

Silvia Tedesco

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICO AMBIENTALE DEL COSTRUITO: EDIFICI SCOLASTICI



RIQUALIFICAZIONE ENERGETICO AMBIENTALE DEL COSTRUITO: EDIFICI SCOLASTICI

Silvia Tedesco



ALINEA
EDITRICE

INTRODUZIONE	9
---------------------	----------

PARTE I – SCUOLE, ENERGIA E AMBIENTE

1.1 Edilizia scolastica in Europa ed in Italia	13
1.1.1 L'Europa e l'approccio ambientale	13
1.1.2 L'Italia e il problema della riqualificazione tecnologico-ambientale dell'esistente	18
1.2 Politiche per l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale di edifici scolastici	25
1.2.1 I progetti europei	25
1.2.2 I progetti nazionali	28
1.3 Quadro normativo di riferimento	31

PARTE II – CASI STUDIO

2.1 Interventi sull'esistente e nuove costruzioni: i progetti selezionati	39
2.2 <i>Riqualificazione energetica ed ampliamento dell'Istituto Scolastico Comprensivo "Abbazia", Albino (BG)</i> Arch. A. Fassi – Arch. G. Sottero, Arch. T. Todorovic (coprogettisti) (Ilaria Nava)	40
2.3 <i>Riqualificazione energetica ed ampliamento della scuola elementare e materna KOM, Pianizza di Sopra, Caldaro (BZ)</i> Arch. M. Tribus (Francesca Thiebat)	46
2.4 <i>Ampliamento dell'Istituto Scolastico Comprensivo, Albiate (MI)</i> Arch. A. Fassi – Arch. G. Borgonovo, Arch. E. Micelli (coprogettisti) (Ilaria Nava)	52
2.5 <i>Ampliamento della scuola elementare del Contà, Pieve di Soligo (TV)</i> Allenarchitettura, Zara e Spagnol Architetti (Ilaria Nava)	57
2.6 <i>Scuola secondaria di primo grado "L. Orsini", Imola (BO)</i> Arch. A. Dal Fiume (Mario Grosso)	61
2.7 <i>Scuola dell'infanzia Loc. Folzano, Brescia (BS)</i> Studio associato di architettura Pietrobelli e Zizioli (Valentino Manni, Andrea Levra Levron)	67

2.8	Nuovo asilo nido presso l'area della scuola materna "Anna Frank", Nichelino (TO) Artech Studio (Arch. G. Pavoni) (Valentina Marino)	76
2.9	Scuola dell'infanzia "Pollicino", Rivalta (TO) Studio 999 e Arch. D. Angelotti (Francesca Thiebat)	82
2.10	Scuola dell'infanzia a Vinovo (TO) Studio Avventura Urbana (Arch. M. Robiglio) (Francesca Thiebat)	87
2.11	Centro Ecotaller, L'Avana, Cuba Arch. G. Piovaccari (capogruppo) (Giuseppe Piovaccari, Paola Galdi)	96
2.12	Riqualificazione energetica ed ampliamento della Ashley Church of England Primary School, Walthon-on-Thames, Inghilterra The Fairhursts Design Group (Arch. E. Fell) (Giulia Bonomi)	103
2.13	Confronto dei progetti: tabella di sintesi	109

PARTE III – CRITERI E TECNOLOGIE PER IL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ECOCOMPATIBILE

(Donatella Marino, Gabriella Peretti)

3.1	Analisi preliminari sul contesto e sull'edificio	113
3.1.1	Analisi di sito	113
3.1.2	Rilievo tecnologico	117
3.2	Scelte progettuali in rapporto a orientamento, forma e configurazione planivolumetrica	119
3.3	Repertorio di sistemi e di tecnologie di intervento	121
3.3.1	Sistemi per la riduzione delle dispersioni termiche degli elementi di involucro	121
3.3.2	Sistemi di schermatura	123
3.3.3	Sistemi passivi per lo sfruttamento dell'energia solare	125
3.3.4	Sistemi attivi per lo sfruttamento dell'energia solare	128
3.3.5	Sistemi di recupero dell'acqua piovana	131
3.3.6	Integrazione della vegetazione nell'edificio e negli spazi aperti	131

