. 4,5 cm
  10. Strato portante in pannelli autoportanti Cross-Lam in legno lamellare a cinque strati incrociati, sp. 16 cm
  11. Strato di coibentazione termo-acustico in isolante in fibra di legno, di conduttività  $\lambda=0,038$  W/mK, densità  $\rho=50$  kg/m<sup>3</sup>, sp. 4 cm
  12. Sistema di controsoffitto a fettucce metalliche e doppia orditura metallica per favorire il passaggio di sistema impiantistico
- NODO 8
1. Elemento metallico forato per il contenimento della ghiaia di drenaggio
  2. Gronda di scolo in acciaio
- NODO 9
1. Pannello fotovoltaico integrato
  2. Sistema di fissaggio del pannello fotovoltaico in clip metalliche ancorate al substrato di sostegno in pannello OSB
  3. Lastra di lamiera per pannelli fotovoltaici integrati

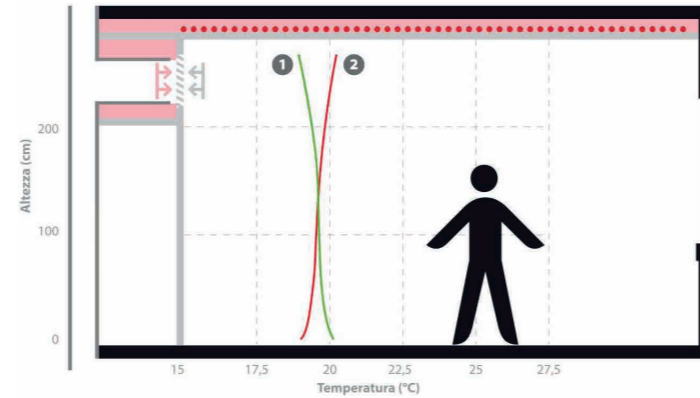


## PROGETTO IMPIANTISTICO

### IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO

#### VANTAGGI DEL SISTEMA RADIANTE

- Integrazione con altra impiantistica: è possibile integrare nel soffitto in cartongesso anche la parte impiantistica relativa all'aria di rinnovo e di controllo umidità;
- Isolamento termico ed acustico: lo strato di coibentazione disposto sul lato superiore dei pannelli assicura un ottimo isolamento termico e acustico verso l'alto;
- Risparmio energetico: l'utilizzo del soffitto radiante in combinazione con un impianto a tutt'aria comporta un fabbisogno di energia minore di quello di un impianto tradizionale.



#### DIMENSIONAMENTO PANNELLI RADIANTI

Per il calcolo del numero di pannelli utili si considera soltanto l'entità di calore sensibile. Per rimanere a favore di sicurezza ci si riferisce alla situazione peggiore ossia quella estiva.

Superficie radiante necessaria:  $S_R = Q_{S_{max}} / q_c$

Dove:

- $Q_{S_{max}}$  = carico termico sensibile di picco da smaltire da parte del sistema radiante [W];
- $q_c$  = resa specifica ottenibile [W/m<sup>2</sup>], in funzione delle condizioni di funzionamento previste.

Calcolo della superficie radiante	$Q_{S_{res}} \text{ est [W]}$	$Q_c \text{ [W/m}^2\text{]}$	Sup. radiante [m <sup>2</sup> ]	N° pannelli necessari
Bar	1131,52	64,60	17,52	14,60
Sala Yoga	3397,50	64,60	52,59	43,83
Infopoint	738,66	64,60	11,43	9,53

### DEFLUSSO DELLE ACQUE METEORICHE

Si riporta il disegno della proiezione orizzontale della copertura, ossia i metri quadrati di superficie che vanno considerati nel calcolo della portata. Si esclude la parte di tetto in tessuto filtrante in quanto non accumula acqua di scolo, si sottraggono inoltre le superfici relative ai patii mentre non si trascurano le aperture zenitali in quanto il loro apporto è irrilevante al fine del calcolo.



### IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Prescrizioni del DLgs 28/11 per edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazione rilevante: devono essere installati impianti per produrre energia elettrica da fonti rinnovabili, di potenza:

$$P \geq S/K \text{ [kW]}$$

Dove:

- S rappresenta la superficie in pianta del livello terra dell'edificio [m<sup>2</sup>]
- K = 50 [m<sup>2</sup>/kW] dal 01/01/2017

Potenza necessaria nel caso in esame:

$$P \geq 126,7/50 = 2,534 \text{ [kW]}$$



#### MODELLO DEL PANNELLO

Composizione: celle in silicio monocristallino di forma quadrata

Dimensioni: 60 x 120 cm

Spessore: 0,6 - 0,7 cm

Potenza di picco: 87,5 W<sub>p</sub>

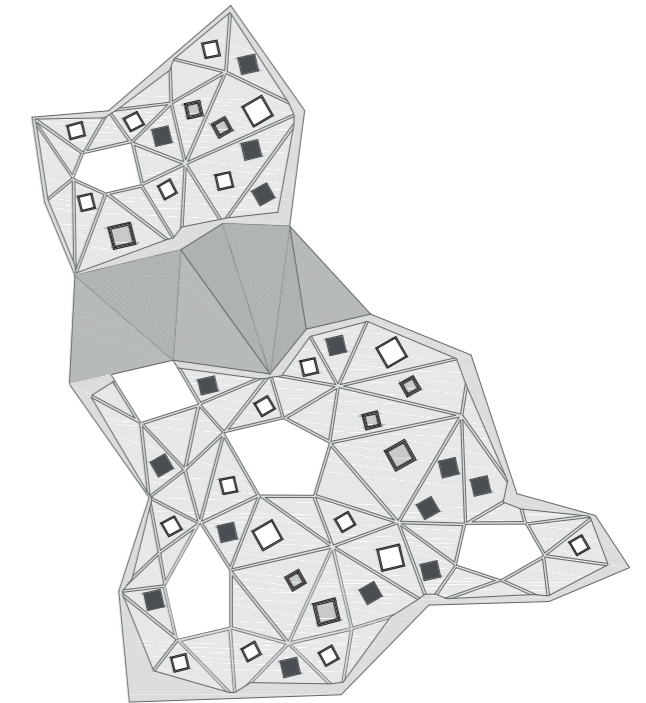
N° totale pannelli: 30 accoppiati a due a due

Potenza totale prodotta: 2625 W pari a 2,625 kW

#### DISPOSIZIONE DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI IN COPERTURA

##### LEGENDA

Coppia di pannelli fotovoltaici



#### DIMENSIONAMENTO DEI PLUVIALI

Il dimensionamento dei pluviali ha previsto la divisione della superficie esposta in quattro aree di simile ampiezza.

La superficie totale si è ripartita in quattro zone di superficie non maggiore a 279 m<sup>2</sup>. In questo modo si è potuto calcolare un'unica dimensione delle tubature per tutto il progetto, restando a favore di sicurezza.

Portata ottenuta :

$$P = i_p \cdot s_e \cdot K = 0,041 \text{ l/s.m}^2 \times 279 \text{ m}^2 \times 0,3 = 3,43 \text{ l/s}$$

Dove:

- $i_p = 0,041 \text{ l/s m}^2$
- $s_e = 279 \text{ m}^2$
- $K = 0,3 \text{ adm}$

Il dimensionamento delle tubature viene effettuato secondo il manuale fornito dall'azienda GEBERIT. Conoscendo la portata si trova il diametro da assegnare a pluviali e a collettori.

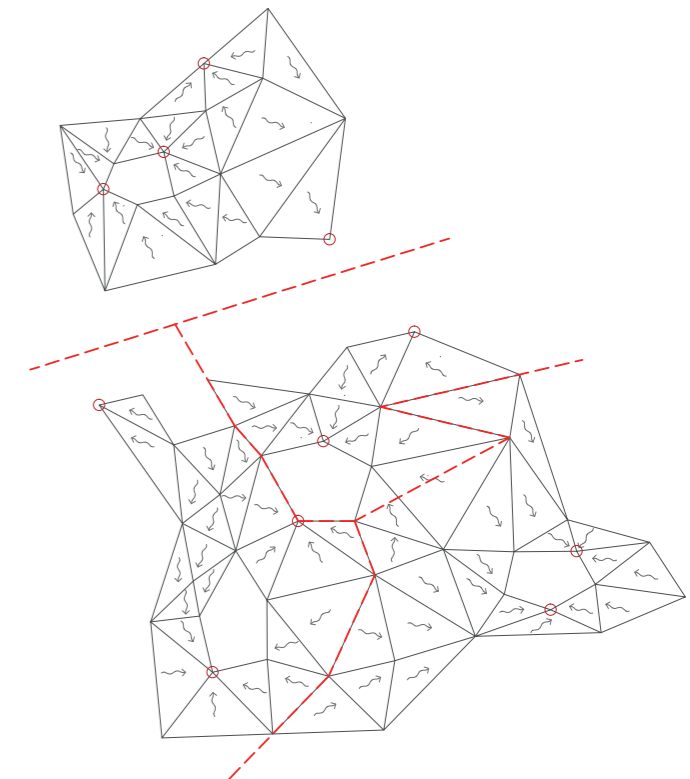
Diametro di ogni pluviale: 69/75 mm

Diametro di ogni collettore: 83/90 mm

#### RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE

Capienza serbatoio: 6000 litri

Diametro tubo di entrata : DN 150



LA NATURA DELLA PENISOLA DI PRILOVO

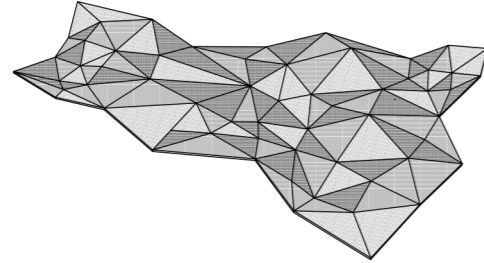




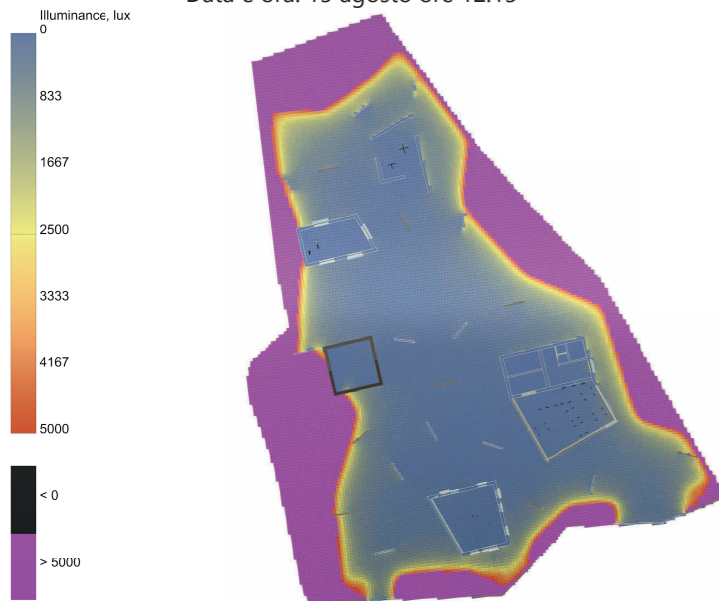
# STUDIO DELLA COPERTURA - ILLUMINAMENTO

## SIMULAZIONE 1

- × Patii
- × Aperture zenitali
- × Copertura filtrante
- × Alberi



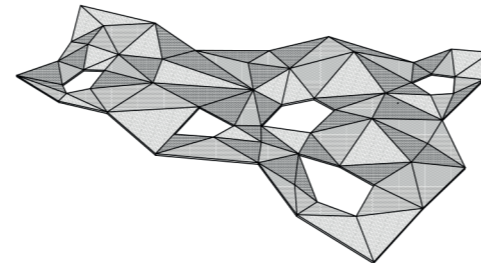
DATI DI SIMULAZIONE - ILLUMINAMENTO  
Condizioni del cielo: Cielo sereno con sole  
Data e ora: 15 agosto ore 12:15



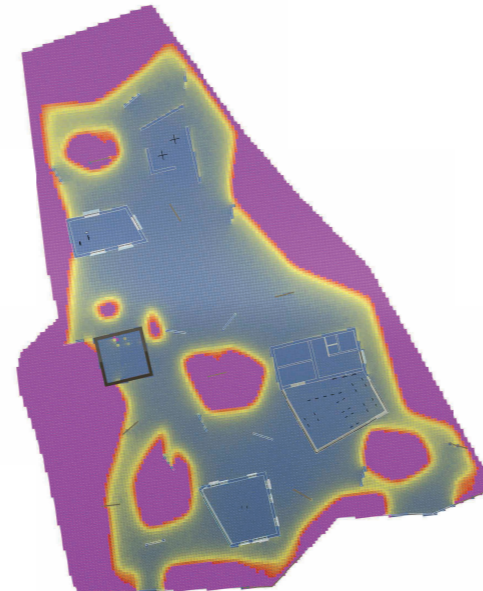
In prima analisi è stata simulata la copertura totalmente opaca, per valutare quanto effettivamente sia il riscontro di mancanza di luce al di sotto della stessa. I risultati ottenuti sono in unità di misura "lux". Un lux è pari all'illuminamento prodotto da una sorgente puntiforme avente l'intensità di una candela su una superficie posta a 1 m di distanza perpendicolarmente ai raggi, ossia un lux è pari ad un lumen fratto un metro quadrato. Le analisi sono state condotte il 15 agosto alle ore 12:15 simulando una condizione di cielo sereno con sole. Non trovandosi il progetto alla latitudine dell'equatore, il sole non risulta essere perfettamente perpendicolare al suolo nemmeno durante le ore centrali della giornata: ciò è la causa della proiezione di un'ombra della copertura leggermente spostata in alto a destra.

## SIMULAZIONE 2

- ✓ Patii
- × Aperture zenitali
- × Copertura filtrante
- × Alberi



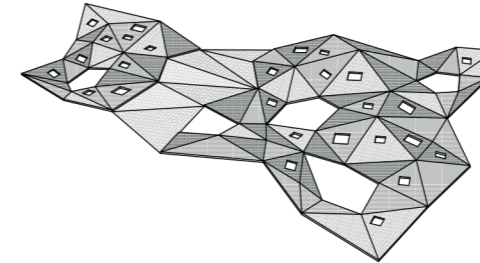
DATI DI SIMULAZIONE - ILLUMINAMENTO  
Condizioni del cielo: Cielo sereno con sole  
Data e ora: 15 agosto ore 12:15



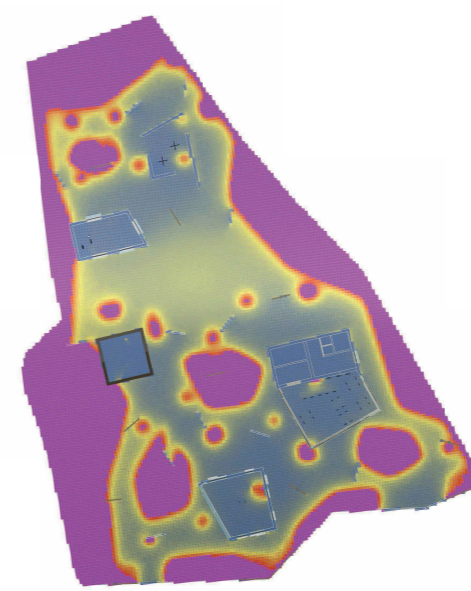
Avendo valutato una mancanza di luce al di sotto della copertura, sono stati introdotti dei patii in corrispondenza dei luoghi di ritrovo e dei giardini. Se ne contano quattro al di sotto della strada, uno al di sopra. Uno di questi patii ha la mera funzione di permettere l'erigersi del faro panoramico, elemento parallelepipedo che si innalza per una decina di metri. L'introduzione di queste aperture tuttavia fa notare un'eccessiva disomogeneità nella distribuzione della luce al di sotto della copertura, in quanto in corrispondenza delle aperture si ha il riscontro di abbagliamento ed eccessivo passaggio dei raggi solari, dove invece la copertura è rimasta totalmente opaca si nota un inadeguato ombreggiamento. Particolare attenzione dovrà essere posta alla copertura in corrispondenza della strada carrabile.

## SIMULAZIONE 3

- ✓ Patii
- ✓ Aperture zenitali
- ✓ Copertura filtrante
- × Alberi



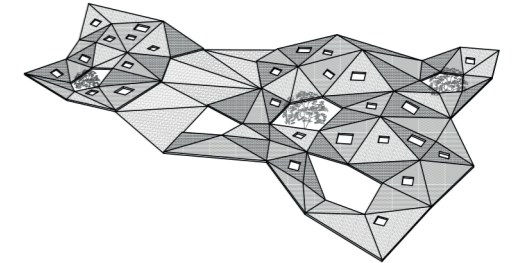
DATI DI SIMULAZIONE - ILLUMINAMENTO  
Condizioni del cielo: Cielo sereno con sole  
Data e ora: 15 agosto ore 12:15



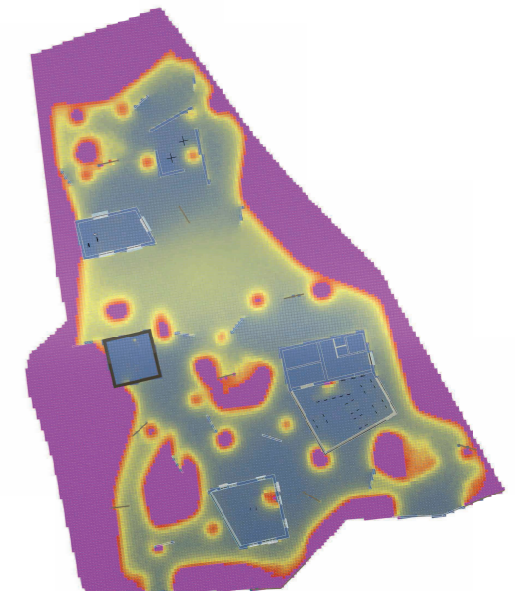
Per rendere omogeneo l'illuminamento si è deciso di introdurre delle aperture quadrate di dimensioni 90x90cm e 150x150cm sulle diverse falde. Particolare attenzione è stata posta nei confronti della strada carrabile che attraversa il progetto, in corrispondenza della quale è stato inserito in copertura un telo filtrante al fine di evitare il brusco cambiamento di luminosità, particolarmente dannoso per chi si trova al volante. Dai risultati ottenuti si nota come il problema della mancanza di luce al di sotto della copertura sia risolto. È bene sottolineare come gli ambienti interni risultano poco illuminati soltanto per una questione di scala, dato che l'illuminamento è tarato secondo la luce diretta esterna.

## SIMULAZIONE 4

- ✓ Patii
- ✓ Aperture zenitali
- ✓ Copertura filtrante
- ✓ Alberi



DATI DI SIMULAZIONE - ILLUMINAMENTO  
Condizioni del cielo: Cielo sereno con sole  
Data e ora: 15 agosto ore 12:15

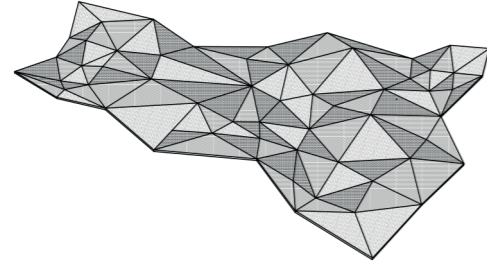


Per rendere vivibili gli ambienti in corrispondenza dei patii ovviando al problema del surplus di illuminamento e passaggio dei raggi solari, che creano quindi zone eccessivamente calde nei mesi estivi, si è pensata l'introduzione di elementi vegetativi schermanti. Essi si identificano in alberi a fusto alto, caratterizzati da una folta chioma a foglia caduca: in questo modo nei mesi più caldi si offre una schermatura anche per gli edifici posti nelle vicinanze dei patii, mentre nelle stagioni invernali è permesso il passaggio dei raggi solari. Si nota come questo espediente risolve il problema dell'abbagliamento. Dalle simulazioni condotte salta subito all'occhio come le zone caratterizzate da illuminamento maggiore di 5000 lux sono limitate e si ha una prevalenza di aree a 2500 lux, valore più idoneo per gli ambienti esterni ad uso pubblico.

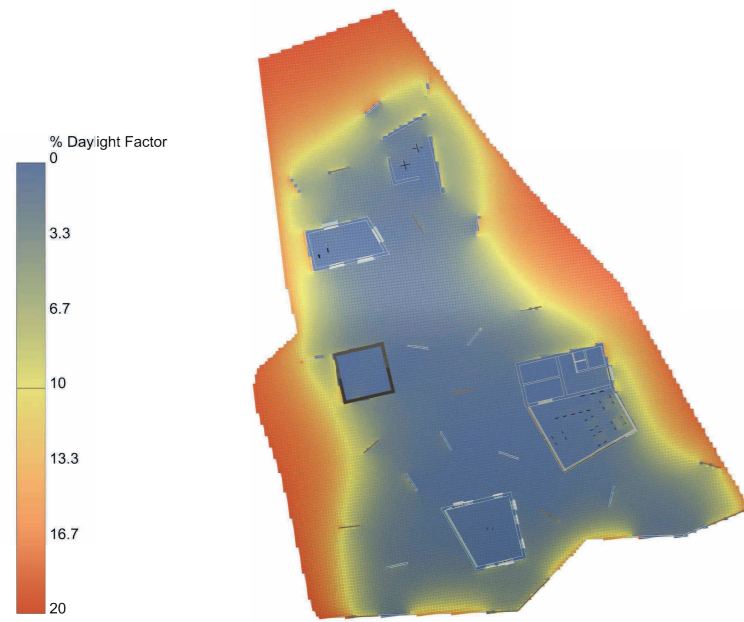
# STUDIO DELLA COPERTURA - FATTORE DI LUCE DIURNA

## SIMULAZIONE 1

- × Patii
- × Aperture zenitali
- × Copertura filtrante
- × Alberi



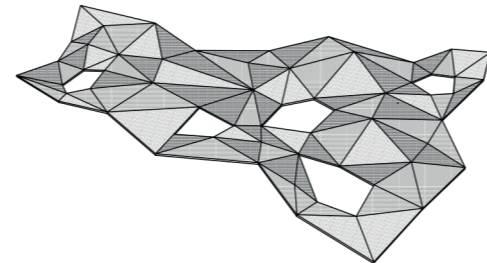
DATI DI SIMULAZIONE - FATTORE DI LUCE DIURNA  
Condizioni del cielo: Cielo coperto



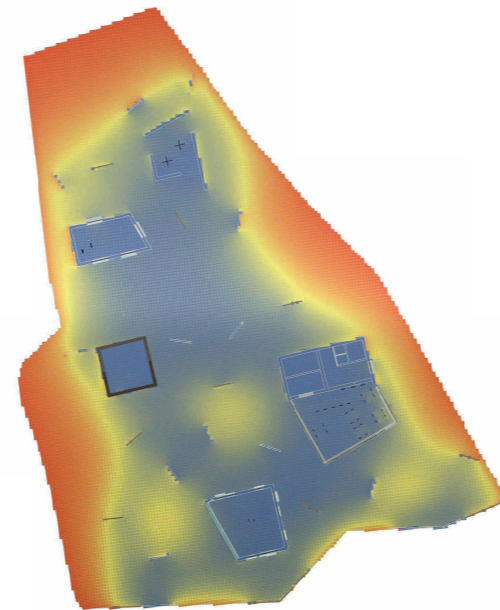
In prima analisi è stata simulata la copertura totalmente opaca, per valutare quanto effettivamente sia il riscontro di mancanza di luce al di sotto della stessa. I risultati ottenuti sono in unità di misura percentuale. Le analisi sono state condotte simulando una situazione di cielo coperto. Non trovandosi il progetto alla latitudine dell'equatore, il sole non risulta essere perfettamente perpendicolare al suolo nemmeno durante le ore centrali: anche in questo caso si osserva quindi la proiezione di un'ombra della copertura spostata in alto a destra. La luce al di sotto della copertura non raggiunge un livello soddisfacente per il corretto svolgimento delle attività degli utenti. Gli ambienti interni risultano rappresentati di colore blu in quanto la scala di riferimento è settata in relazione agli ambienti esterni.

## SIMULAZIONE 2

- ✓ Patii
- × Aperture zenitali
- × Copertura filtrante
- × Alberi



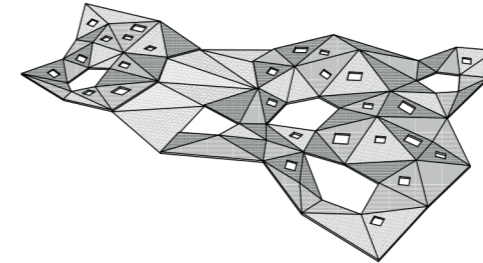
DATI DI SIMULAZIONE - FATTORE DI LUCE DIURNA  
Condizioni del cielo: Cielo coperto



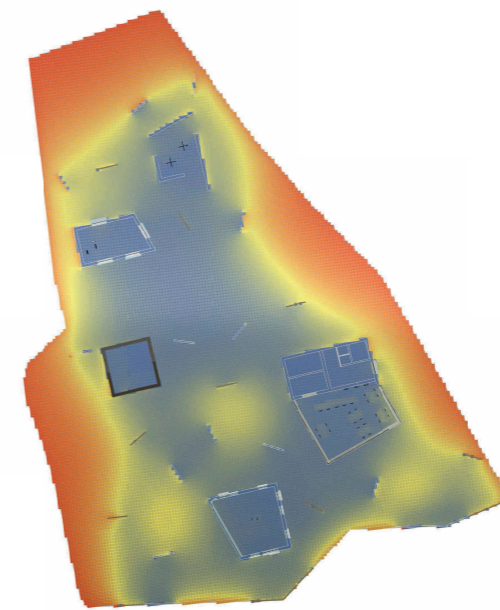
Avendo valutato una mancanza di luce al di sotto della copertura, si analizza il caso in cui sono stati introdotti i patii in prossimità di giardini e spiazzi. Anche in questo caso si conferma la condizione trovata nello studio dell'illuminamento, ossia un'eccessiva disomogeneità nella distribuzione della luce al di sotto della copertura, in quanto in corrispondenza delle aperture si ha una grande concentrazione di essa ed un'eccessivo passaggio dei raggi solari. Dove invece la copertura è rimasta totalmente opaca si nota un inadeguato ombreggiamento. Si evince quindi che l'introduzione di questi fori causa una disomogeneità a livello di distribuzione orizzontale del fattore di luce diurna. Si deve puntualizzare infatti che per una corretta progettazione con la luce naturale, l'FLDm deve essere omogeneo.

## SIMULAZIONE 3

- ✓ Patii
- ✓ Aperture zenitali
- ✓ Copertura filtrante
- × Alberi



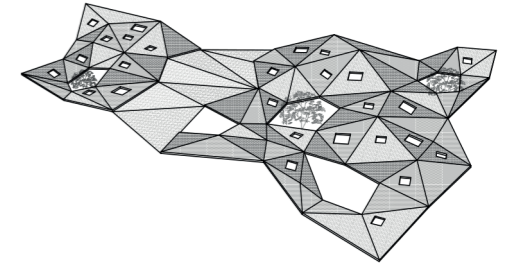
DATI DI SIMULAZIONE - FATTORE DI LUCE DIURNA  
Condizioni del cielo: Cielo coperto



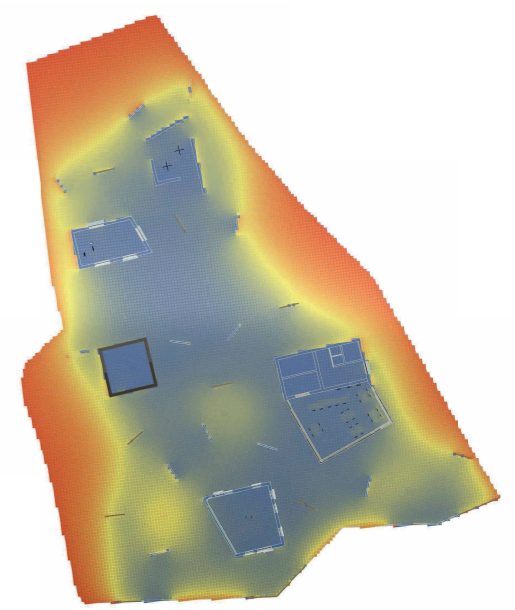
Si analizza il caso della copertura con aggiunta di fori quadrati in due diverse dimensioni. Anche per questa analisi particolare attenzione è stata posta nei confronti della strada carrabile che attraversa il progetto, in corrispondenza della quale è stato inserito in copertura un telo filtrante, che potesse evitare il brusco cambiamento di luminosità, particolarmente dannoso per chi si trova al volante. In questo modo si evita il rischio di incidenti e sbandamenti dei conducenti. Dai risultati ottenuti si nota come il problema della mancanza di luce al di sotto della copertura sia risolto. Nella simulazione sotto riportata si osserva come il fattore di luce diurna medio sia ora meglio uniformemente distribuito sulla superficie di base.

## SIMULAZIONE 4

- ✓ Patii
- ✓ Aperture zenitali
- ✓ Copertura filtrante
- ✓ Alberi



DATI DI SIMULAZIONE - FATTORE DI LUCE DIURNA  
Condizioni del cielo: Cielo coperto



Si vuole analizzare anche in questo caso analizzare la situazione in cui viene aggiunta la vegetazione all'interno dei patii. Gli alberi scelti si identificano nella categoria di piante a fusto alto, caratterizzati da una folta chioma a foglia caduca: in questo modo nei mesi più caldi si offre una schermatura anche per gli edifici posti nelle vicinanze dei patii, nelle stagioni invernali è permesso il passaggio dei raggi solari. Dalle simulazioni condotte salta subito all'occhio come le zone caratterizzate da fattore di luce diurna maggiore del 10% sono limitate mentre si ha una prevalenza di aree a 8% di FLDm distribuito in modo uniforme sulla superficie al di sotto della copertura. Il sistema di vegetazione introdotto migliora di molto le condizioni di comfort visivo al di sotto della grande copertura in legno.

# STUDIO ILLUMINANZA DEGLI AMBIENTI INTERNI - INFOPOINT

21 Giugno



Figura 20\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio infopoint

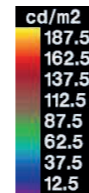
## DATI DI SIMULAZIONE

21 Settembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.



21 Dicembre



Figura 21\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio infopoint

## DATI DI SIMULAZIONE

21 Settembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.

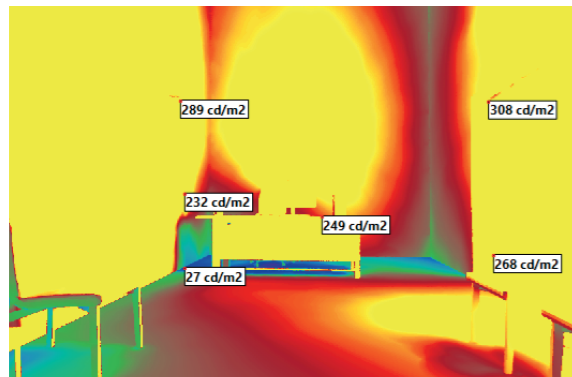
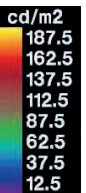


Figura 22\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

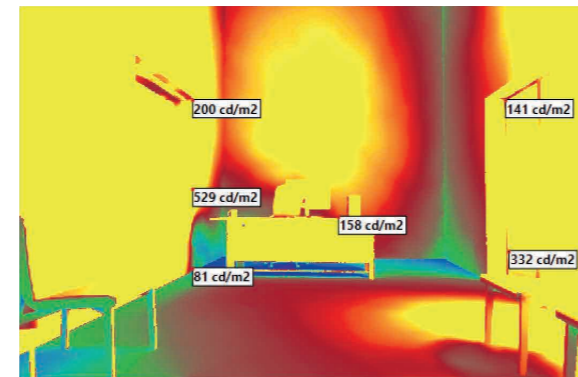


Figura 23\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_l=65\%$

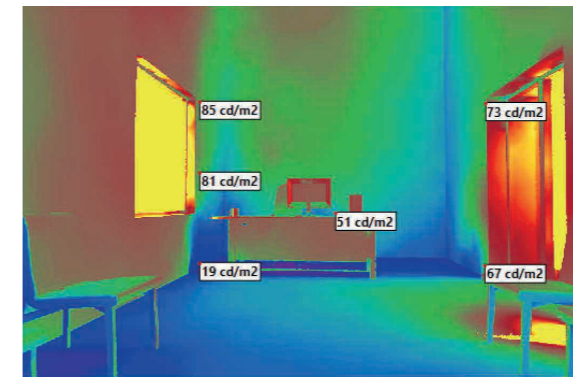


Figura 26\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

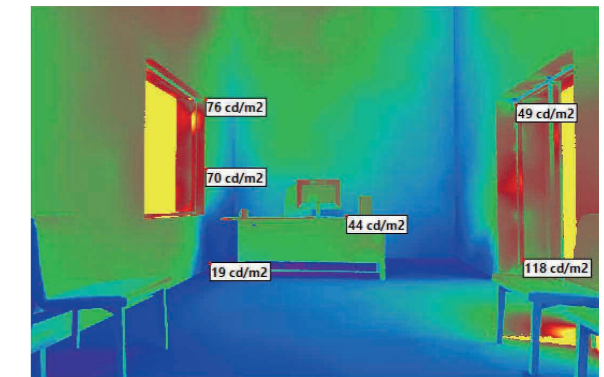


Figura 27\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_l=65\%$

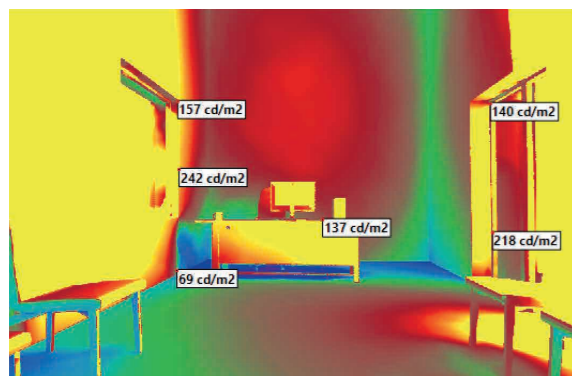


Figura 24\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_l=47\%$

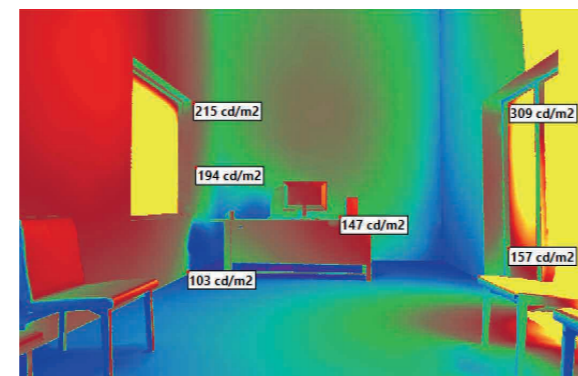


Figura 25\_Presenza di tende oscuranti -  $T_l=20\%$

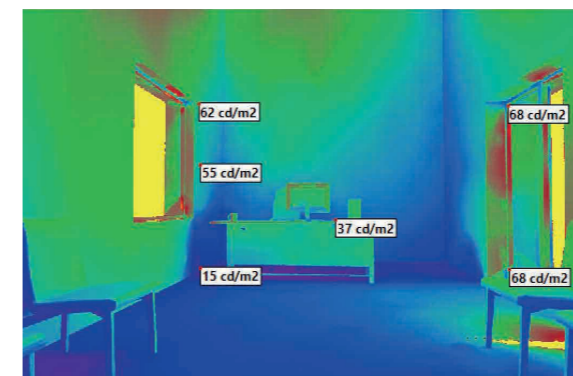


Figura 28\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_l=47\%$

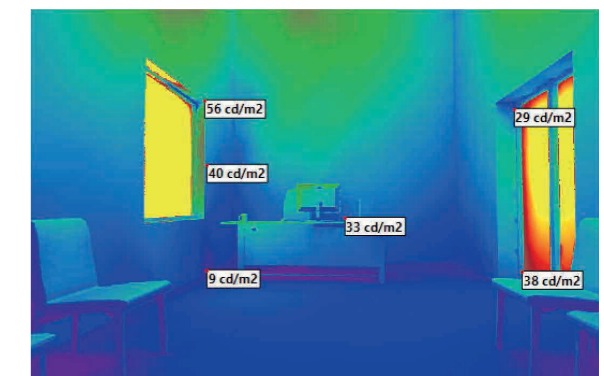


Figura 29\_Presenza di tende oscuranti -  $T_l=20\%$

Sono state effettuate quattro simulazioni andando a cambiare la tipologia di vetro impiegato e l'eventuale schermatura interna. I parametri che sono stati studiati nelle quattro diverse simulazioni sono: vetro singolo non prestazionale  $T_l=88\%$ , vetro doppio basso emissivo  $T_l=65\%$ , vetro triplo con camera contenente gas Krypton  $T_l=47\%$ , presenza di schermatura interna (tende)  $T_l=20\%$ . La situazione illuminotecnica migliore è quella corrispondente alla terza simulazione, ossia quella in cui si utilizza un triplo vetro contenente al suo interno gas Krypton. La presenza di tendaggio opaco interno rende gli ambienti bui e poco confortevoli. Nella prima simulazione con vetro singolo non prestazionale risulta evidente come l'abbagliamento all'interno della stanza sia un fenomeno verificato. Inoltre con quest'ultima soluzione si registrerebbe un surriscaldamento eccessivo dell'ambiente interno. La situazione con vetro doppio basso emissivo avente un parametro di trasmissione luminosa pari al 65% non risulta essere soddisfacente per i medesimi motivi.

Nella situazione invernale l'illuminazione naturale non risulta essere comunque sufficiente al fine di raggiungere un adeguato livello di comfort all'interno degli ambienti di lavoro. L'ambiente in esame infatti risulta classificabile all'interno della tipologia "uffici", in quanto si tratta dello spazio infopoint dove è presente una scrivania e una sala d'aspetto. Si consiglia quindi l'utilizzo di sorgenti di luce artificiale per rendere confortevole il lavoro degli occupanti.

# STUDIO ILLUMINANZA DEGLI AMBIENTI INTERNI - INFOPOINT

21 Giugno

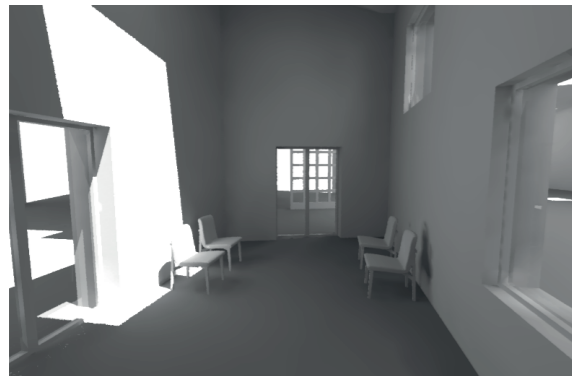


Figura 30\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio infopoint

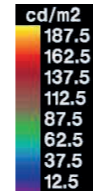
## DATI DI SIMULAZIONE

21 Settembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.



21 Dicembre



Figura 35\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio infopoint

## DATI DI SIMULAZIONE

21 Settembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.

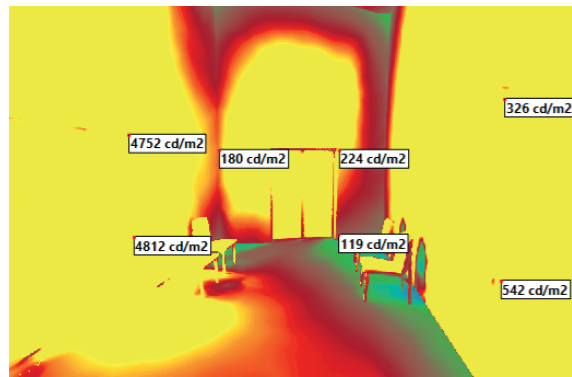
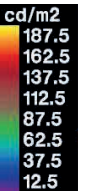


Figura 31\_Vetro singolo -  $T_L=88\%$

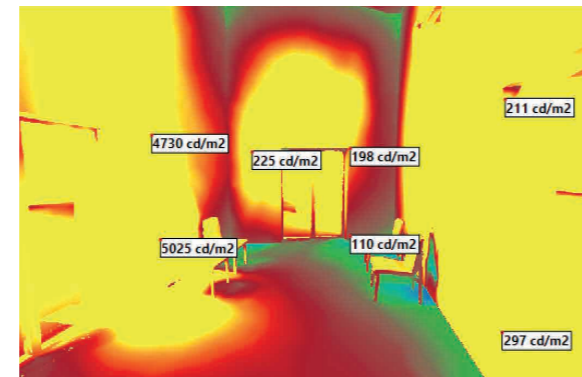


Figura 32\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_L=65\%$

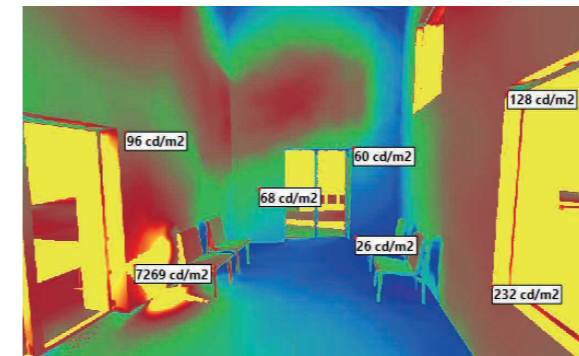


Figura 36\_Vetro singolo -  $T_L=88\%$

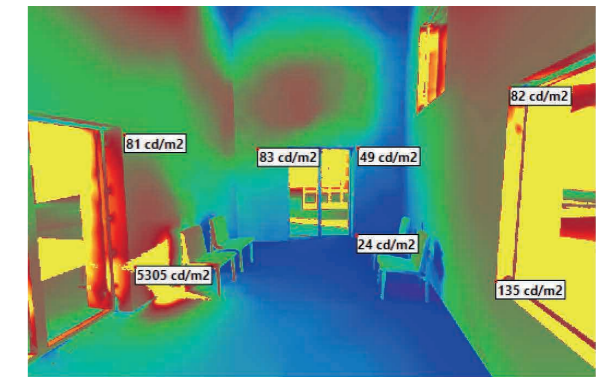


Figura 37\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_L=65\%$

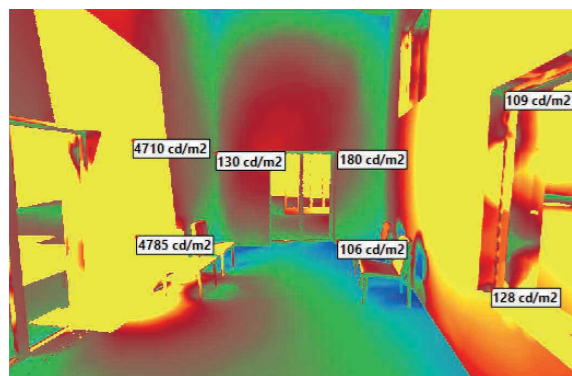


Figura 33\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_L=47\%$

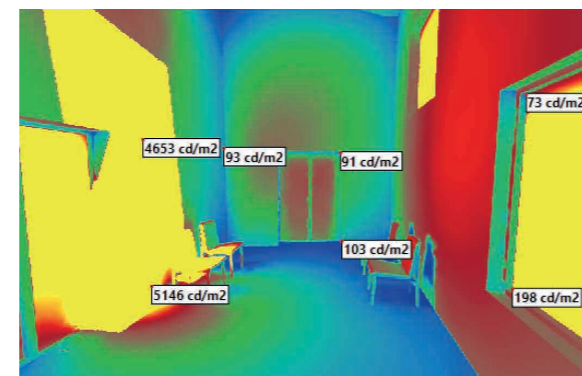


Figura 34\_Presenza di tende oscuranti -  $T_L=20\%$

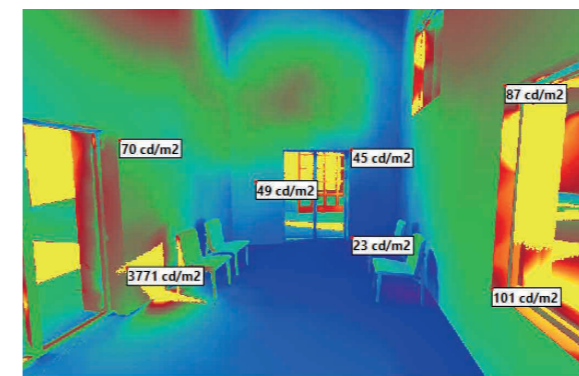


Figura 38\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_L=47\%$

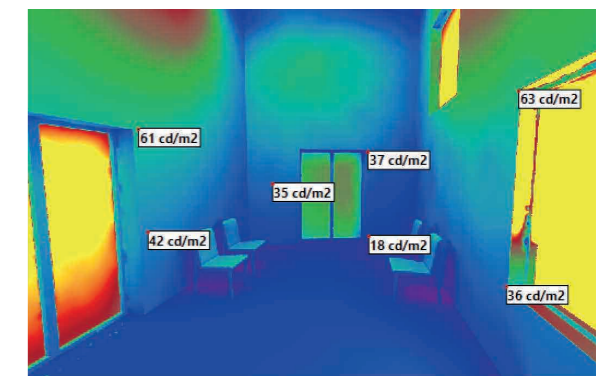


Figura 39\_Presenza di tende oscuranti -  $T_L=20\%$

Si presenta una vista ulteriore dell'ambiente infopoint al fine di fornire una completa analisi illuminotecnica e permettere una migliore comprensione dello spazio interno. Si è sempre proposta la condizione di 21 giugno e 21 dicembre, ossia in corrispondenza dei giorni di solstizio d'estate e d'inverno, in modo tale da proporre una visione durante il periodo caldo e durante i mesi freddi. La condizione migliore risulta dalla terza simulazione, ossia mediante l'utilizzo di triplo vetro contenente al suo interno gas Krypton. La presenza di tendaggio opaco interno rende gli ambienti eccessivamente bui e poco confortevoli. Nella prima simulazione con vetro singolo non prestazionale risulta evidente come l'abbagliamento all'interno della stanza sia fenomeno verificato. Inoltre con quest'ultima soluzione si registrerebbe un surriscaldamento eccessivo dell'ambiente interno. La situazione con vetro doppio basso emissivo avente un parametro di trasmissione luminosa pari al 65% non risulta essere soddisfacente per i medesimi motivi.

Nella situazione invernale l'illuminazione naturale non risulta essere comunque sufficiente al fine di raggiungere un adeguato livello di comfort all'interno degli ambienti di lavoro. L'ambiente in esame infatti risulta classificabile all'interno della tipologia "uffici", in quanto si tratta dello spazio infopoint dove è presente una scrivania e una sala d'aspetto. Si consiglia quindi l'utilizzo di sorgenti di luce artificiale per rendere confortevole il lavoro degli occupanti.



# STUDIO ILLUMINANZA DEGLI AMBIENTI INTERNI - BAR

21 Giugno



Figura 40\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio bar

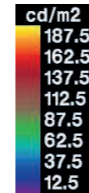
## DATI DI SIMULAZIONE

21 Settembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.



21 Dicembre



Figura 41\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio bar

## DATI DI SIMULAZIONE

21 Dicembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.

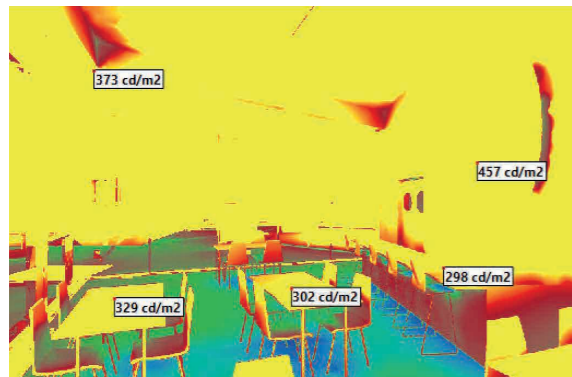
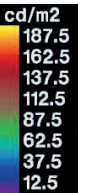


Figura 42\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

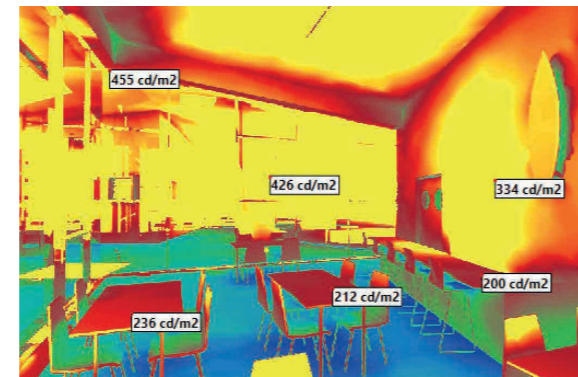


Figura 43\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_l=65\%$

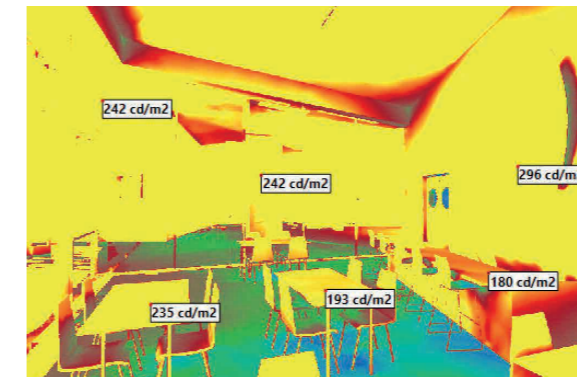


Figura 46\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

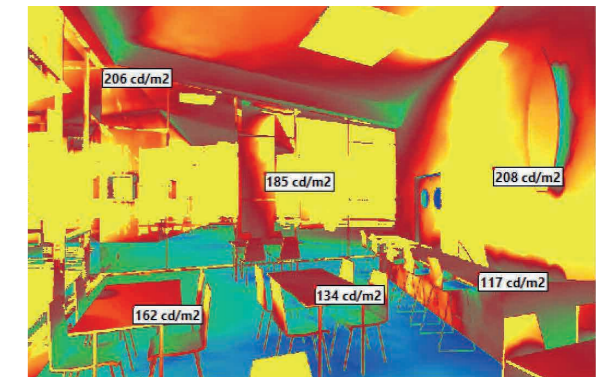


Figura 47\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_l=65\%$

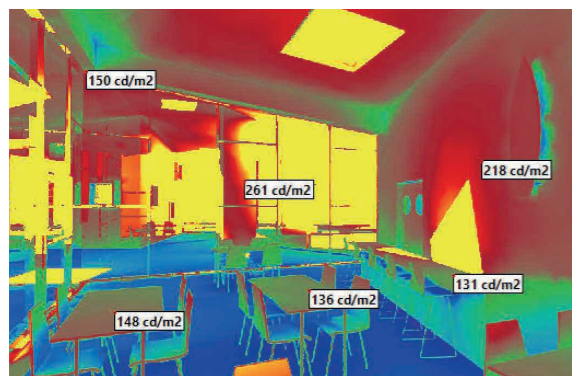


Figura 44\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_l=47\%$

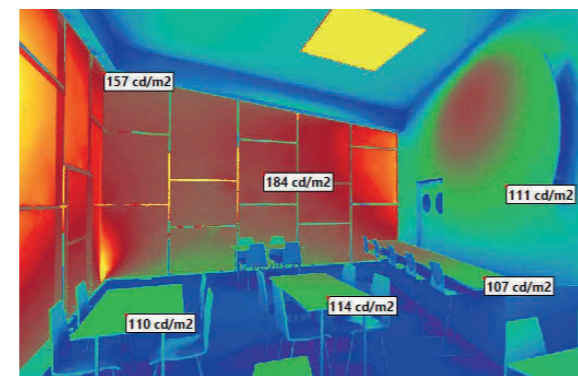


Figura 45\_Presenza di tende oscuranti -  $T_l=20\%$



Figura 48\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_l=47\%$

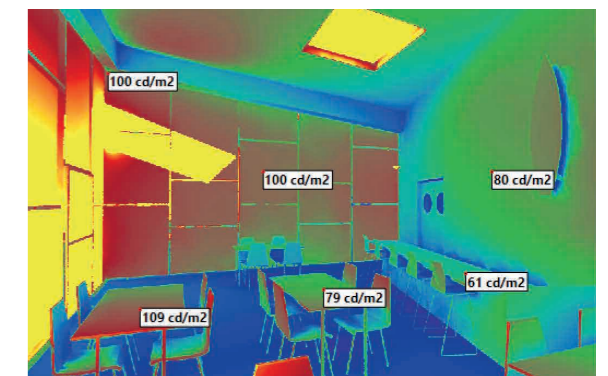


Figura 49\_Presenza di tende oscuranti -  $T_l=20\%$

Sono state effettuate quattro simulazioni andando a cambiare la tipologia di vetro impiegato e l'eventuale schermatura interna. I parametri che sono stati studiati nelle quattro diverse simulazioni sono: vetro singolo non prestazionale  $T_l=88\%$ , vetro doppio basso emissivo  $T_l=65\%$ , vetro triplo con camera contenente gas Krypton  $T_l=47\%$ , presenza di schermatura interna (tende)  $T_l=20\%$ . La situazione illuminotecnica migliore risulta dalla terza simulazione, ossia mediante l'utilizzo di triplo vetro contenente al suo interno gas Krypton. E' consigliato l'uso di schermatura interna mediante tendaggio soltanto nelle ore centrali della giornata, dove potrebbe verificarsi un surriscaldamento interno, mitigato comunque dall'impianto di raffrescamento interno. Nella prima simulazione con vetro singolo non prestazionale risulta evidente come l'abbagliamento all'interno della stanza sia fenomeno verificato. La simulazione con vetro doppio basso emissivo avente un parametro di trasmissione luminosa pari al 65% non è sufficiente per evitare il problema dell'eccessiva luminosità.

Lo spazio adibito a bar presenta ampie vetrate a Sud-Est che permettono il raggiungimento dei valori minimi di illuminamento nei mesi invernali. Infatti nella terza simulazione, in cui è stato utilizzato un triplo vetro con gas Krypton, si nota come la quantità di luce all'interno dell'ambiente è sufficiente allo svolgimento delle funzioni.

# STUDIO ILLUMINANZA DEGLI AMBIENTI INTERNI - BAR

21 Giugno



Figura 50\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio bar

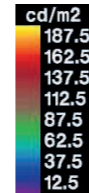
## DATI DI SIMULAZIONE

21 Settembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.



21 Dicembre



Figura 51\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio bar

## DATI DI SIMULAZIONE

21 Dicembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.

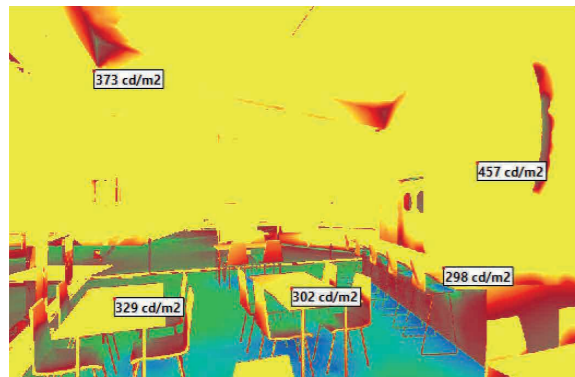
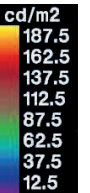


Figura 52\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

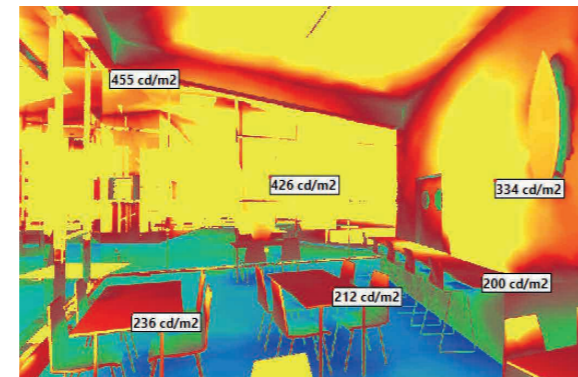


Figura 53\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_l=65\%$

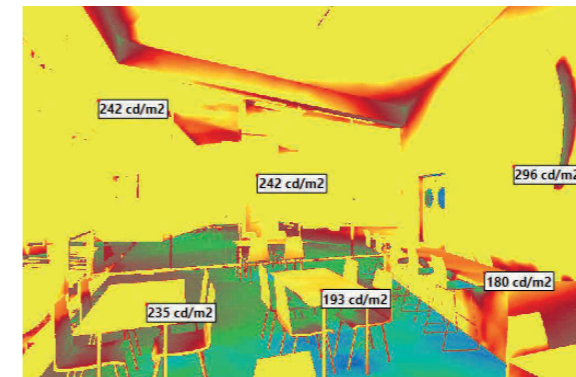


Figura 56\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

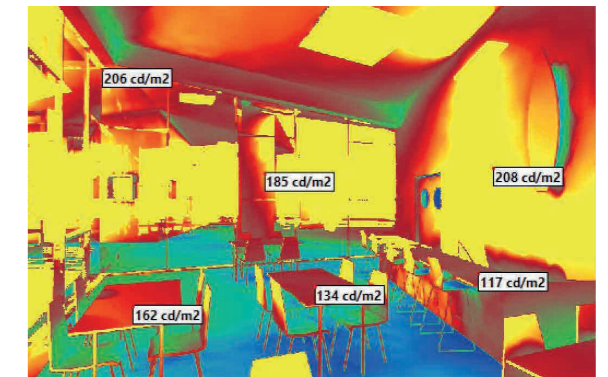


Figura 57\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_l=65\%$

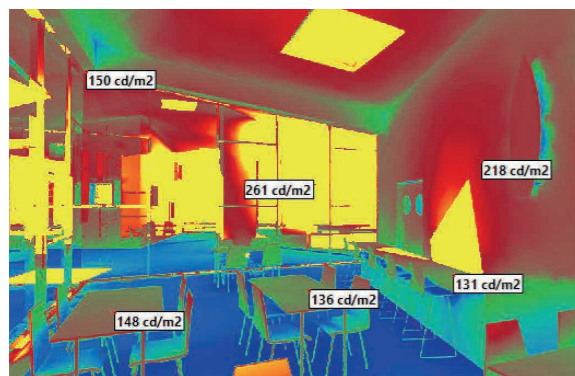


Figura 54\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_l=47\%$

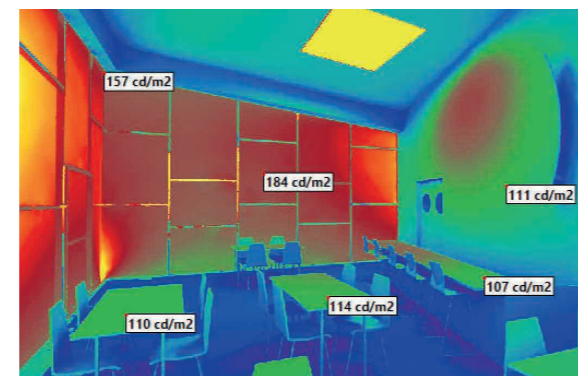


Figura 55\_Presenza di tende oscuranti -  $T_l=20\%$

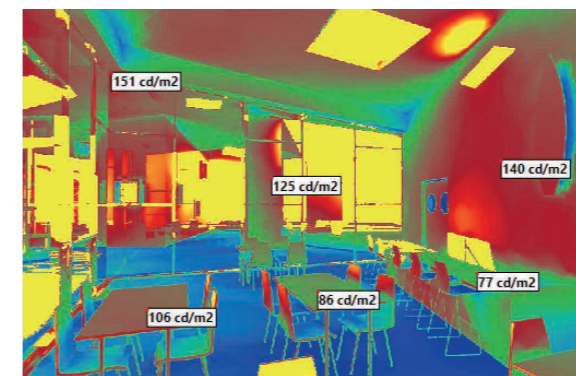


Figura 58\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_l=47\%$

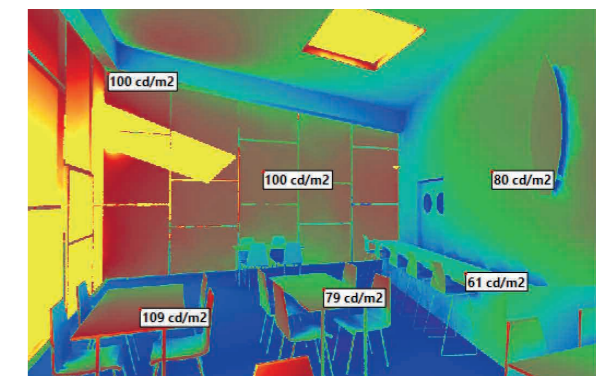


Figura 59\_Presenza di tende oscuranti -  $T_l=20\%$

Si presenta una vista ulteriore dell'ambiente bar al fine di fornire una completa analisi illuminotecnica e permettere una migliore comprensione dello spazio interno. Si è sempre proposta la condizione di 21 giugno e 21 dicembre, ossia in corrispondenza dei giorni di solstizio d'estate e d'inverno, in modo tale da proporre una visione durante il periodo caldo e durante i mesi freddi. La situazione illuminotecnica migliore risulta dalla terza simulazione, ossia mediante l'utilizzo di triplo vetro contenente al suo interno gas Krypton. E' consigliato l'uso di schermatura interna mediante tendaggio soltanto nelle ore centrali della giornata, dove potrebbe verificarsi un surriscaldamento interno, mitigato comunque dall'impianto di raffrescamento interno. Nella prima simulazione con vetro singolo non prestazionale risulta evidente come l'abbagliamento all'interno della stanza sia fenomeno verificato. La simulazione con vetro doppio basso emissivo avente un parametro di trasmissione luminosa pari al 65% non è sufficiente per evitare il problema dell'eccessiva luminosità.

Lo spazio adibito a bar presenta ampie vetrate a Sud-Est che permettono il raggiungimento dei valori minimi di illuminamento nei mesi invernali. Infatti nella terza simulazione, in cui è stato utilizzato un triplo vetro con gas Krypton, si nota come la quantità di luce all'interno dell'ambiente è sufficiente allo svolgimento delle funzioni. Durante i mesi freddi, dunque, non è necessario l'utilizzo di tendaggio interno.

# STUDIO ILLUMINANZA DEGLI AMBIENTI INTERNI - SALA YOGA

21 Giugno

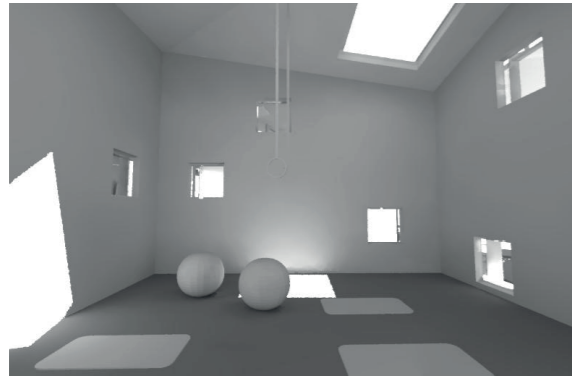


Figura 60\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio sala Yoga

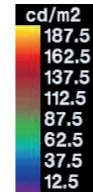
## DATI DI SIMULAZIONE

21 Settembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.



21 Dicembre

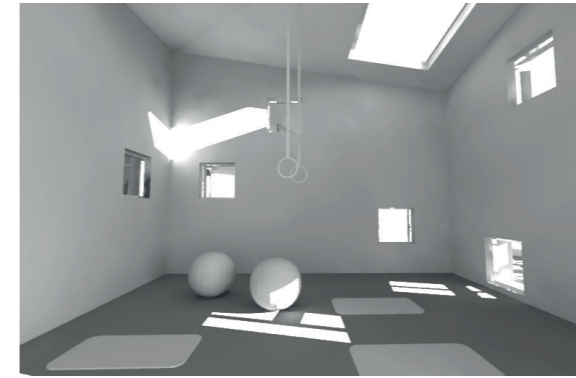


Figura 61\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio sala Yoga

## DATI DI SIMULAZIONE

21 Dicembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.

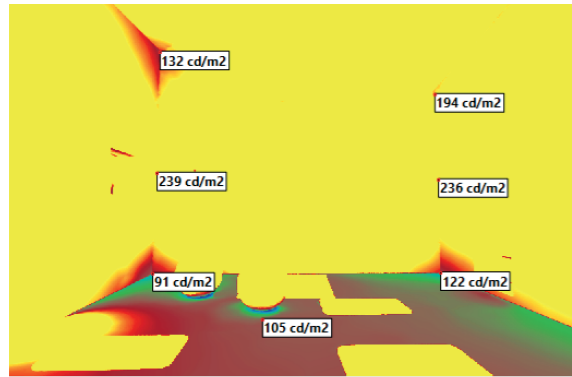
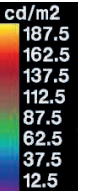


Figura 62\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

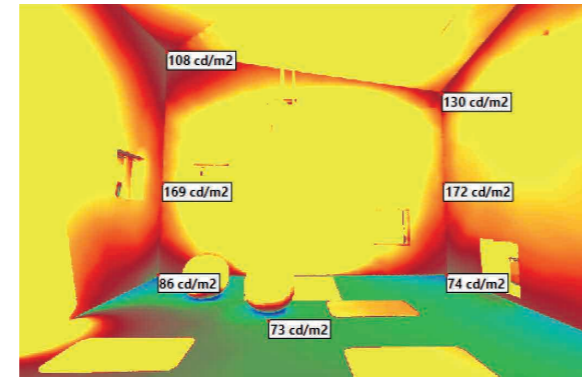


Figura 63\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_l=65\%$

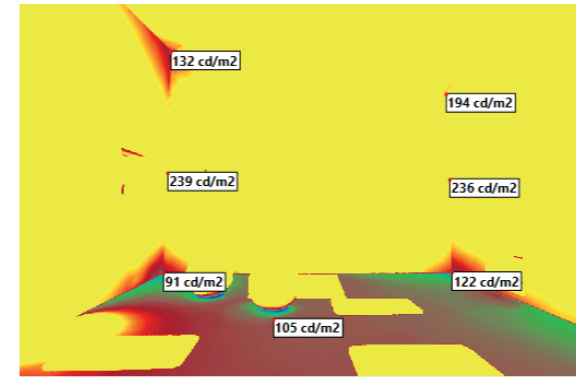


Figura 66\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

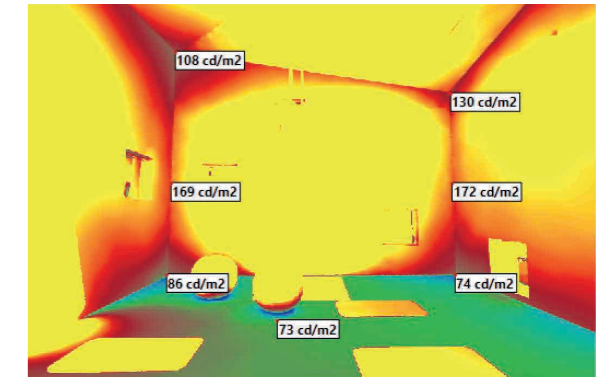


Figura 67\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_l=65\%$

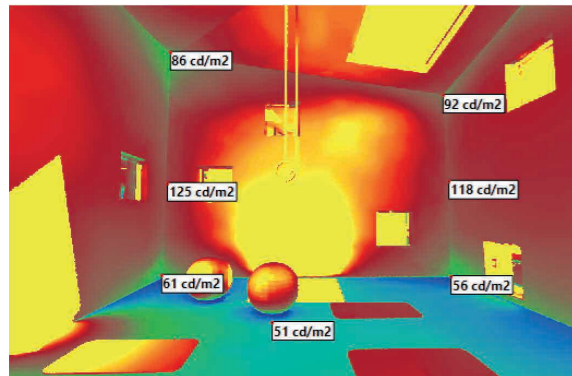


Figura 64\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_l=47\%$

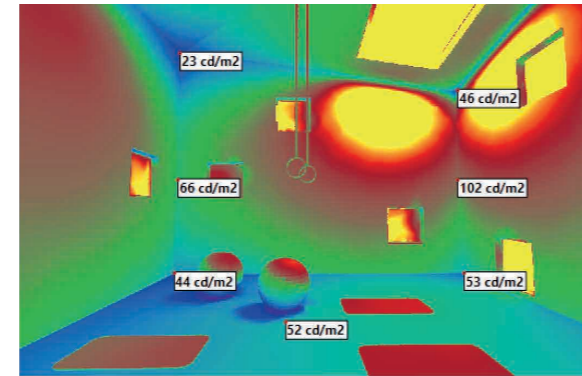


Figura 65\_Presenza di tende oscuranti -  $T_l=20\%$

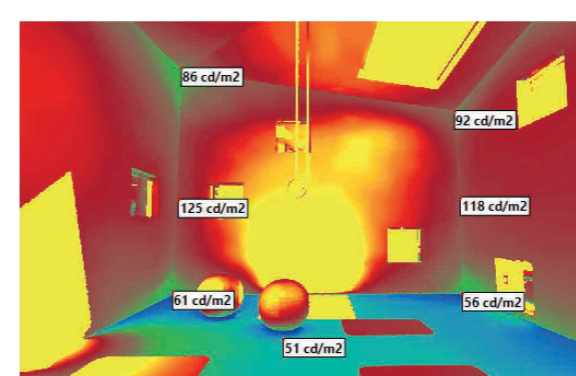


Figura 68\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_l=47\%$

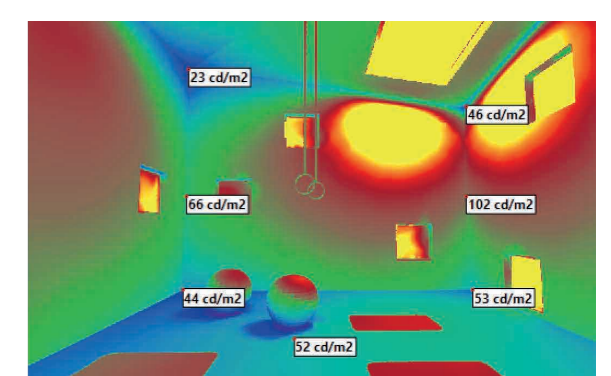


Figura 69\_Presenza di tende oscuranti -  $T_l=20\%$

Sono state effettuate quattro simulazioni andando a cambiare la tipologia di vetro impiegato e l'eventuale schermatura interna. I parametri che sono stati studiati nelle quattro diverse simulazioni sono: vetro singolo non prestazionale  $T_l=88\%$ , vetro doppio basso emissivo  $T_l=65\%$ , vetro triplo con camera contenente gas Krypton  $T_l=47\%$ , presenza di schermatura interna (tende)  $T_l=20\%$ . La situazione illuminotecnica migliore risulta dalla terza simulazione, ossia mediante l'utilizzo di triplo vetro contenente al suo interno gas Krypton. È consigliato l'uso di schermatura interna mediante tendaggio soltanto nelle ore centrali della giornata, dove potrebbe verificarsi un surriscaldamento interno, mitigato comunque dall'impianto di raffrescamento interno. Data la destinazione d'uso dell'ambiente, adibito a ginnastica del corpo, è consigliata un'attenta programmazione dei ricicli d'aria e di ventilazione naturale.

Avendo lo spazio esaminato un'ampia vetrata sul giardino delle essenze, durante la stagione estiva non vengono riscontrati problemi di mancanza di luce. Nelle ore serali, durante le quali possono svolgersi i corsi di yoga e meditazione è opportuno prevedere l'utilizzo di un sistema di illuminazione artificiale.

# STUDIO ILLUMINANZA DEGLI AMBIENTI INTERNI - SALA YOGA

21 Giugno



Figura 70\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio sala Yoga

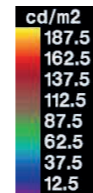
## DATI DI SIMULAZIONE

21 Settembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.



21 Dicembre



Figura 71\_Visualizzazione dell'apporto di luce all'interno dello spazio sala Yoga

## DATI DI SIMULAZIONE

21 Dicembre

Ore 12:00

Cielo sereno con sole

L'analisi è stata condotta andando ad implementare le proprietà del vetro e in ultima istanza ponendo una schermatura interna.

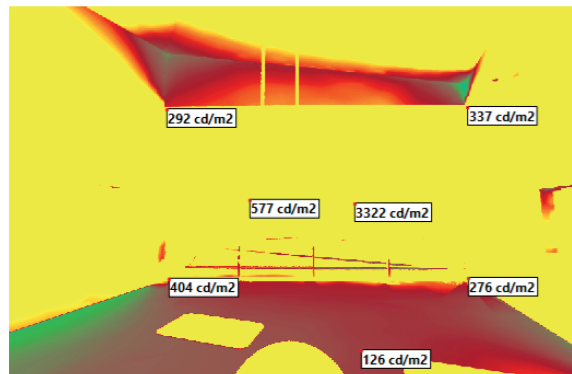
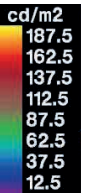


Figura 72\_Vetro singolo -  $T_c=88\%$

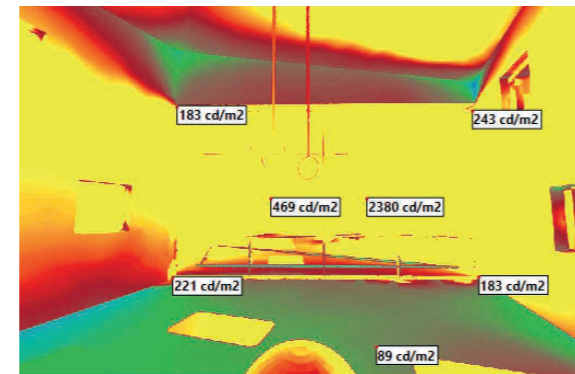


Figura 73\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_c=65\%$

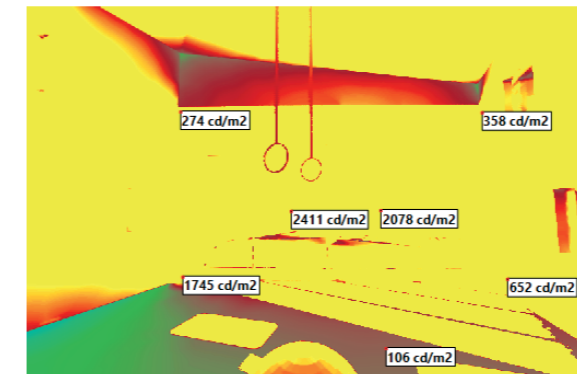


Figura 76\_Vetro singolo -  $T_c=88\%$

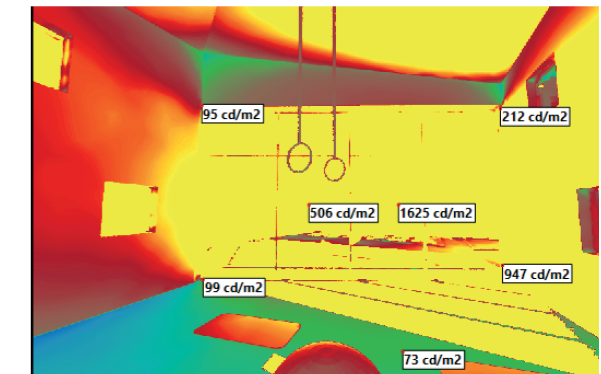


Figura 77\_Vetro doppio basso emissivo -  $T_c=65\%$

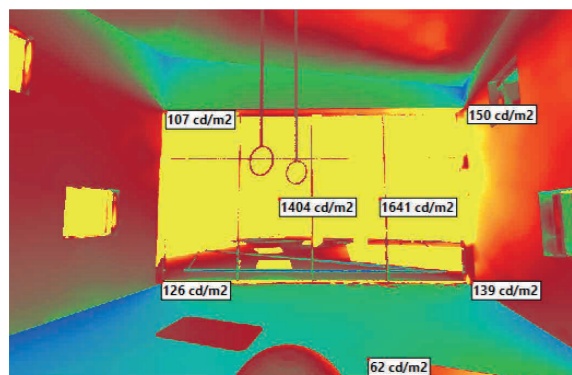


Figura 74\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_c=47\%$

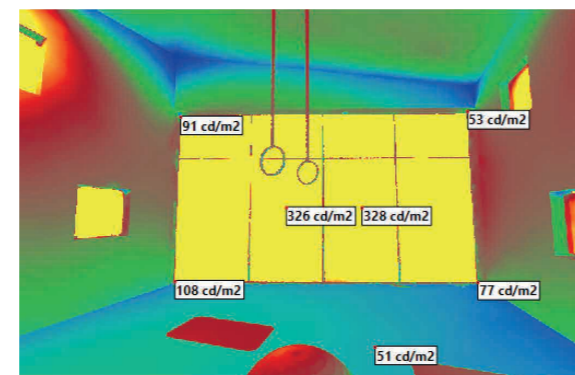


Figura 75\_Presenza di tende oscuranti -  $T_c=20\%$

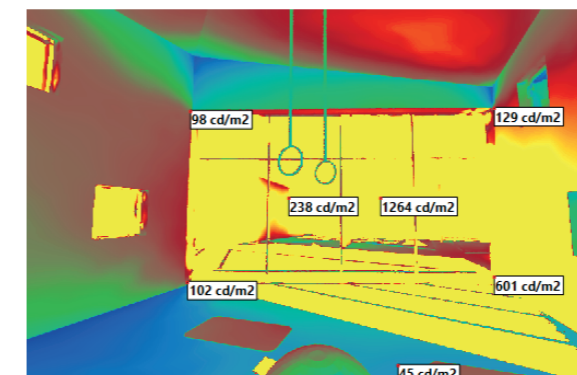


Figura 78\_Vetro triplo prestazionale con Krypton -  $T_c=47\%$

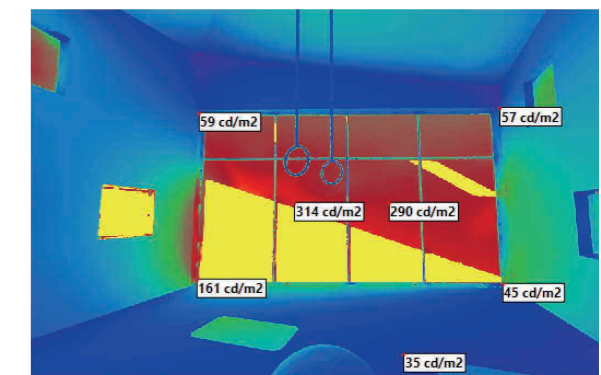


Figura 79\_Presenza di tende oscuranti -  $T_c=20\%$

Si presenta una vista ulteriore dell'ambiente bar al fine di fornire una completa analisi illuminotecnica e permettere una migliore comprensione dello spazio interno. Si è sempre proposta la condizione di 21 giugno e 21 dicembre, ossia in corrispondenza dei giorni di solstizio d'estate e d'inverno, in modo tale da proporre una visione durante il periodo caldo e durante i mesi freddi. La situazione illuminotecnica migliore risulta dalla terza simulazione, ossia mediante l'utilizzo di triplo vetro contenente al suo interno gas Krypton. E' consigliato l'uso di schermatura interna mediante tendaggio soltanto nelle ore centrali della giornata per la vetrata sul giardino delle essenze. Infatti in corrispondenza di essa potrebbe verificarsi un surriscaldamento interno, mitigato comunque dall'impianto di raffrescamento interno. Data la destinazione d'uso dell'ambiente, adibito a ginnastica del corpo, è consigliata un'attenta programmazione dei ricicli d'aria e di ventilazione naturale.

Avendo lo spazio esaminato un'ampia vetrata sul giardino delle essenze, durante la stagione estiva non vengono riscontrati problemi di mancanza di luce. Nelle ore serali, durante le quali possono svolgersi i corsi di yoga e meditazione è opportuno prevedere l'utilizzo di un sistema di illuminazione artificiale.

# AMBIENTI INTERNI - FATTORE DI LUCE DIURNA (FLD)

## BAR

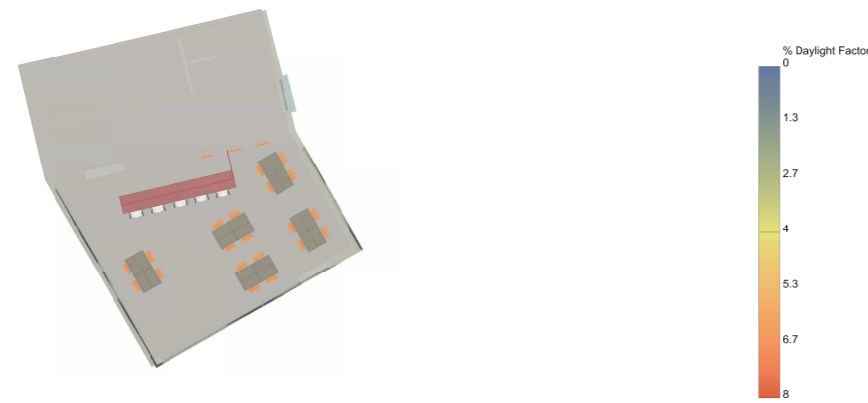


Figura 80\_Renderizzazione dello spazio Bar

## INFOPOINT

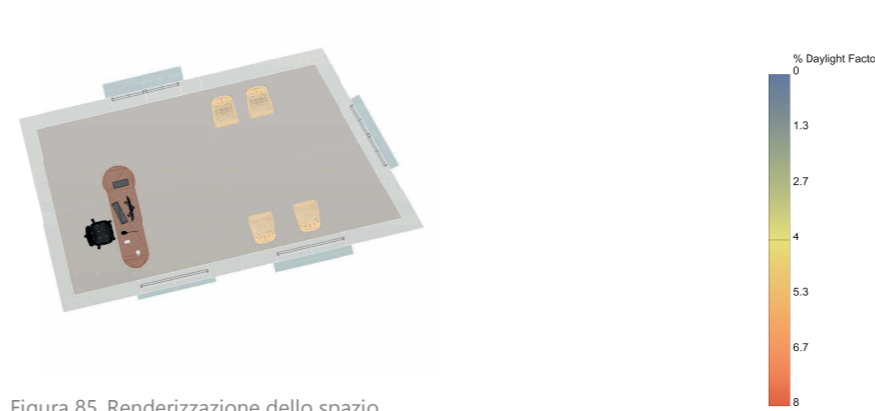


Figura 85\_Renderizzazione dello spazio Infopoint

## SALA YOGA

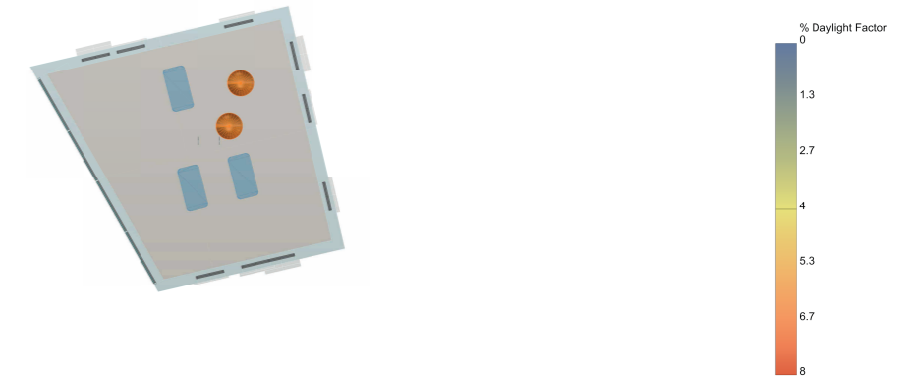


Figura 90\_Renderizzazione dello spazio sala Yoga

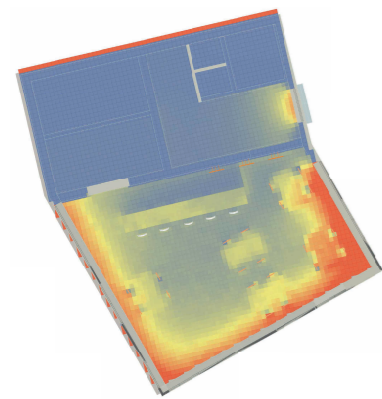


Figura 81\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

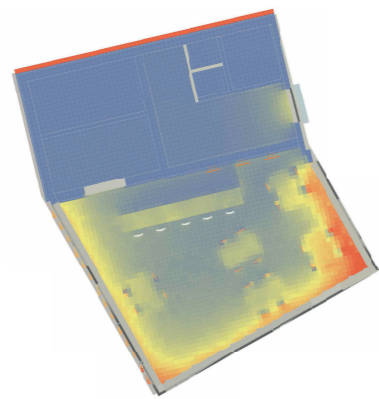


Figura 82\_Vetro doppio -  $T_l=65\%$

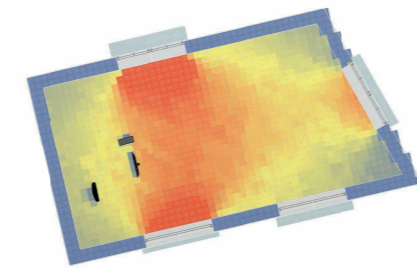


Figura 86\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

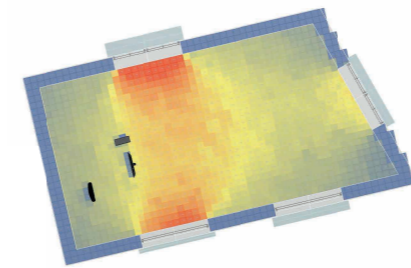


Figura 87\_Vetro doppio -  $T_l=65\%$

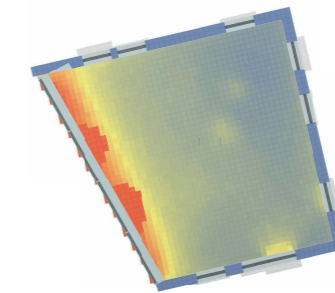


Figura 91\_Vetro singolo -  $T_l=88\%$

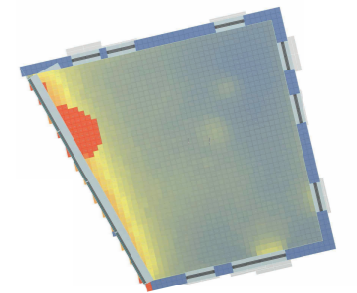


Figura 92\_Vetro doppio -  $T_l=65\%$

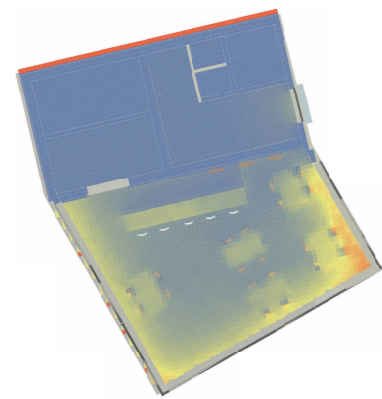


Figura 83\_Vetro triplo con Krypton -  $T_l=47\%$

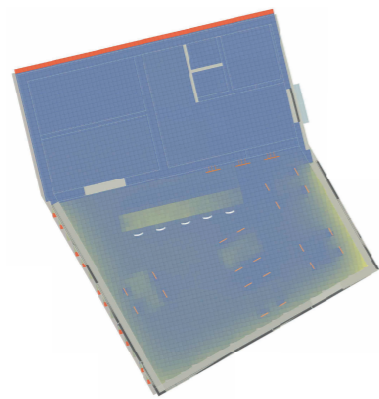


Figura 84\_Tende oscuranti -  $T_l=20\%$

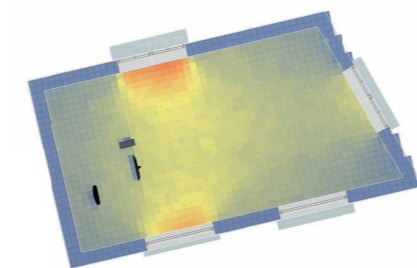


Figura 88\_Vetro triplo con Krypton -  $T_l=47\%$

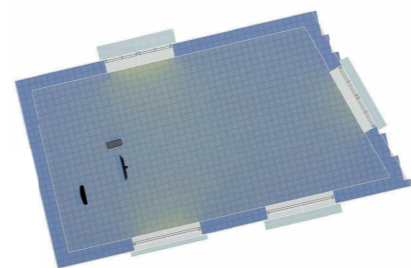


Figura 89\_Tende oscuranti -  $T_l=20\%$

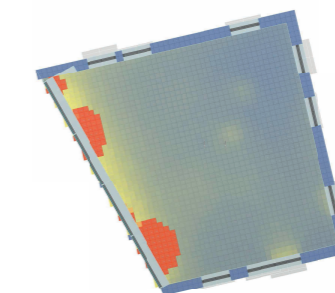


Figura 93\_Vetro triplo con Krypton -  $T_l=47\%$

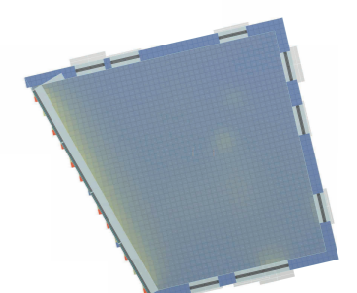


Figura 94\_Tende oscuranti -  $T_l=20\%$

Sono state effettuate quattro simulazioni cambiando la tipologia di vetro impiegato e l'eventuale schermatura interna. I parametri studiati nelle diverse simulazioni sono: vetro singolo non prestazionale  $T_l=88\%$ , vetro doppio basso emissivo  $T_l=65\%$ , vetro triplo con camera contenente gas Krypton  $T_l=47\%$ , presenza di schermatura interna (tende)  $T_l=20\%$ . La simulazione che vede impiegato un triplo vetro prestazionale contenente gas Krypton risulta essere la più confortevole, in quanto si può notare una distribuzione uniforme di FLDm sulla superficie orizzontale.

Dalle simulazioni condotte si nota come l'utilizzo di vetro singolo fornisca una situazione di eccessiva illuminazione interna che può provocare fenomeni di abbagliamento. La situazione più confortevole risulta essere la terza, che vede l'impiego di tripli vetri prestazionali le cui proprietà sono implementate dalla presenza di gas Krypton al suo interno. Inoltre all'interno dello spazio infopoint si conducono attività d'ufficio e si nota come il posizionamento del tavolo di lavoro sia corretto in quanto riceve luce da destra e sinistra in modo uniforme.

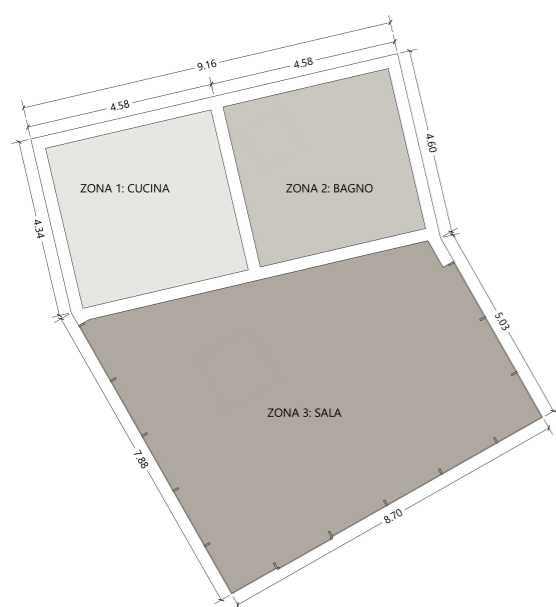
Per quanto riguarda la palestra di yoga si nota come sia fondamentale la presenza di illuminazione zenitale al fine di permettere l'omogeneizzazione del fattore di luce diurna calcolato sul piano orizzontale. Nonostante l'impiego di lucernari e finestre quadrate sulle tre pareti verticali, si nota come la vetrata posta in corrispondenza del giardino delle essenze provoca un eccessivo ingresso di radiazione solare all'interno della sala. Si consiglia quindi l'utilizzo di una schermatura interna in tende.



# ANALISI ENERGETICA MEDIANTE IL SOFTWARE TRNSYS

## ANALISI DELL'EDIFICIO BAR E DIVISIONE IN ZONE TERMICHE

Il progetto di tesi è stato analizzato anche dal punto di vista energetico. La verifica energetica si basa sulla costruzione di un modello virtuale che possa rappresentare l'edificio reale nel modo più fedele possibile. Per estrapolare i dati energetici si è utilizzato Trnsys, un software che permette di simulare il comportamento dell'edificio in relazione all'ambiente esterno, sia in regime statico che in regime dinamico. La modellazione deve suddividere l'edificio in differenti zone climatiche che si contraddistinguono per il fatto che sono costituite da ambienti con proprietà termiche e di comfort identiche tra di loro. Date le caratteristiche degli edifici di progetto si è deciso di studiare soltanto quello ospitante il bar, volume più completo e più critico per quanto riguarda l'esposizione. Inoltre esso presenta all'interno degli ambienti con connotati differenti. In particolare per procedere con le simulazioni si è diviso l'edificio Bar in tre distinte zone termiche rappresentate al di sotto.



### LEGENDA

ZONA 1: CUCINA

Superficie 21,02 m<sup>2</sup>

Altezza interna 4,2-6 m

ZONA 2: BAGNO

Superficie: 21,02 m<sup>2</sup>

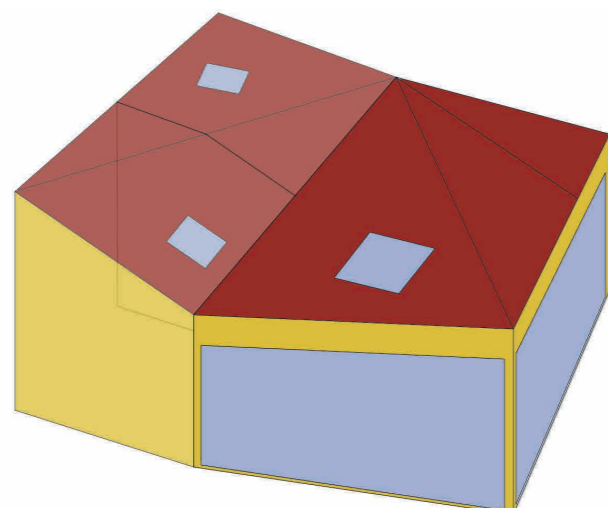
Altezza interna 5-5,6 m

ZONA 3: SALA

Superficie: 53,46 m<sup>2</sup>

Altezza interna 4-5 m.

Tra le zone componenti l'edificio la più critica è quella della sala. Essa ha un volume di 252,06 m<sup>3</sup> ed è composta da chiusure quasi completamente vetrate e da una partizione verticale che funge da separazione con le zone 1 e 3. La copertura è caratterizzata da tre falde di inclinazione differente, una delle quali ospita un grande lucernario vetrato. Per quanto riguarda gli apporti interni si prevede la presenza di luce artificiale solo per le ore serali mentre per l'affollamento si stima la presenza contemporanea di 10 persone all'interno del locale.



## ANALISI DI DIFFERENTI PACCHETTI TECNOLOGICI

Per condurre un'analisi completa dell'edificio analizzato si è ritenuto necessario considerare più pacchetti tecnologici per vedere come materiali diversi influiscano sul cambiamento del comportamento energetico dell'edificio. Si sono analizzate la tecnologia reale utilizzata nel progetto, con struttura portante in Cross-Lam ed una più massiva con strato portante in calcestruzzo. I pacchetti tecnologici considerati sono i seguenti:

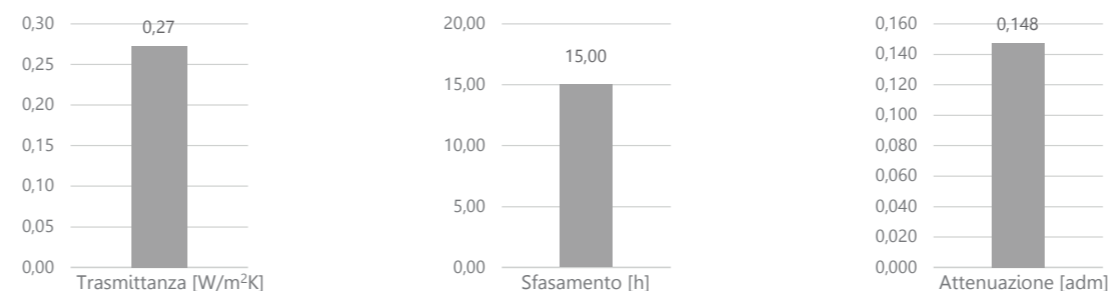
Chiusura orizzontale C.O. 01: solaio controterra isolato.

Chiusura orizzontale C.O. 02 - C.O. 02 A: copertura verde isolata.

Chiusura verticale C.V. 01: parete perimetrale isolata.

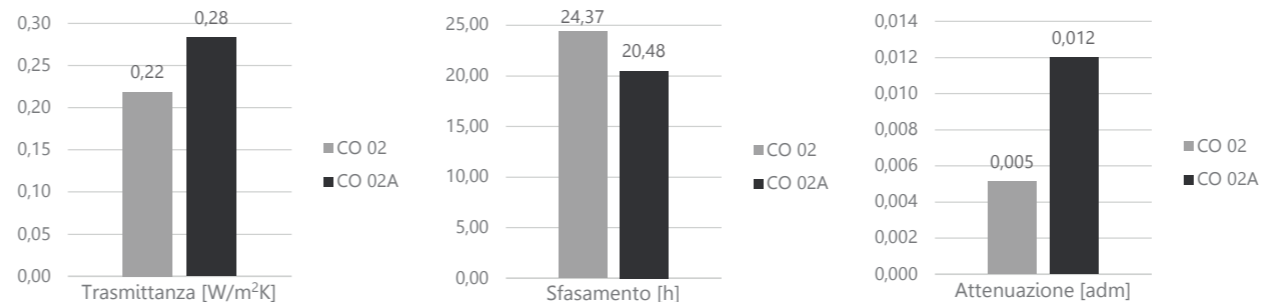
Partizione verticale P.V. 01: parete divisoria semplice isolata acusticamente.

C.O.01 (Uguale in entrambi i casi)



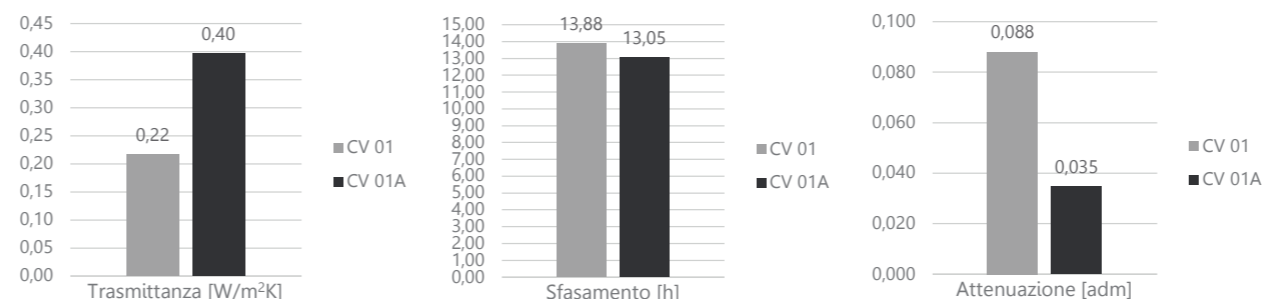
La chiusura controterra è invariata per entrambe le tecnologie analizzate in quanto lo strato portante è sempre in calcestruzzo, dunque ci si limita a commentare i parametri. Il valore di trasmittanza è ottimo poiché pari a 0,27 W/m<sup>2</sup>K. Anche quello dello sfasamento termico essendo pari a 15h è ampiamente verificato rispetto ai requisiti forniti dalla normativa. Infine anche il fattore di attenuazione pari a 0,148 indica un valore prestazionale del pacchetto tecnologico utilizzato.

C.O.02 (Cross-Lam)-C.O.02A (CLS)



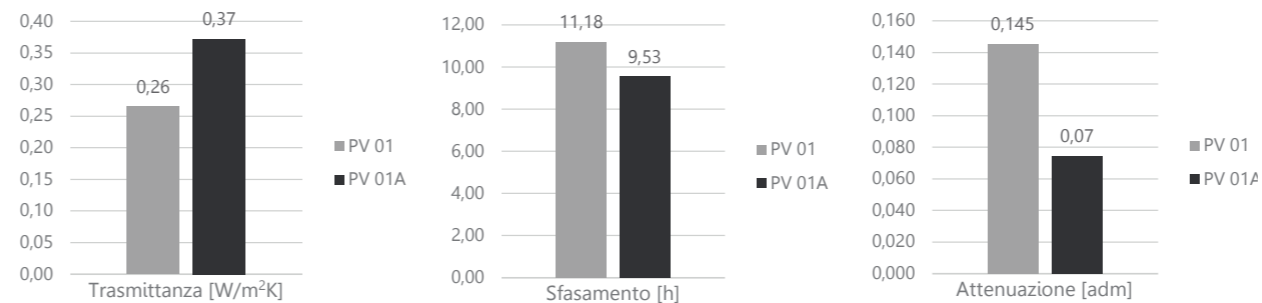
La chiusura orizzontale con struttura portante in Cross-Lam è più prestazionale dal punto di vista della trasmittanza. Infatti il valore si riduce passando da 0,28 W/m<sup>2</sup>K a 0,22 W/m<sup>2</sup>K. Inoltre il suddetto pacchetto tecnologico risulta essere migliore per via di uno sfasamento maggiore. Ciò nonostante anche l'altra tecnologia analizzata per la copertura ha un ottimo sfasamento, in quanto supera di gran lunga le 12 ore previste da normativa. Anche in riferimento al fattore di attenuazione la copertura in legno offre migliori prestazioni.

C.V.01 (Cross-Lam)-C.V.02 (CLS)



La chiusura in Cross-Lam è più isolata rispetto a quella in calcestruzzo poiché il valore della trasmittanza si riduce da 0,40 W/m<sup>2</sup>K a 0,22 W/m<sup>2</sup>K. Lo sfasamento termico è ottimale per entrambi i pacchetti analizzati poiché supera le 12 ore richieste da norma. Relativamente al fattore di attenuazione, il minore è quello riferito alla parete perimetrale con struttura portante in calcestruzzo, ma entrambi i fattori sono ottimi. Di conseguenza scegliere l'una o l'altra tecnologia non comporterà una minore qualità dell'edificio.

P.V.01 (Cross-Lam)-P.V.02 (CLS)



Il valore di trasmittanza della parete divisoria in Cross-Lam è di poco inferiore rispetto all'altra. Tuttavia trattandosi di una parete divisoria l'isolamento termico non ha una fondamentale importanza per la scelta della tecnologia. Anche lo sfasamento termico, nonostante sia superiore per la parete in Cross-Lam non influisce sulle prestazioni dell'involucro. Il fattore di attenuazione è migliore invece per la partizione in calcestruzzo assumendo un valore di 0,07 contro lo 0,15 proprio del pacchetto in Cross-Lam.

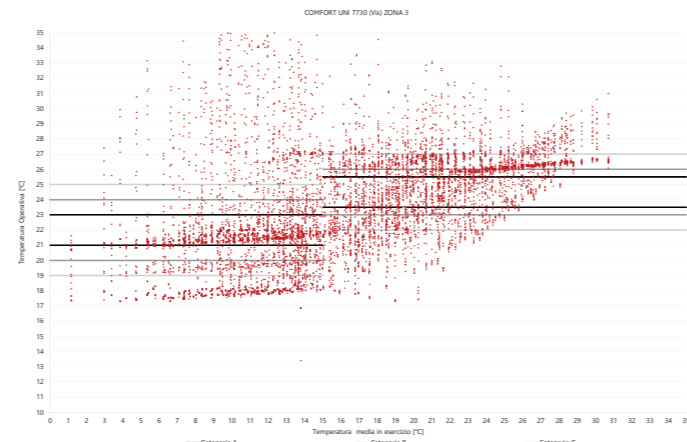
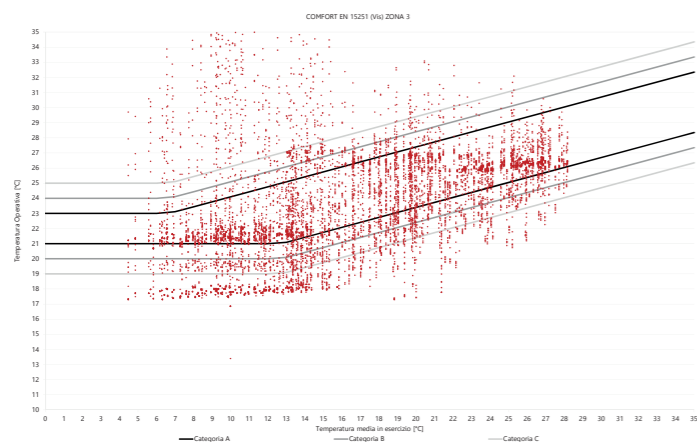
## COMFORT E CONSUMI

### COMFORT

Si presentano i grafici relativi al comfort in riferimento al livello di ottimizzazione raggiunto, tralasciando gli step intermedi che hanno consentito di spingersi al traguardo prefissato. A destra si riportano le condizioni al contorno assegnate al modello tridimensionale per ottenere i risultati. È importante sottolineare che si è dovuto modificare il progetto architettonico per avere un buon livello di comfort all'interno dell'edificio. In particolare i cambiamenti effettuati hanno coinvolto la scelta dei serramenti apribili per sfruttare la ventilazione naturale, il tipo di impianti da installare e l'aggiunta di un sistema di schermatura interno per oscurare i vetri direttamente esposti ai raggi solari.

PERIODO DELL'ANNO	CARATTERISTICHE DEL MODELLO OTTIMIZZATO									
	VENTILAZIONE MECCANICA		SISTEMA DI SCHERMATURA DEI VETRI			IMPIANTO DI RISCALDAMENTO		IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO		
	Valore di ventilazione [1/h]	Orari di attivazione	Quantità di schermatura [%]	Soglia di attivazione		Valore scelto	Orari di attivazione	Valore scelto	Orari di attivazione	
Gennaio	0,5	00:00-08:00	30% - 75%*	00:00-24:00	100	Off	00:00-6:00	Off	00:00-09:00	
Febbraio	1	08:00-18:00				On	06:00-11:30	On*	10:00-20:00	
Novembre	0,5	18:00-24:00				Off	11:30-14:00	Off	20:00-24:00	
Dicembre			*Lucernari			On	14:00-24:00		*1-15 Novembre	
Marzo	0,5	00:00-08:00	0%	00:00-12:00	100	Off	00:00-6:00	Off	00:00-09:00	
Ottobre	1,5	08:00-18:00	60%	12:00-14:00	100	On	06:00-11:30	On	10:00-20:00	
	0,5	18:00-24:00	0%	14:00-24:00	100	Off	11:30-14:00	Off	20:00-24:00	
Aprile	0,5	00:00-06:00	0%	00:00-11:00	100	Off	00:00-24:00	Off	00:00-09:00	
	1	06:00-22:00	50% - 75%*	11:00-16:00	100	On		On	09:00-18:00	
	0,5	22:00-24:00	0%	16:00-24:00	100	Off		On	18:00-20:00	
			*Lucernari			On		Off	20:00-22:00	
Maggio	0,5	00:00-06:00	0%	00:00-11:00	100	Off	00:00-24:00	Off	00:00-09:00	
Settembre	1	06:00-22:00	75%	11:00-16:00	100	On		On	09:00-18:00	
	0,5	22:00-24:00	0%	16:00-24:00	100	Off		Off	18:00-20:00	
						On		Off	20:00-22:00	
						Off		Off	22:00-24:00	
Giugno	12	00:00-03:00	0%	00:00-11:00	100	Off	00:00-24:00	Off	00:00-09:00	
Luglio	6	03:00-06:00	100%	10:00-18:00	100	On		On	09:00-22:00	
Agosto	2,5	06:00-10:00	0%	18:00-24:00	100	Off		Off	22:00-24:00	
	1,5	10:00-20:00				On		On		
	2,5	20:00-24:00				Off		Off		

MODELLI DI COMFORT: si riportano i grafici a dispersione ottenuti dall'analisi del benessere termico condotta per l'edificio analizzato secondo i due metodi forniti da normativa.

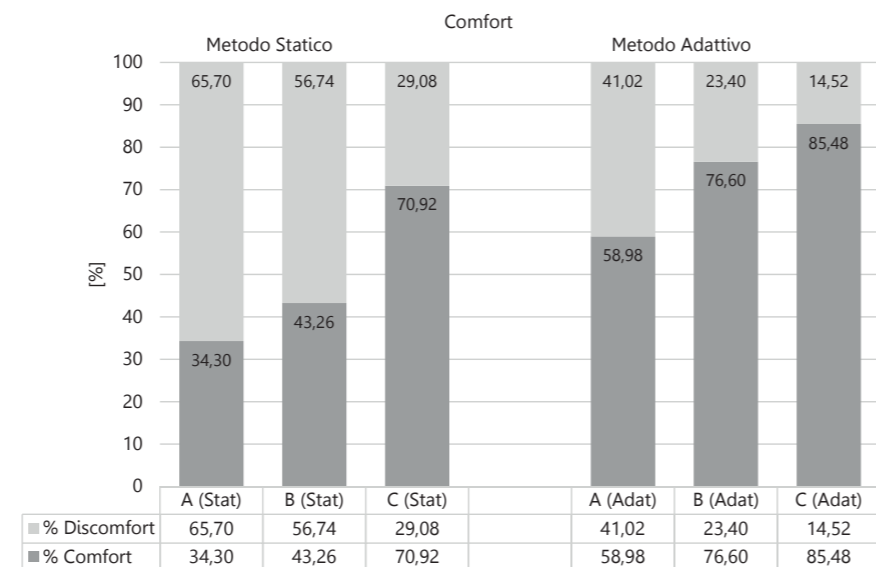


### MODELLO DI COMFORT STATICO

La nuvola dei punti riportata nel grafico rappresenta la temperatura operativa registrata all'interno dell'edificio analizzato durante tutto il corso dell'anno. La maggior parte di questi punti è compresa tra le fasce individuate dalle rette che definiscono le fasce di comfort specificate dalla normativa.

### CONFRONTO TRA I MODELLI DI COMFORT

Nel grafico sono riportate le percentuali di benessere registrate per ogni categoria di comfort sia in riferimento a metodo statico che a quello adattivo. I valori risultanti dai modelli di comfort sono stati filtrati per gli orari di utilizzo del bar. Si sono scartati i valori di temperatura registrati dalle ore 00:00 alle 06:00 periodo di tempo durante il quale il bar risulta essere chiuso. Per quanto riguarda il modello statico il comfort è ampiamente soddisfatto nella categoria C, mentre per quanto riguarda quello adattivo si hanno ottimi risultati in tutte le fasce di comfort individuate dalla normativa. Si può dunque affermare che il benessere è stato raggiunto con entrambi i modelli analizzati.



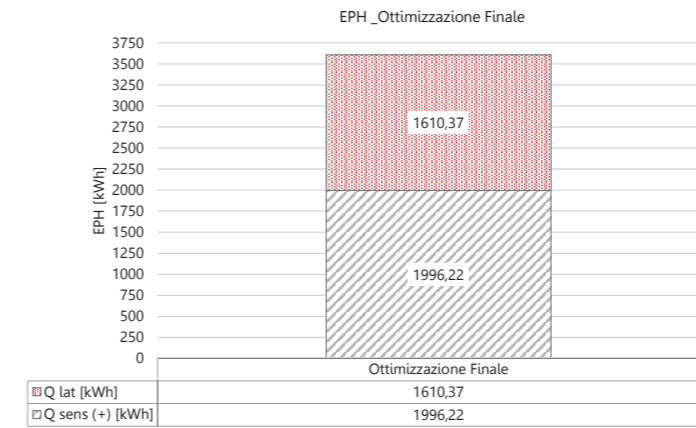
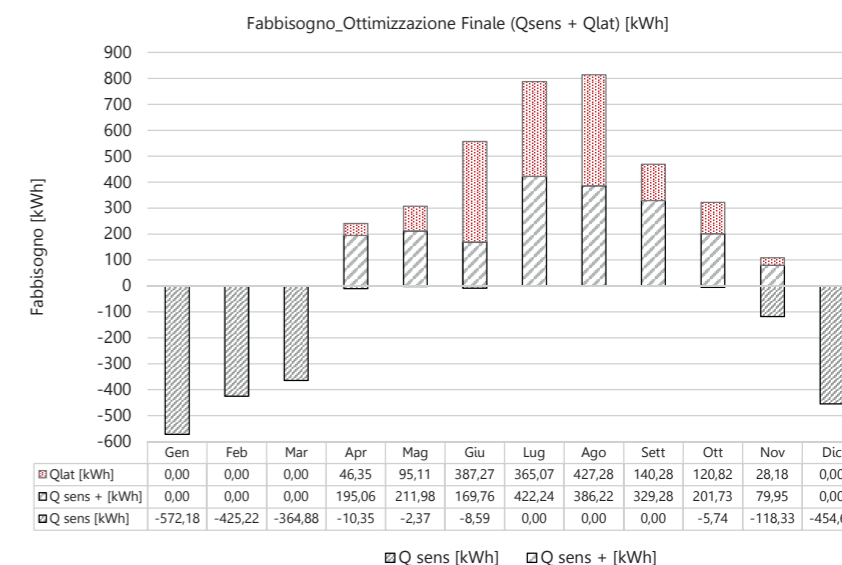
### MODELLO DI COMFORT ADATTIVO

Anche in questo caso molti punti raffigurati sono distribuiti all'interno delle fasce di comfort. Tuttavia è evidente come la situazione sia migliore rispetto a quella riscontrata nel caso del metodo statico poiché i punti sono collocati soprattutto nell'intervallo più ristretto.

### CONSUMO ENERGETICO

Si presentano i dati riguardanti i valori di calore sensibile durante il periodo estivo (+Qsens), quelli nel periodo invernale (-Qsens) ed infine del calore latente (Qlat). Si hanno dei valori di calore sensibile positivo e negativo molto ridotti. Questo nei mesi invernali assume il minimo nel mese di ottobre con -5,74 kWh e il massimo a gennaio con -572,18 kWh. Se si considera invece il calore registrato durante i mesi caldi, il minimo si ha nel mese di novembre con 79,95 kWh mentre il massimo si raggiunge a luglio con 422,24 kWh. Il calore latente è nullo nei mesi in cui non è attivo il sistema di raffrescamento ed è massimo durante i mesi di giugno, luglio ed agosto.

CONSUMO GLOBALE DELL'EDIFICIO: dopo aver visualizzato i consumi ottenuti mese per mese durante il corso dell'anno, si riporta il valore di consumo totale ottenuta con l'ottimizzazione finale.



Il grafico relativo al fabbisogno annuale evidenzia che i consumi più importanti si registrano durante la stagione estiva, quindi si prendono in considerazione solo i dati relativi al calore sensibile positivo e al calore latente ottenuti dalle simulazioni.

Il luogo di progetto è caratterizzato da temperature esterne piuttosto elevate, che fanno sì che le vetrate di cui è costituito l'edificio analizzato siano direttamente esposte ai raggi solari. Ciò comporta l'attivazione dell'impianto di raffrescamento per garantire temperature dell'aria interna che aumentano il comfort dell'utente. Il calore sensibile registrato ammonta a 1996,22 kWh, mentre quello latente è pari a 1610,37 kWh.

### STIMA DEL CONSUMO ENERGETICO TOTALE DEL PROGETTO

Si è pensato fosse opportuno stimare il consumo energetico totale del progetto, cercando di capire quali potessero essere i consumi degli altri edifici che lo compongono se relazionati al bar. L'approssimazione è stata fatta considerando diversi parametri che influiscono sul clima interno dei locali. Gli altri volumi del complesso architettonico sono esposti a Nord-Ovest e sono schermati a 360° dalla copertura in Cross-Lam sovrastante, di conseguenza il fabbisogno per raffrescamento sarà di molto inferiore.

A lato si riporta una tabella con i consumi energetici associata ad ogni edificio, da cui si ricava poi il consumo totale. Si nota come il maggior contributo sia dato dal bar con 58,31 kWh/m² e dalla palestra di Yoga con 29,16 kWh/m². Al contrario l'infopoint ha un consumo piuttosto limitato pari a 14,58 kWh/m².

Consumo globale = 102,05 kWh/m²/anno

Il bilancio energetico totale è però dato dal consumo globale privato dall'energia fornita dal sistema di pannelli fotovoltaici installati in copertura, pari a 30,22 kWh/m²/anno, quindi risulta:

(102,05-30,22)kWh/m²/anno=71,83 kWh/m²/anno

Consumo effettivo = 71,83 kWh/m²/anno

BILANCIO ENERGETICO DEL PROGETTO		
Edificio considerato	Descrizione	Consumo effettivo [kWh/m²]
Faro	Questo edificio risulta essere caratterizzato da una torre panoramica. E' previsto come un locale ad uso esterno, motivo per il quale il suo consumo energetico risulta essere nullo.	0,00
Infopoint	Questo locale è caratterizzato da una superficie limitata. In esso è prevista la presenza di poche persone, si può quindi stimare che i consumi siano circa 1/4 rispetto a quelli del bar.	14,58
Sala Espositiva	Si tratta di un locale concepito come esterno ed interno allo stesso tempo. Di conseguenza i consumi ad esso associati sono nulli.	0,00
Palestra di yoga	L'edificio è una piccola palestra con attività motoria leggera, ma presenta una grande vetrata esposta a Sud. Per questo si considera che i consumi energetici siano circa 3/4 rispetto a quelli del bar.	29,16
Bar	E' l'edificio più significativo per quanto riguarda i consumi, soprattutto perché risulta frequentato da molte persone.	58,31
<b>TOTALE</b>		<b>102,05</b>



# LA VENTILAZIONE NATURALE: ANALISI QUALITATIVA

## STRUMENTI PER LO STUDIO DELLA VENTILAZIONE NATURALE

Si sono utilizzati due metodi di calcolo per poter capire in che modo fosse opportuno ventilare l'edificio naturalmente. Precisamente si è fatto uso di due differenti strumenti: il primo fornisce una soluzione in veste di dati, dando un riscontro qualitativo di come e quando sarebbe opportuno ventilare in modo naturale gli ambienti interni, mentre il secondo permette di visualizzare i risultati ottenuti in modo grafico direttamente sul modello tridimensionale semplificato dell'edificio.

Gli strumenti di calcolo utilizzati sono:

1. Ventilative Cooling Potential Tool: si tratta di un foglio di calcolo Excell basato sull'utilizzo di un documento excell preimpostato. Viene fornito dall'EBC (Energy in Buildings and Communities Programme) e consiste in un programma nato dalla collaborazione tra l'EURAC Research e il Politecnico di Torino.
2. ANSYS Workbench: si tratta di un software di calcolo che fornisce risultati utili inerenti allo studio della fluidodinamica. In particolare la piattaforma contiene differenti applicazioni utilizzabili a seconda del tipo di argomento che interessa trattare nel modello. Per lo studio della ventilazione naturale è stato utilizzato il programma di calcolo denominato Fluid Flow (Fluent).

### VENTILATIVE COOLING POTENTIAL TOOL

La cartella Excell è composta da tre fogli di calcolo, ognuno dei quali riporta informazioni differenti. Il primo di essi è quello relativo alla descrizione delle condizioni climatiche del luogo in cui si trova l'edificio. In particolare i parametri che devono essere inseriti sono:

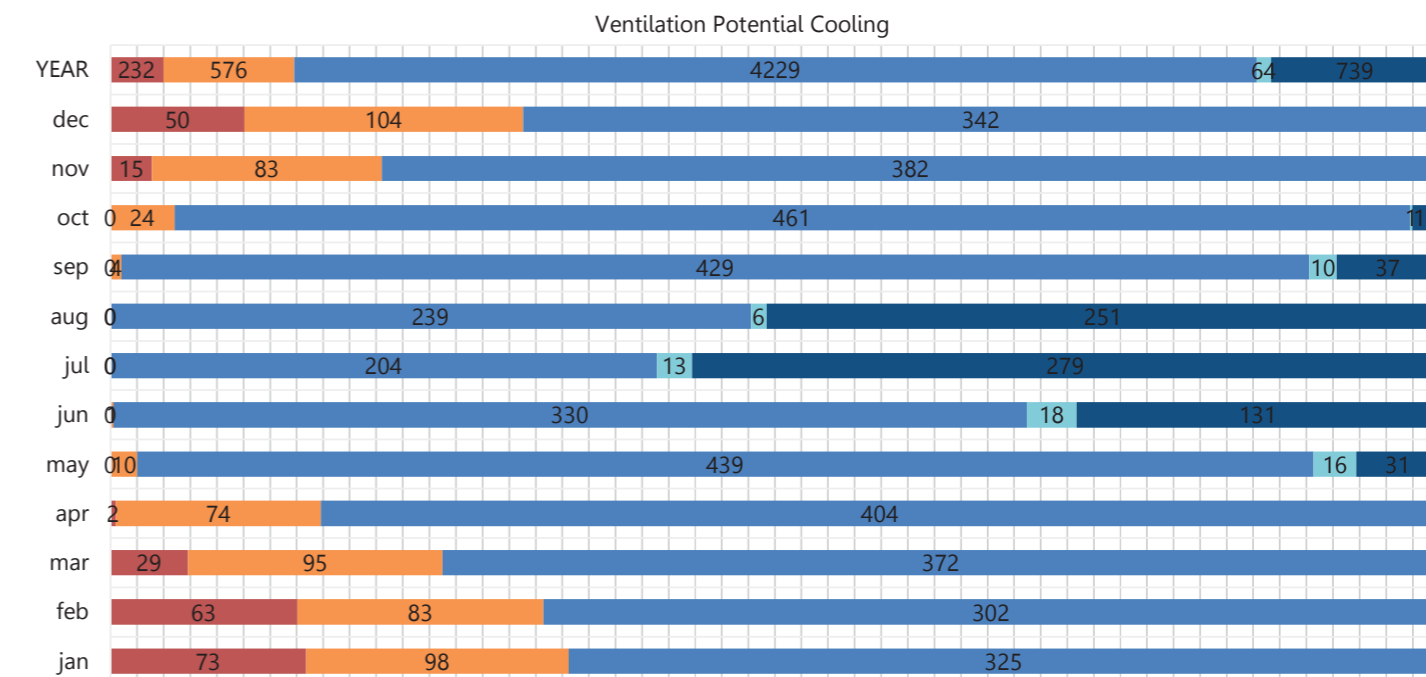
- Temperatura a bulbo secco e a bulbo umido;
- Temperatura al punto di rugiada;
- Umidità relativa;
- Direzione ed intensità del vento;
- Radiazione extraterrestre e globale orizzontale;

Il secondo foglio di calcolo è relativo all'edificio analizzato: in particolare all'interno è necessario inserire alcuni dati relativi alle caratteristiche geometriche di esso, alla sua esposizione, alla destinazione d'uso, agli apporti interni e alle caratteristiche dell'involucro tecnologico utilizzato. Al di sotto si riportano i parametri dell'edificio esaminato, mentre a lato si mostra il contenuto del terzo foglio.

NATURAL COOLING VENTILATION PARAMETERS							
LOCATION							
City	Country	Latitude [°]	Longitude [°]	Time zone (respect GMT) [hr]			
Vis	Croazia	43	16	1			
BUILDING DATA							
Building type	Ceiling to floor height H [m]	Envelope area A [m <sup>2</sup> ]	Floor area S [m <sup>2</sup> ]	Room volume V [m <sup>3</sup> ]	Fenestration area		Comfort requirement
					Area W [m <sup>2</sup> ]	Orientation	
Resteurant	5	245,74	53,46	267	9,2	S	Category II
TECHNICAL SPECIFICATION							
U-value of the opaque envelope	U-value of the fenestration	g value of the glazing system	Shading control setpoint	Min. required ventilation rates	Lighting power density	Electric equipment power density	Occupancy density
$U_0$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_w$ [W/m <sup>2</sup> K]	g [-]	Shd [W/m <sup>2</sup> ]	$\dot{m}_{min}$ [l/s-m <sup>2</sup> ]	$Q_{light}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$Q_{el, equip}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$Q_{people}$ [m <sup>2</sup> /pers]
0,25	0,68	0,407	100	1,55	0	0	1
Avg. envelope U-value [W/m <sup>2</sup> K]				$\dot{m}_{min}$ [1/h]	Avg. total internal gains [W/m <sup>2</sup> K]		
0,39				1,116	59		

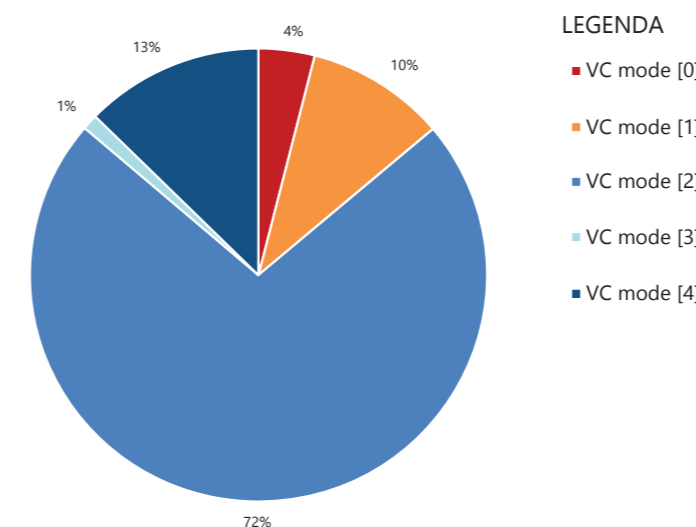
### PARAMETRI ASSEGNATI E ANALISI DEI RISULTATI

Prima di commentare i dati ottenuti, riportati nei grafici al di sotto, è bene argomentare in maniera più dettagliata alcuni valori dei parametri assegnati all'edificio. Il foglio di calcolo utilizzato presenta delle semplificazioni, in quanto è possibile inserire solo una tipologia di area vetrata all'interno del modello da analizzare, sia in termini di superficie che in termini di orientamento, motivo per il quale si sono presi in considerazione solo gli elementi vetrati apribili considerandoli esposti a Sud, per tenere conto della peggiore condizione possibile. Gli altri parametri sono stati calcolati facendo riferimento al manuale di istruzioni fornito insieme al foglio di calcolo.



	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	YEAR
VC mode [0]: ventilative cooling not required	73	63	29	2	0	0	0	0	0	0	15	50	232
VC mode [1]: potential comfort hrs by direct ventilative cooling with minimum airflow rates	98	83	95	74	10	1	0	0	4	24	83	104	576
VC mode [2]: potential comfort hrs by direct ventilative cooling with increased airflow rates	325	302	372	404	439	330	204	239	429	461	382	342	4229
VC mode [3]: potential comfort hrs with evaporative cooling	0	0	0	0	16	18	13	6	10	1	0	0	64
VC mode [4]: residual discomfort hrs	0	0	0	0	31	131	279	251	37	10	0	0	739

Il grafico riportato fornisce i dati relativi al numero di ore durante ogni mese dell'anno nelle quali sarebbe opportuno sfruttare o meno il sistema di raffreddamento mediante ventilazione naturale. In particolare si nota come durante i mesi invernali l'utilizzo di essa non sia così richiesta e qualora fosse utile sfruttare l'aria fredda è bene che la quantità di flusso d'aria sia ridotta al minimo. Al contrario nel periodo estivo è possibile utilizzare l'aria esterna per il raffreddamento dell'ambiente: tuttavia non si deve sfruttare la ventilazione in modo assoluto, in quanto dal grafico risulta evidente che nei mesi di giugno, luglio e agosto, l'utilizzo dell'aria esterna come sistema di raffreddamento causerebbe un elevato tasso di discomfort, in quanto la sua temperatura sarebbe troppo elevata.



A sinistra si riporta un grafico a torta che rappresenta in percentuale quando durante l'intero anno è necessario o meno utilizzare il sistema di ventilazione naturale per il raffreddamento degli ambienti interni. In particolare dal programma viene anche fornito il flusso d'aria medio annuale richiesto, pari a  $5,14 \pm 3,33$  l/h, in riferimento al secondo tipo di ventilazione riportato in legenda (VC mode [2]). Analizzando i risultati specifici ottenuti nel grafico si può concludere che per il 10% delle ore annuali di occupazione dell'edificio non è necessario ventilare naturalmente, per il 4% è ammessa ventilazione ma con un valore minimo di flusso d'aria, per il 72% è utile ventilare ma con una quantità di flusso d'aria maggiore di circa 5 l/h, per l'1% si rinfresca l'ambiente grazie all'evaporazione dell'acqua presente in esso, ed infine per il 13% la ventilazione naturale è da evitare assolutamente in quanto comporterebbe una diminuzione del comfort.

# LA VENTILAZIONE NATURALE: VELOCITÀ DELL'ARIA

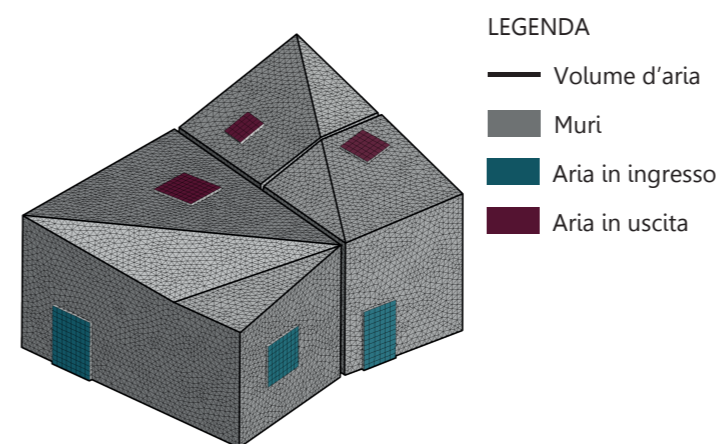
## ANSYS WORKBENCH: FLUID FLOW (FLUENT)

Grazie all'applicazione Fluid Flow del programma ANSYS Workbench è stato possibile comprendere il moto del flusso delle particelle dell'aria all'interno dell'edificio ospitante il bar. Si è proceduto sviluppando un modello tridimensionale che ricalcasse la situazione in cui si sfrutta l'apertura dei serramenti apribili dell'edificio per poter così ventilare l'ambiente interno in modo del tutto naturale. Ogni locale presenta delle aperture con dimensioni ed esposizioni differenti:

- CUCINA: presenta un lucernario in copertura ed una porta esposta a Ovest;
- BAGNO: presenta un lucernario in copertura ed una porta esposta ad Est
- SALA: presenta un lucernario in copertura, una porta esposta a Sud, e due finestre, una esposta ad Est, l'altra ad Ovest.

Al modello sono stati poi assegnati specifici parametri per il volume d'aria complessivo, per le superfici d'aria entrante e uscente ed infine per i muri. In questo modo ogni elemento all'interno dell'edificio assume le caratteristiche del materiale assegnato. Si è proceduto dunque con la creazione di una mesh, il più fitta possibile, che permettesse di svolgere accuratamente le analisi del moto dell'aria all'interno del volume. A lato si riportano una rappresentazione della mesh della geometria e le condizioni al contorno assegnate al modello.

## RAPPRESENTAZIONE DELLA MESH DELL'EDIFICIO



## CONDIZIONI AL CONTORNO

- Volume d'aria: materiale fluido con caratteristiche dell'aria
- Muri: materiale solido con caratteristiche del legno
- Aria in ingresso: pressione, velocità e temperatura costanti:  
 $p=0$  Pa  
 $v=2,5$  m/s (direzione Nord-Ovest)  
 $T_{Ingresso}=20,35^{\circ}\text{C}$
- Aria in uscita: valori di pressione e temperatura costanti:  
 $p=0$  Pa  
 $T_{Uscita}=26,1^{\circ}\text{C}$

## ANDAMENTO DELLE VELOCITÀ DELLE PARTICELLE D'ARIA ALL'INTERNO DELL'EDIFICIO

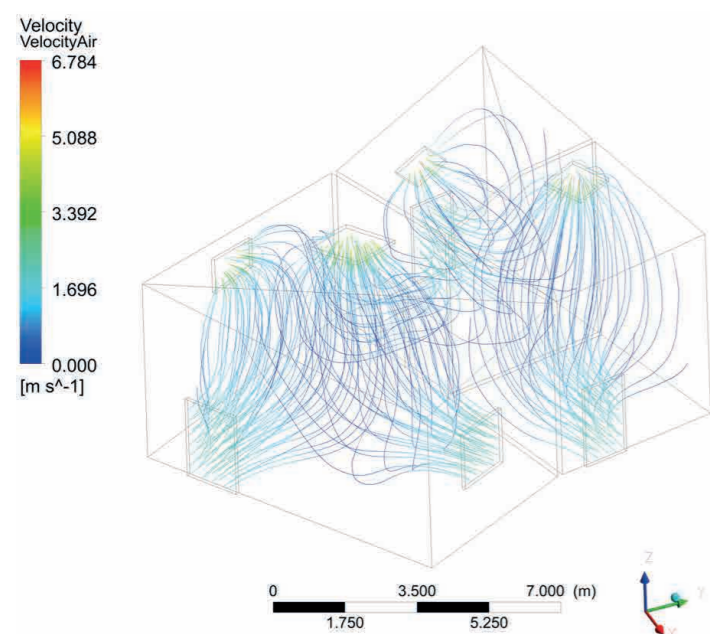


Figura 96\_Velocità delle particelle: frame 1

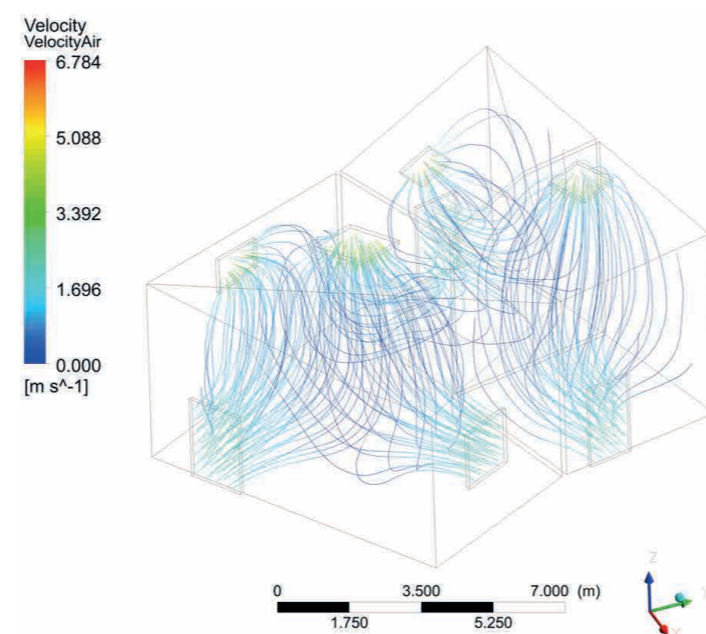


Figura 98\_Velocità delle particelle: frame 2

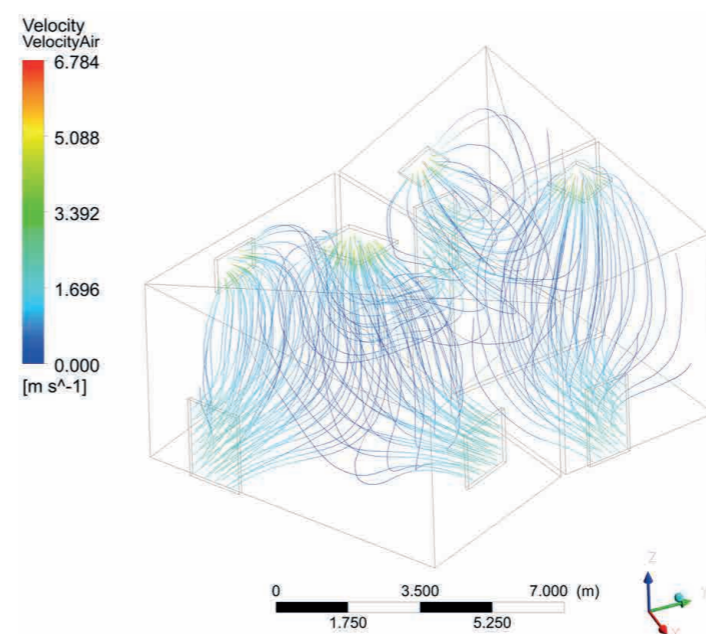


Figura 95\_Velocità delle particelle: frame 4

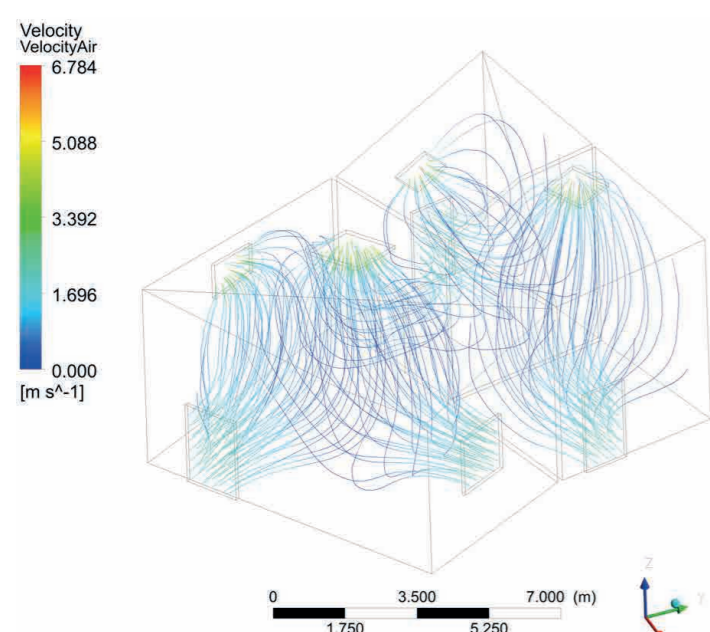


Figura 97\_Velocità delle particelle: frame 8

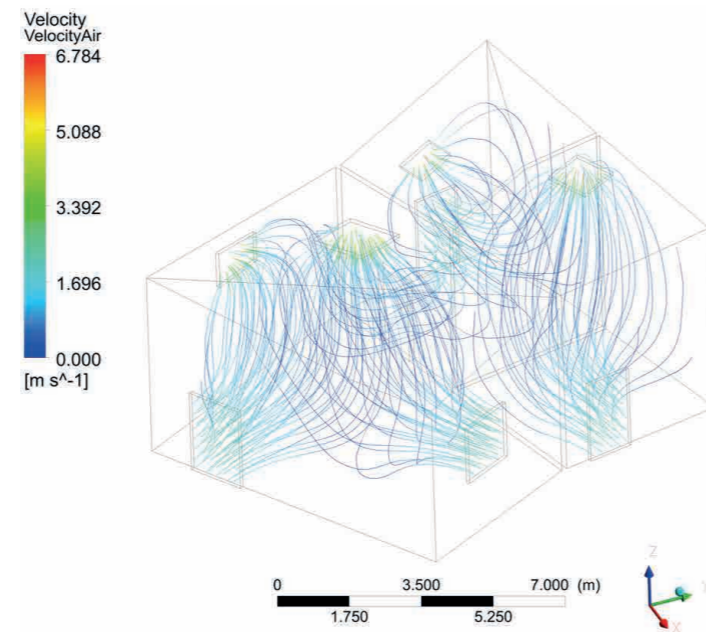


Figura 99\_Velocità delle particelle: frame 16

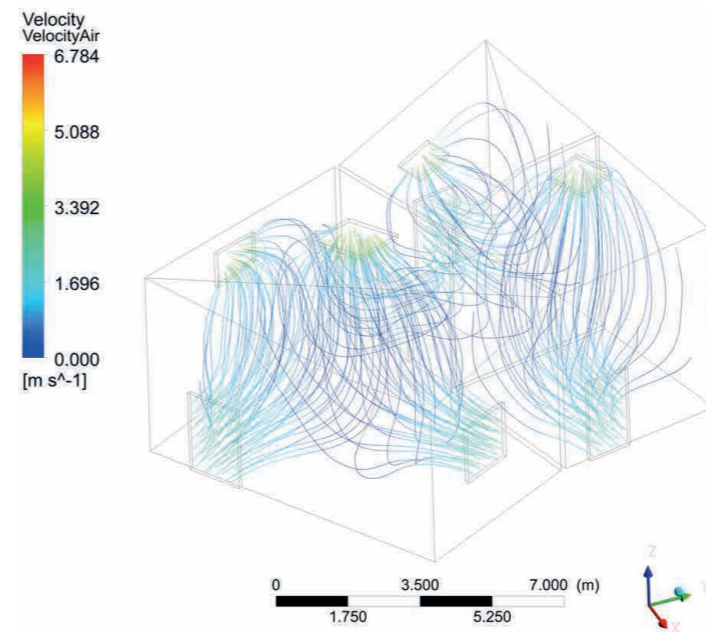


Figura 100\_Velocità delle particelle: frame 24

## ANALISI DELLE SIMULAZIONI EFFETTUATE

A lato sono riportati i grafici ottenuti dalle simulazioni effettuate che mostrano i percorsi compiuti dall'aria all'interno degli ambienti dell'edificio al trascorrere del tempo. La configurazione analizzata è quella in cui le particelle dell'aria entrano nell'edificio a partire dalle superfici di ingresso per ritornare poi nell'ambiente esterno attraverso le superfici di uscita.

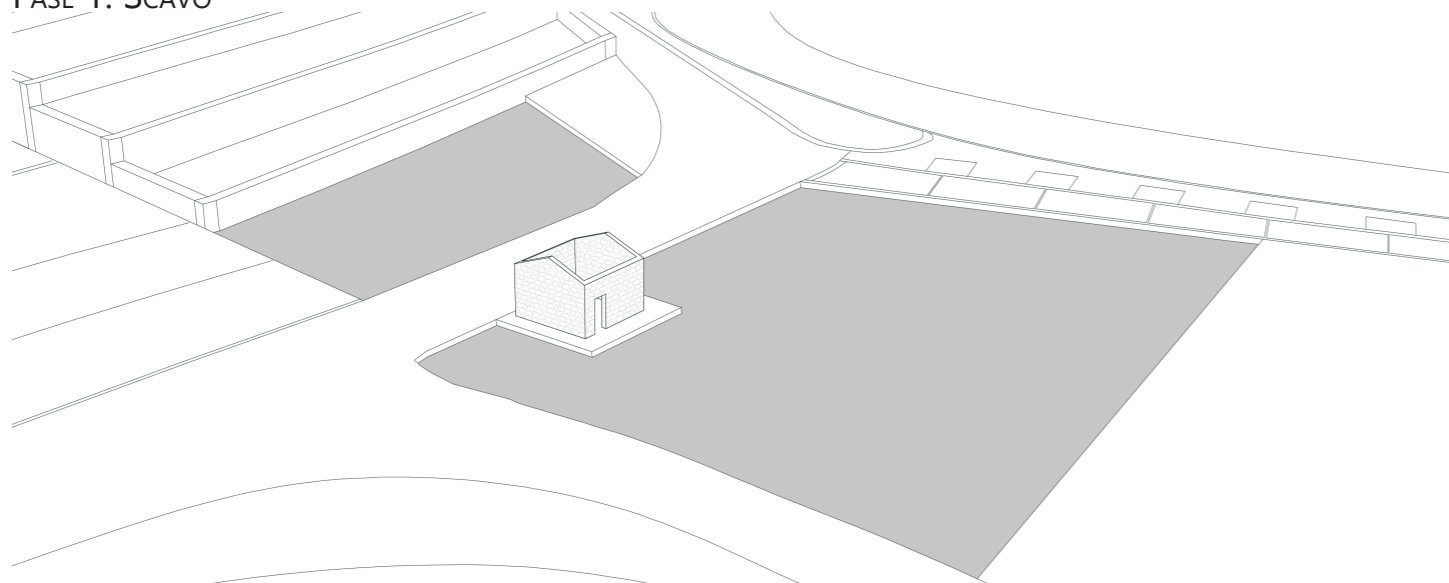
Nei grafici la scala di colore segna la velocità associata alle particelle stesse: il rosso indica un innalzamento di essa mentre i colori freddi un abbassamento. Si osserva poi che il massimo valore di velocità raggiunto si ha in uscita e raggiunge i 6,78 m/s, mentre il minimo si ha all'interno dell'ambiente ed è pari circa a 0 m/s. Questo dato è importante poiché indica che nelle stanze analizzate la formazione di vortici avviene a bassi valori di velocità, senza creare dunque correnti d'aria che potrebbero influire in modo negativo sul benessere degli utenti che sostano nell'edificio. Inoltre le velocità delle particelle del fluido aumentano soltanto in corrispondenza delle aperture ipotizzate come via di fuga: ciò è indice del fatto che in prossimità di esse si verifica un aumento repentino dei ricambi d'aria.

Altro dato fondamentale riguarda il fatto che tutte le superfici di uscita assegnate vengono sfruttate: la direzione e l'intensità del vento presente all'esterno dell'ambiente, che soffia verso Nord-Ovest, consente di incanalare l'aria, una volta entrata nell'edificio, verso quei serramenti scelti come fonte d'uscita di essa, rappresentati nel caso in esame dai cupolini zenitali e da una finestra situata a 3 m di altezza rispetto al piano di calpestio. Durante il periodo estivo è utile e consigliato sfruttare la ventilazione interna nel locale poiché le leggere brezze che si creano al soffiare del vento portano ad una situazione di comfort dell'utente poiché abbassano i valori di temperatura del locale che dipendono dal clima esterno: infatti, essendo le velocità medie delle particelle d'aria piuttosto basse non si creano correnti d'aria fastidiose. Al contrario durante il periodo invernale, essendo le temperature inferiori, è opportuno ventilare in modo naturale soltanto in determinate condizioni, poiché il moto delle particelle d'aria, essendo le temperature esterne più rigide rispetto al periodo estivo, potrebbe creare una situazione di discomfort termico per l'utente.

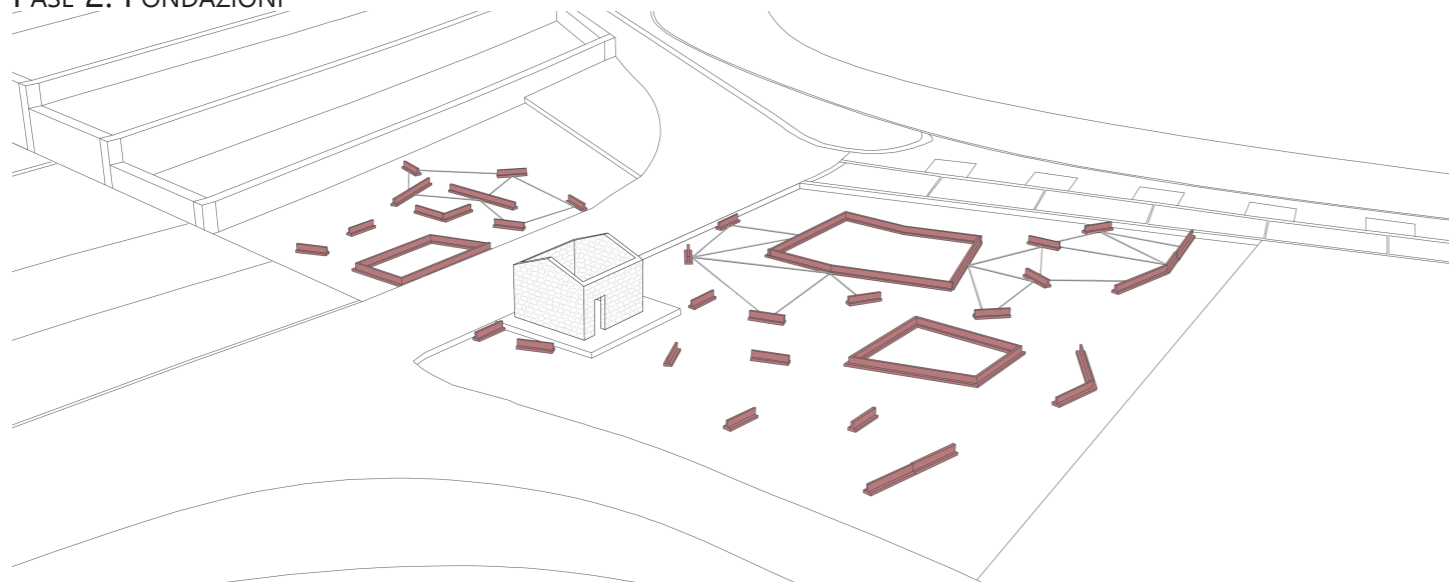


## FASI COSTRUTTIVE

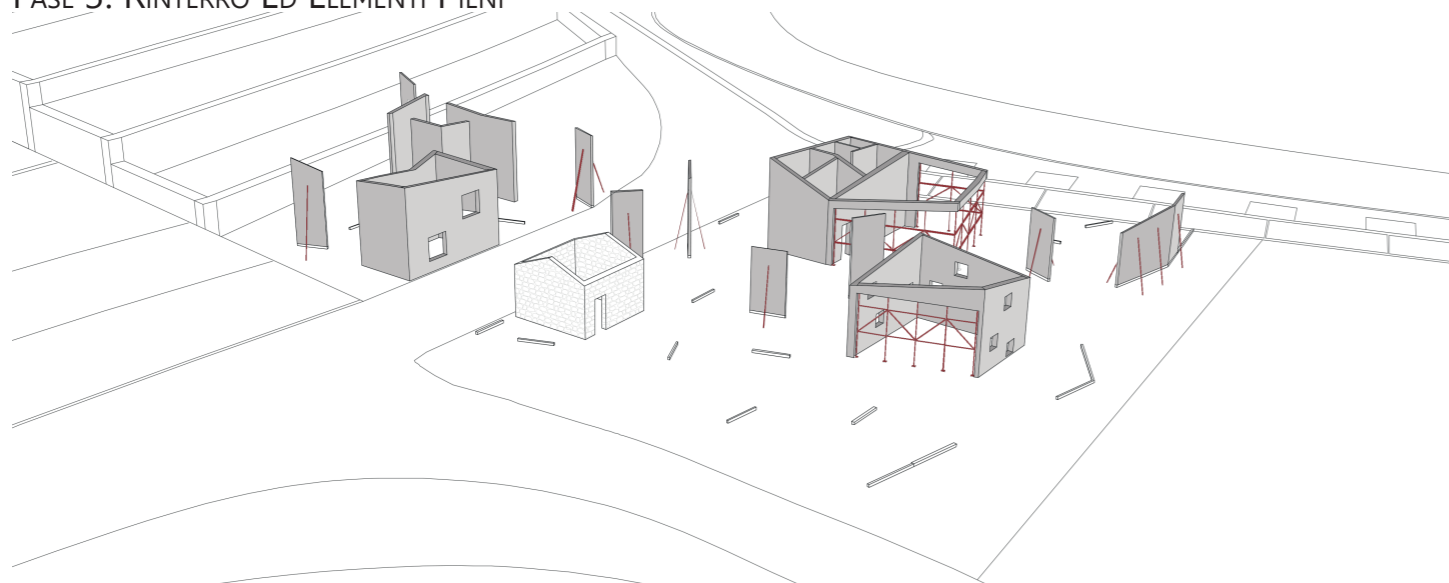
### FASE 1: SCAVO



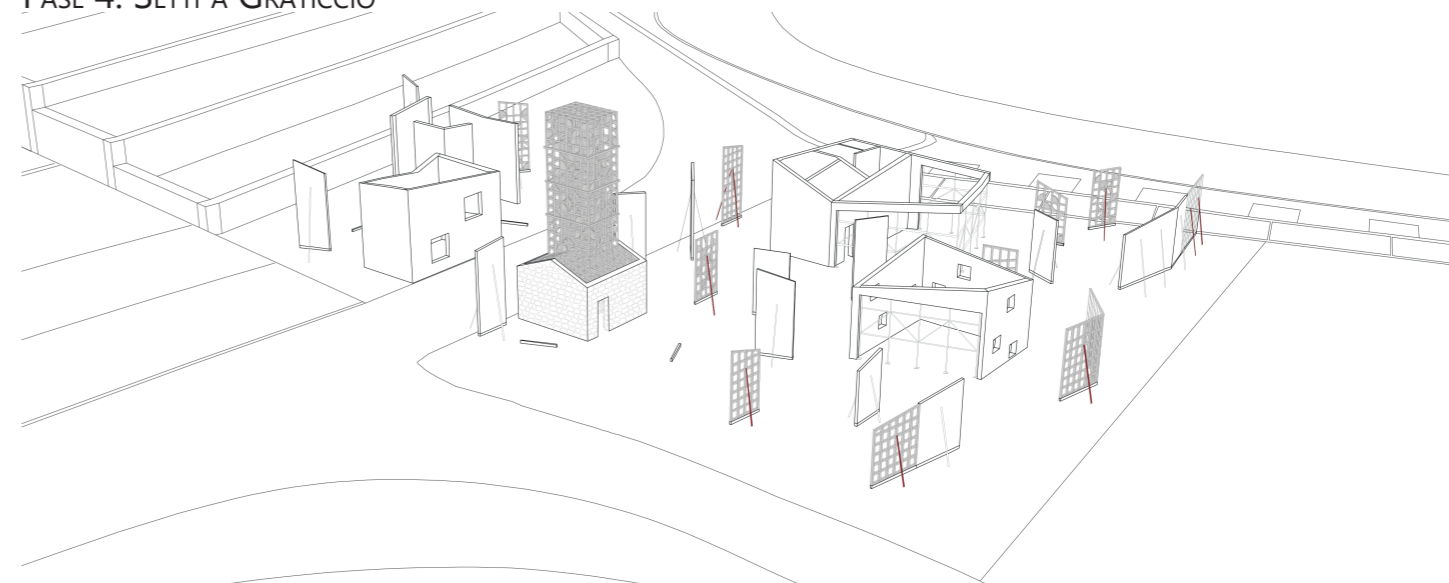
### FASE 2: FONDAZIONI



### FASE 3: RINTERRO ED ELEMENTI PIENI



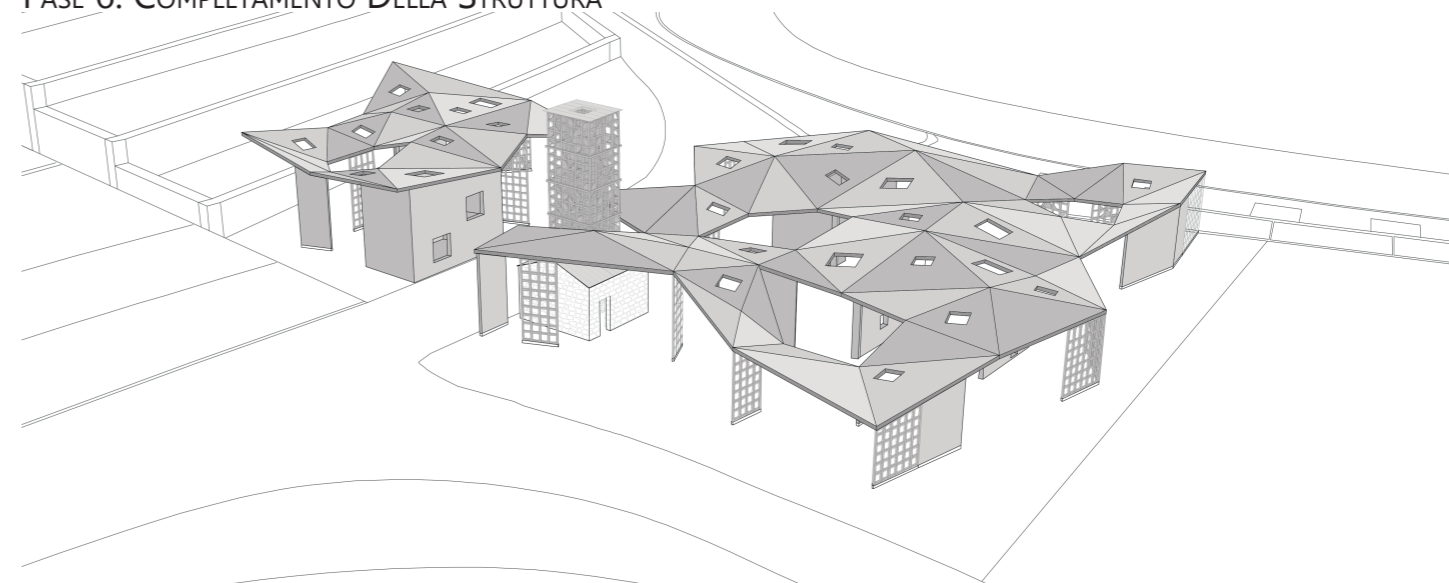
### FASE 4: SETTI A GRATICCIO



### FASE 5: COSTRUZIONE DELLA COPERTURA



### FASE 6: COMPLETAMENTO DELLA STRUTTURA



# ANALISI DEL CONTESTO E LEGENDA SEGNALI STRADALI

## CONTESTUALIZZAZIONE

Prima di procedere con l'organizzazione logistica del cantiere nelle sue diverse fasi si è ritenuta necessaria un'analisi a livello urbano per sottolineare la presenza di eventuali criticità e/o ostacoli lungo i percorsi impiegati dai mezzi di cantiere. In particolare, nel caso in esame è stato fondamentale lo studio del trasporto del materiale dal porto di Spalato all'isola di Vis.

## ANALISI STRADALE A GRANDE E PICCOLA SCALA

È presente una strada a doppio senso di marcia che collega il molo della città di Vis alla penisola di Prilovo. Questo passaggio è poco trafficato, ma per non impedire completamente il transito si è pensato di suddividere il cantiere in due parti, una a Nord ed una a Sud di esso, ponendo però una restrizione della carreggiata trasformandola ad unico senso di marcia alternato, regolato dalla presenza di un semaforo. Per garantire la sicurezza dei visitatori sulla penisola di Prilovo, si è mantenuto l'accesso ad essa solamente dall'ingresso Nord-Est.

## ANALISI E CRITICITÀ DEL CONTESTO

Con lo scopo di una migliore organizzazione del cantiere e vita nello stesso, si è provveduto all'analisi dei servizi offerti ai lavoratori durante il periodo di costruzione della struttura di progetto. Questi servizi riguardano principalmente l'accessibilità al sito, i luoghi di ristorazione ed i presidi sanitari. La cittadina di Vis si sviluppa in prossimità della penisola di Prilovo: in particolare tutti i servizi utili sono situati nelle immediate vicinanze dell'area di progetto, ossia a partire da 400 m di distanza da essa, tragitto che implica quindi 4 minuti di percorso a piedi considerando una camminata media. Si evince poi la presenza di molteplici punti di ristoro (incluso ristoranti, bar e tavole calde) nei pressi della baia ed una cospicua presenza di parcheggi pubblici attrezzati nelle immediate vicinanze del cantiere. Sono state esaminate le caratteristiche geomorfologiche del terreno, i vincoli di superficie inamovibili e le preesistenze. Si sono poi studiate le reti urbane di smaltimento per le acque reflue, le reti di gas, la rete elettrica, le reti di telecomunicazioni e cablaggi utili per eventuali allacciamenti in fase di cantiere.

Le criticità riscontrate sono la presenza del mare in adiacenza al lotto di progetto, di una strada carrabile passante attraverso il cantiere, di una piccola spiaggia frequentata da bagnanti e di un complesso religioso.

## ANALISI DELLA VIABILITÀ

Sono presenti una sola strada carrabile che attraversa il cantiere ed un percorso pedonale che circonda la penisola di Prilovo.

## GESTIONE DEL CANTIERE

Per fase si intende un ciclo di lavoro fondamentale per la realizzazione di una parte importante dell'opera, ossia un insieme di operazioni e lavorazioni che di fatto non comportano un sostanziale mutamento nell'organizzazione del cantiere, in termini di spazi, postazioni di lavoro ecc. e che in termini generali potrebbero essere realizzate da una sola impresa esecutrice. In particolare sono state individuate quattro fasi di cantiere per la costruzione della struttura ossia quella di scavo, quella di rinterro e di posa delle fondazioni, quella di costruzione della struttura di elevazione verticale ed infine quella relativa alla posa della copertura.

In seguito si riporta la legenda dei segnali stradali utilizzati all'interno di tutte le fasi di cantiere

## SEGNALE INFORMATIVO

<b>Prilovo - Isola di VIS</b>	
Lavori di	<input type="text"/>
Ordinanza	<input type="text"/>
Impresa	<input type="text"/>
Inizio	<input type="text"/> Fine <input type="text"/>
Recapito	<input type="text"/>
Telefono	<input type="text"/>

Cartello informativo di cantiere.

Deve essere esibito obbligatoriamente con i dati sui lavori da eseguire e le relative autorizzazioni in riferimento al d.P.R. 380/2001, all'Art. 27, comma 4.

Il cartello deve essere esposto in prossimità dell'accesso di cantiere.

Le dimensioni del cartello, per lavori pubblici, sono fissate dalla Circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 1729/UL del 1 giugno 1990 e stabilite nelle dimensioni minime di 1 m di base x 2 m di altezza.

I contenuti del cartello di cantiere devono necessariamente riportare:

- Art. 118, comma 5 del D.Lgs. 163/2006 prescrive l'identificazione dei subappaltatori, le categorie dei lavori e i dati identificativi delle imprese;
- Art. 12 del DM Sviluppo economico del 22 gennaio 2008, n.37 prescrive l'indicazione delle imprese installatrici e dei progetti degli impianti tecnici;
- Art. 90, comma 7 del D.Lgs 81/2008 prescrive l'indicazione del coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione dei lavori.

## SEGNALI DI PRESCRIZIONE



Obbligo di utilizzo di casco protettivo



Obbligo di utilizzo di scarpe di sicurezza



Obbligo di utilizzo di guanti protettivi



Obbligo di cintura di sicurezza



Obbligo di veicoli a passo d'uomo

## SEGNALI DI AVVERTIMENTO



Inizio area cantiere



Luce di segnalazione da disporre lungo la recinzione ogni 5 m



Attenzione dispersione di terra



Attenzione caduta materiali dall'alto



Attenzione pericolo di caduta



Tensione elettrica pericolosa



Attenzione attraversamento pedonale



Fine area cantiere

## SEGNALI DI DIVIETO



Divieto di accesso ai non addetti ai lavori



Divieto di spegnere con acqua



Divieto di passaggio e sosta nel raggio di azione dei mezzi di cantiere



Divieto di passaggio e sosta al di sotto dei ponteggi

## SEGNALI DI PRECEDENZA



Senso unico alternato con diritto di precedenza



Senso unico alternato con obbligo di precedenza

## SEGNALI ANTINCENDIO



Estintore



Telefono per antincendio

## SEGNALI DI SALVATAGGIO



Uscita di emergenza

















Kit per pronto soccorso



Percorso di emergenza








## LEGENDA LAYOUT DI CANTIERE

-  1. Confine lotto di pertinenza.
-  2. Linea di demarcazione della carreggiata di colore giallo per evidenziare la presenza del cantiere.
-  3. Impianto elettrico di cantiere integrato con profondità  $\geq 30$  cm.
-  4. Quadro elettrico generale di cantiere di distribuzione, posizionato ad una distanza minore di 3 m dal contatore di consegna dell'ente. Esso fornisce corrente alternata a voltaggi distinti (220V, 380V), sistema di Categoria I (prima), chiamato anche a bassa tensione, protetto (Allegato IX D. Lgs. 81/2008).
-  5. Quadro elettrico di distribuzione secondario che alimenta i quadri di prese a spina.
-  6. Impianto idrico di cantiere realizzato in tubi PVC di diametro 20 cm. La rete di fornitura sarà posizionata alla profondità di 0,40 m tale da evitare i possibili affioramenti dei tubi in seguito al passaggio di automezzi di cantiere.
-  7. Impianto lavaruote. È necessario lavare le ruote dei mezzi d'opera prima dell'immissione su strada (Art. 113 comma 2 del D. Lgs. n°81 del 9 Aprile 2008).
-  8. Punto acqua per bagnatura dei percorsi degli automezzi. È necessario bagnare costantemente la superficie di scavo e i percorsi degli automezzi per limitare la diffusione delle polveri.
-  9. Contatore dell'acqua posizionato a distanza  $\leq 3$  m dal punto di allaccio.
-  10. Area di stoccaggio terreno di riporto altezza massima 2 m.
-  11. Declivio di scavo fondazioni edificio, altezza dislivello 0,40 m.
-  12. Parapetto a protezione dello scavo, altezza minima 1,00 m con corrente intermedio e tavola fermapiede di altezza non inferiore a 20 cm, distanza dal ciglio di scavo di 0,50 m, resistenza minima 100 kg/m<sup>2</sup>.
-  13. Barriera ottica con coni segnaletici spostabili: è buona norma che durante il carico di terreno i conducenti abbandonino la cabina di guida dell'escavatore e si posizionino oltre una barriera ottica posizionata ad almeno 10 m dalla postazione dell'escavatore. I coni sono in gomma con rifrangenza di classe 2 dim. 30x30x50 cm.
-  14. Pozzetto prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso per scarichi di acque pluviali, dimensioni 1,2x1,2x1,5m.

### RECINZIONE DI CANTIERE

- 15. Luci di segnalazione a batteria.
- 16. Cancelli pedonali, larghezza minima 1,2 m, dotato di illuminazione e di campanello con suoneria nei pressi della baracca dell'ufficio tecnico.
- 17. Cancello di ingresso cieco a doppio battente larghezza minima 6,4 m altezza minima 2 m realizzato con montanti in legno, rivestiti in pvc.
- 18. Recinzione cieca di cantiere (tipologia A), prefabbricata in lamiera grecata di altezza pari a 4 m, sorretta da montanti in acciaio posti con interasse 2 m ed infissi nel terreno ad una profondità di 40 cm. Questi dovranno essere controventati con saette di contrasto nel lato verso il cantiere. La recinzione dovrà essere posta ad una distanza di almeno 1 m dal bordo del fronte scavo.

### VIABILITÀ DI CANTIERE


-  19. Percorsi pedonali.
  -  20. Area di manovra e transito per i mezzi impiegati, prevista con fondo solido e resistente al transito dei mezzi di cantiere, realizzato con ghiaione di spessore 30 cm.
- SCAVO
-  21. Posizione dell'escavatore durante lo scavo.
  -  22. Percorso dell'autocarro con cassone.
  - 23. Manovra dell'autocarro durante le prime fasi di scavo.
- RINTERRO E POSA DELLE FONDAZIONI
-  24. Percorso dell'autobetoniera.
- STRUTTURE DI ELEVAZIONE VERTICALE - POSA DELLA COPERTURA
-  25. Percorso dell'autogrù.
  -  26. Percorso della piattaforma elevatrice a pantografo.

### LOGISTICA DI CANTIERE

27. Logistica di cantiere: spogliatoio, docce ed infermeria. Baracca di cantiere realizzata con strutture prefabbricate monoblocco posizionate in loco, dopo lo scolturamento generale, su una piastra di supporto realizzata con un getto di magrone (sp. 10 cm), sollevate da terra per almeno 15 cm. L'altezza netta interna minima da garantire deve essere di almeno 2,40 m. Le dimensioni minime devono essere 2,4m x 7m. Lo spazio interno deve essere attrezzato per ospitare le docce, lo spogliatoio e l'infermeria, comprendente estintore e cassetta pronto soccorso. (Allegato XIII p.to 5 D. Lgs 81/2008).

28. Logistica di cantiere: ufficio tecnico D.L. Baracca di cantiere realizzata con strutture prefabbricate monoblocco posizionate in loco, dopo lo scolturamento generale, su una piastra di supporto realizzata con un getto di magrone (sp. 10 cm) e sollevate da terra per almeno 15 cm. L'altezza netta interna minima da garantire deve essere di almeno 2,4 m. Le dimensioni minime devono essere 2,4m x 7m. Lo spazio interno deve essere attrezzato per ospitare l'ufficio tecnico. (Allegato XIII p.to 1-2-5 D. Lgs 81/2008).

29. Box di dimensioni minime 120x120 cm con funzione di servizi igienici, dotati di bagno alla turca ad incasso in acciaio smaltato, lavabo e accessori bagno, acqua corrente calda e fredda. (Allegato XIII p.to 3 D. Lgs 81/2008).

 30. Area di stoccaggio per il materiale necessario alle strutture di elevazione verticale e alla posa della copertura.

31. Container per stoccaggio rifiuti 3,50 m x 14,00 m.

### MEZZI DI CANTIERE

#### SCAVO

32. Autocarro per il trasporto del materiale scavato.


33. Escavatore idraulico cingolato dotato di cabina operatore e braccio rovescio monolitico, braccio massimo 5,8 m.

#### RINTERRO E POSA DELLE FONDAZIONI

34. Autobetoniera.

#### STRUTTURE DI ELEVAZIONE VERTICALE - POSA DELLA COPERTURA

35. Autogrù per la movimentazione aerea, altezza massima 30,2 m, braccio massimo 28 m.

 36. Area di movimentazione esterna al lotto di pertinenza.

37. Piattaforma elevatrice a pantografo.

### POSIZIONE NEL CANTIERE


38. Posizione del moviere, il quale ha il compito di dirigere i flussi ed assistere le manovre di ingresso ed uscita dei mezzi dalla superficie di scavo e dal cantiere in modo da evitare infortuni.


#### SCAVO


39. Posizione dell'assistente alle operazioni di scavo: il personale a terra si dispone a distanza di sicurezza fuori dal raggio di azione del mezzo (Art. 118 comma 3 del D. Lgs. n. 81 del 9 Aprile 2008).

40. Posizione del conducente dell'autocarro: è buona norma durante il carico di terreno che il conducente abbandoni la cabina di guida e si posizioni oltre una barriera ottica posta ad almeno 10 m dalla postazione dell'escavatore, mantenendo al contempo una visione diretta sulle operazioni. Il manovratore dell'escavatore, prima di iniziare le manovre di carico, accerta che il conducente sia sceso dalla cabina e abbia raggiunto la zona di sicurezza delimitata dalla barriera ottica.

#### RINTERRO E POSA DELLE FONDAZIONI

 41. Posizione di attesa dell'autobetoniera in arrivo, che dovrà attendere l'uscita dell'autobetoniera scarica prima di posizionarsi vicino alla zona di getto.

 42. Posizione del conducente dell'autobetoniera, il quale si dispone a distanza di sicurezza per controllare lo scarico del mezzo.

 43. Posizione del responsabile del getto, il quale si dispone a distanza di sicurezza fuori dall'area massima degli stabilizzatori, in una posizione tale da controllare le operazioni di getto.

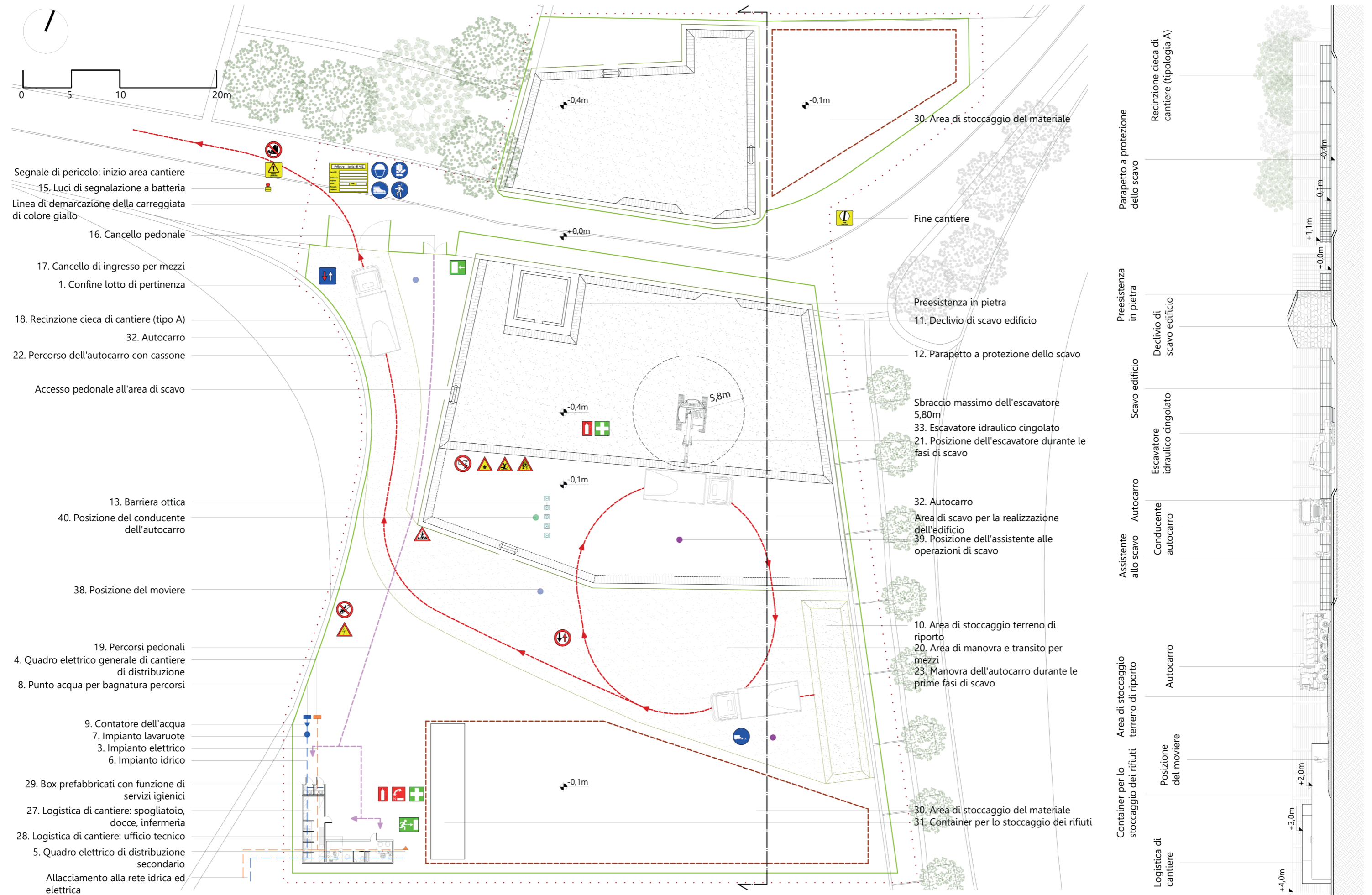
#### STRUTTURE DI ELEVAZIONE VERTICALE

 44. Posizione degli operai durante le operazioni di collocamento delle strutture di elevazione verticali.

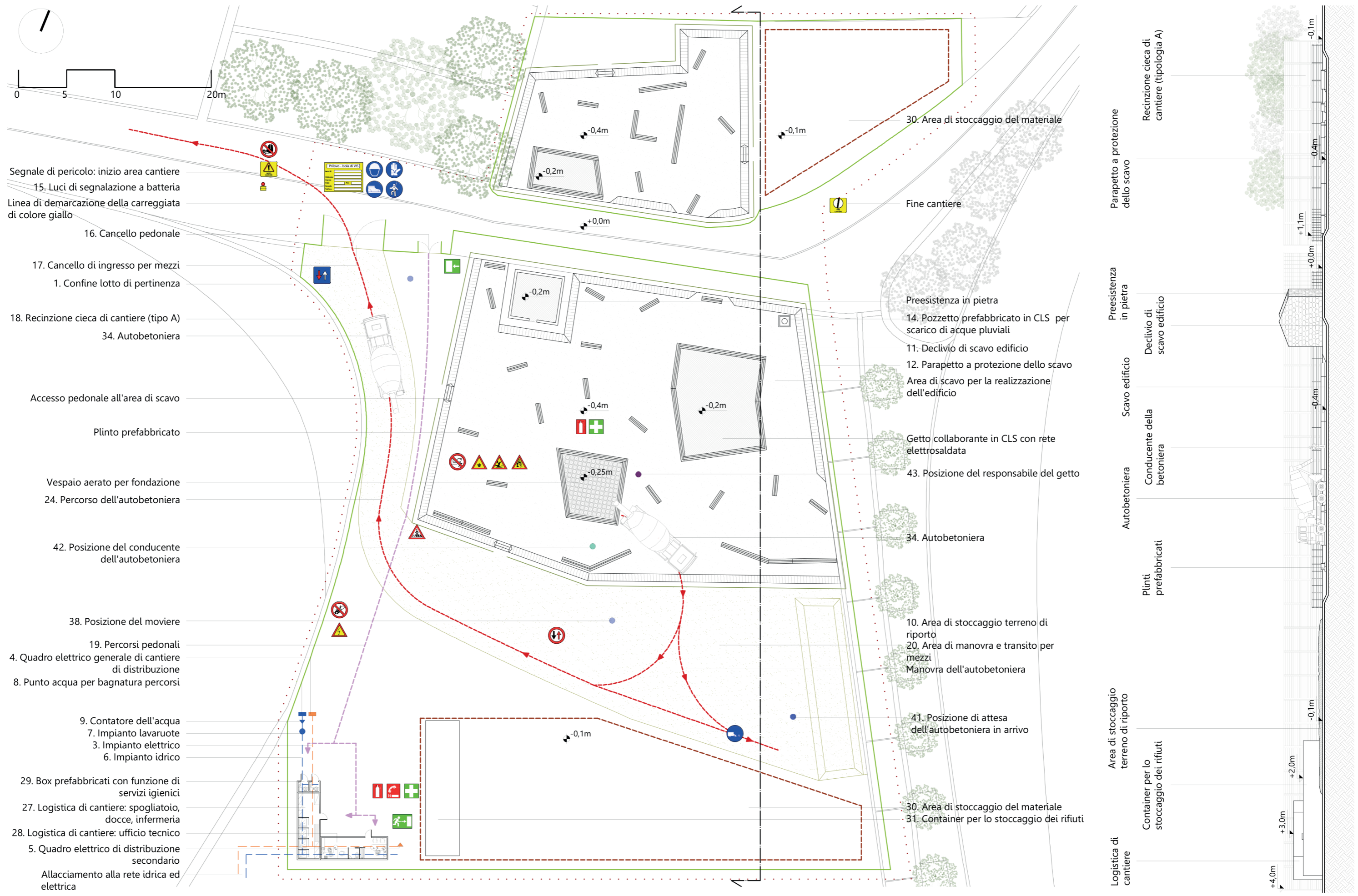
#### POSA DELLA COPERTURA

 45. Posizione degli operai durante le operazioni di collocamento dei pannelli di copertura.

# LAYOUT DI CANTIERE: SCAVO



# LAYOUT DI CANTIERE: RINTERRO E POSA DELLE FONDAZIONI



- Segnale di pericolo: inizio area cantiere
- 15. Luci di segnalazione a batteria
- Linea di demarcazione della carreggiata di colore giallo
- 16. Cancello pedonale
- 17. Cancello di ingresso per mezzi
- 1. Confine lotto di pertinenza
- 18. Recinzione cieca di cantiere (tipo A)
- 34. Autobetoniera
- Accesso pedonale all'area di scavo
- Plinto prefabbricato
- Vespaio aerato per fondazione
- 24. Percorso dell'autobetoniera
- 42. Posizione del conducente dell'autobetoniera
- 38. Posizione del moviere
- 19. Percorsi pedonali
- 4. Quadro elettrico generale di cantiere di distribuzione
- 8. Punto acqua per bagnatura percorsi
- 9. Contatore dell'acqua
- 7. Impianto lavaruote
- 3. Impianto elettrico
- 6. Impianto idrico
- 29. Box prefabbricati con funzione di servizi igienici
- 27. Logistica di cantiere: spogliatoio, docce, infermeria
- 28. Logistica di cantiere: ufficio tecnico
- 5. Quadro elettrico di distribuzione secondario
- Allacciamento alla rete idrica ed elettrica

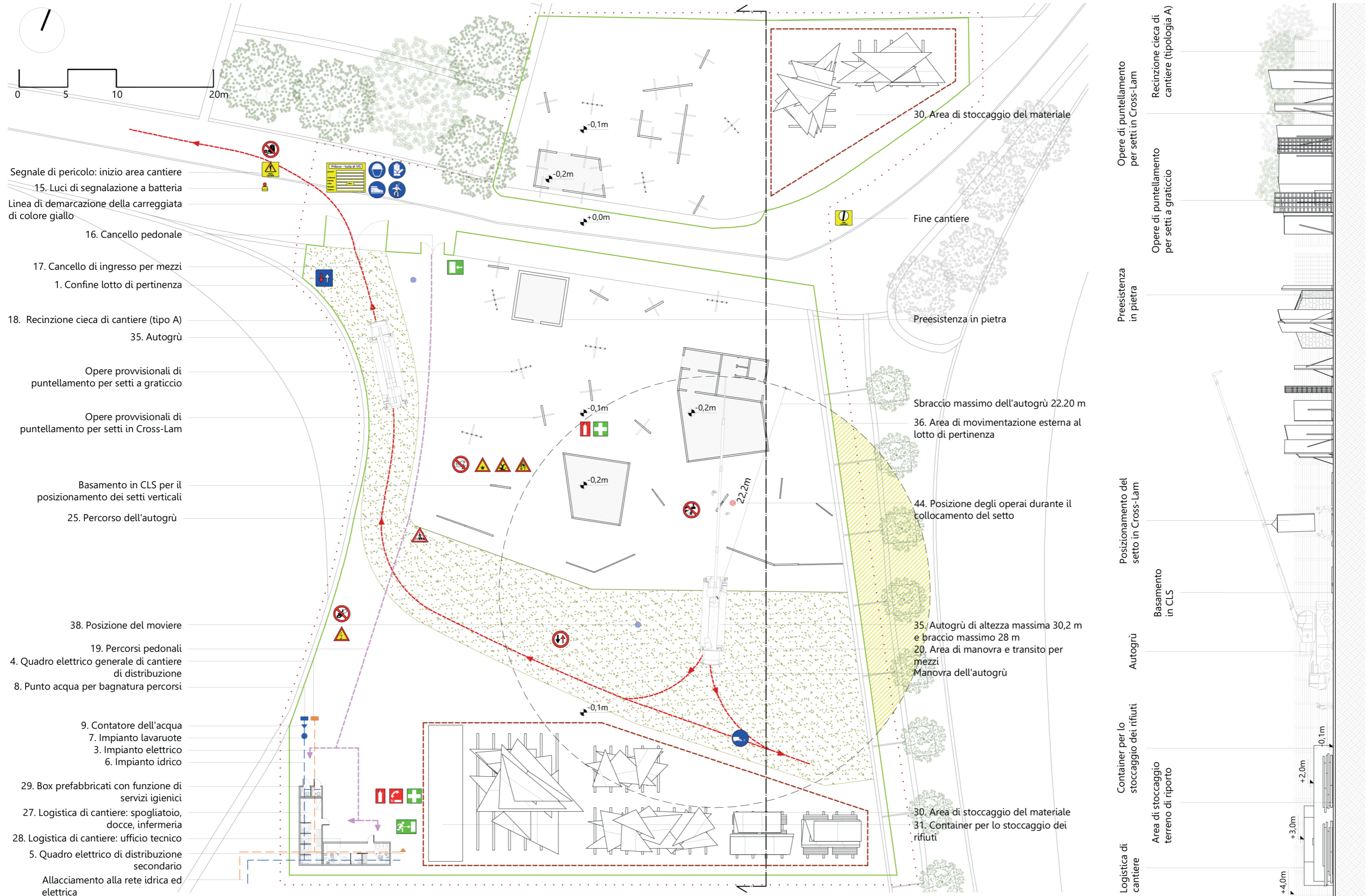
- 30. Area di stoccaggio del materiale
- Fine cantiere
- Preesistenza in pietra
- 14. Pozzetto prefabbricato in CLS per scarico di acque pluviali
- 11. Declivio di scavo edificio
- 12. Parapetto a protezione dello scavo
- Area di scavo per la realizzazione dell'edificio
- Getto collaborante in CLS con rete elettrosaldata
- 43. Posizione del responsabile del getto
- 34. Autobetoniera
- 10. Area di stoccaggio terreno di riporto
- 20. Area di manovra e transito per mezzi
- Manovra dell'autobetoniera
- 41. Posizione di attesa dell'autobetoniera in arrivo
- 30. Area di stoccaggio del materiale
- 31. Container per lo stoccaggio dei rifiuti

- Parapetto a protezione dello scavo
- Recinzione cieca di cantiere (tipologia A)
- Preesistenza in pietra
- Declivio di scavo edificio
- Scavo edificio
- Conducente della betoniera
- Autobetoniera
- Plinti prefabbricati
- Area di stoccaggio terreno di riporto
- Container per lo stoccaggio dei rifiuti
- Logistica di cantiere

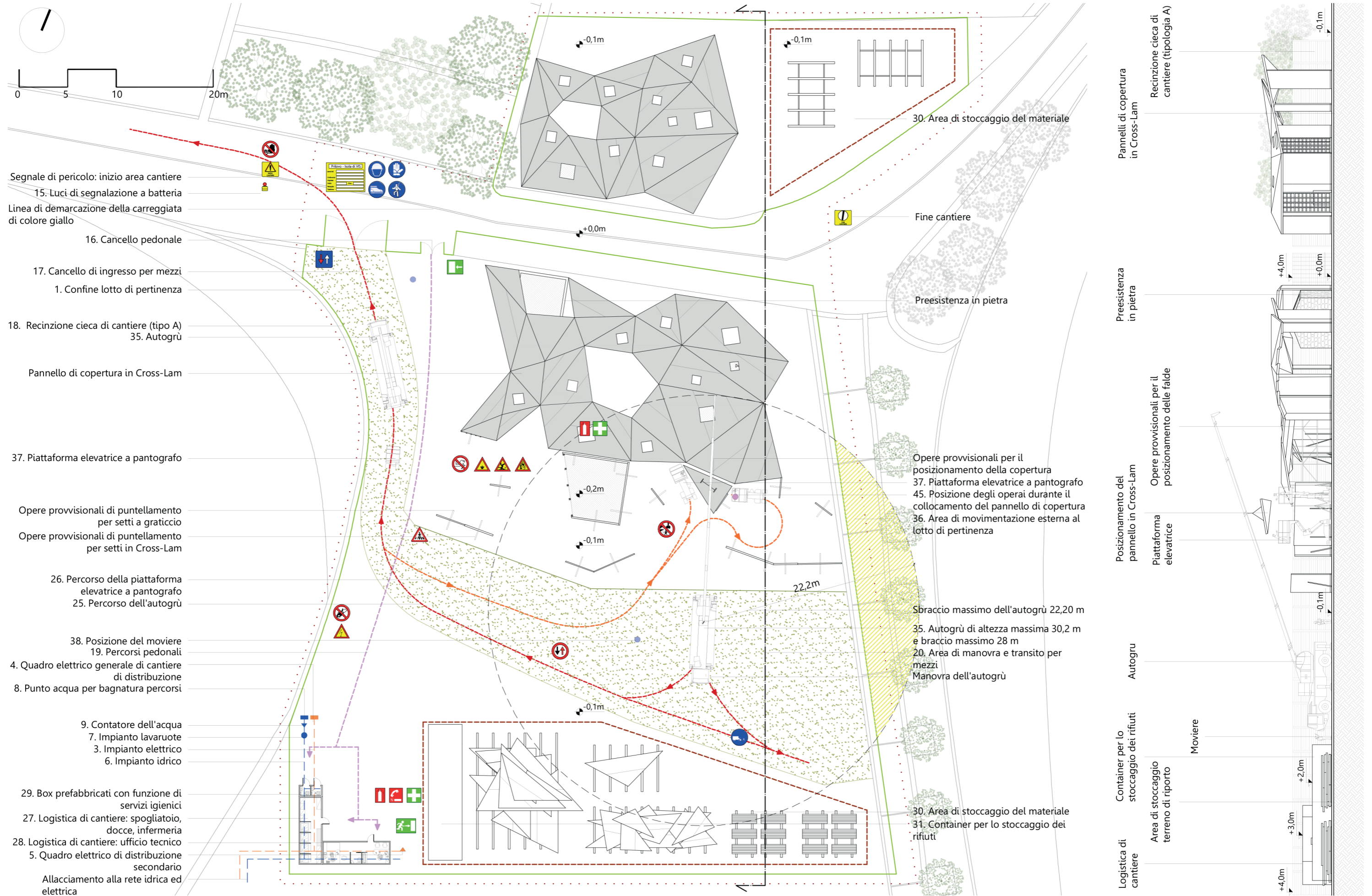
+4,0m  
+3,0m  
+2,0m  
+1,1m  
+0,0m  
-0,4m  
-0,1m



# LAYOUT DI CANTIERE: STRUTTURE DI ELEVAZIONE VERTICALE



LAYOUT DI CANTIERE: POSA DELLA COPERTURA



Segnale di pericolo: inizio area cantiere

15. Luci di segnalazione a batteria  
Linea di demarcazione della carreggiata di colore giallo

16. Cancello pedonale

17. Cancello di ingresso per mezzi

1. Confine lotto di pertinenza

18. Recinzione cieca di cantiere (tipo A)  
35. Autogrù

Pannello di copertura in Cross-Lam

37. Piattaforma elevatrice a pantografo

Opere provvisorie di puntellamento per setti a graticcio  
Opere provvisorie di puntellamento per setti in Cross-Lam

26. Percorso della piattaforma elevatrice a pantografo  
25. Percorso dell'autogrù

38. Posizione del moviere  
19. Percorsi pedonali

4. Quadro elettrico generale di cantiere di distribuzione  
8. Punto acqua per bagnatura percorsi

9. Contatore dell'acqua  
7. Impianto lavar ruote  
3. Impianto elettrico  
6. Impianto idrico

29. Box prefabbricati con funzione di servizi igienici  
27. Logistica di cantiere: spogliatoio, docce, infermeria  
28. Logistica di cantiere: ufficio tecnico  
5. Quadro elettrico di distribuzione secondario  
Allacciamento alla rete idrica ed elettrica

Opere provvisorie per il posizionamento della copertura  
37. Piattaforma elevatrice a pantografo  
45. Posizione degli operai durante il collocamento del pannello di copertura  
36. Area di movimentazione esterna al lotto di pertinenza

Sbraccio massimo dell'autogrù 22,20 m  
35. Autogrù di altezza massima 30,2 m e braccio massimo 28 m  
20. Area di manovra e transito per mezzi  
Manovra dell'autogrù

30. Area di stoccaggio del materiale  
31. Container per lo stoccaggio dei rifiuti

Pannelli di copertura in Cross-Lam

Preesistenza in pietra

Posizionamento del pannello in Cross-Lam

Autogrù

Container per lo stoccaggio dei rifiuti

Logistica di cantiere

Recinzione cieca di cantiere (tipologia A)

Opere provvisorie per il posizionamento delle falde

Moviere

Area di stoccaggio terreno di riporto