PARTE IV – APPLICAZIONE AD EDIFICI CAMPIONE

4.1	Casi studio e metodologia di indagine	139
4.2	Valutazione dei casi studio	145
4.2.1	Analisi di sito e rilievo tecnologico degli edifici	145
4.2.2	Analisi prestazionale degli edifici	151
4.3	Ipotesi di intervento e risultati	153
4.3.1	Analisi prestazionale dopo gli interventi	153
4.3.2	Schede tecnologiche	156
4.3.3	Confronto dei casi studio	162
4.3.4	Generalizzazione dei risultati: problemi ricorrenti e relative categorie di intervento nella riqualificazione di edifici scolastici	166

PARTE V – LINEE GUIDA

5.1	Uno strumento operativo per il progetto di riqualificazione	171
5.1.1	Destinatari e finalità	171
5.1.2	Impostazione metodologica: la norma UNI 11277:2008	173
5.2	Esigenze, requisiti, indicatori	175
5.2.1	Quadro di riferimento	175
5.2.2	Struttura delle schede	178
5.3	Schede delle linee guida	179
5.3.1	Schede per l'eco-efficienza della struttura	179
5.3.2	Schede per l'eco-efficienza della gestione	228

BIBLIOGRAFIA	265
---------------------	-----

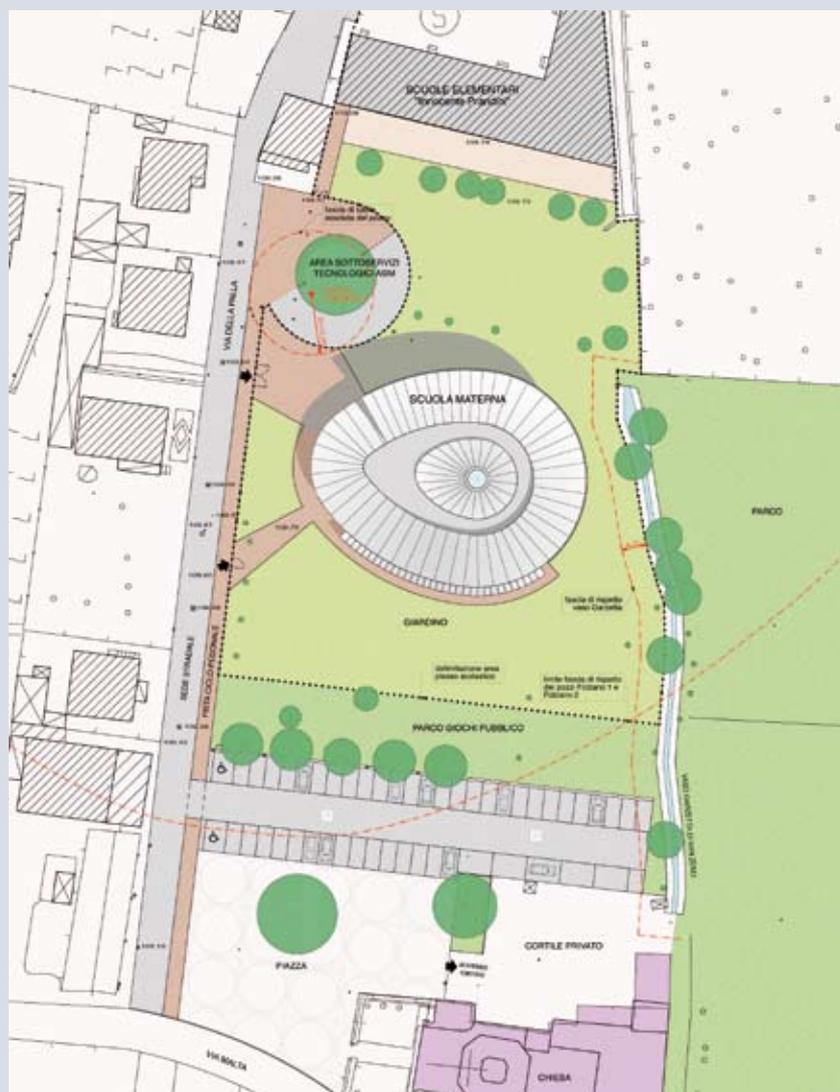
FONTI E REFERENZE ICONOGRAFICHE	269
----------------------------------------	-----

2.7

Scuola dell'infanzia Loc. Folzano, Brescia (BS)

Valentino Manni, Andrea Levra Levron

L'intervento per la realizzazione di questa nuova scuola dell'infanzia a tre sezioni per novanta alunni è stato programmato dal Comune di Brescia per far fronte alle esigenze del plesso scolastico Prandini, che attualmente comprende, in un'unica struttura multipiano, una scuola elementare ed una scuola dell'infanzia. Quest'ultima non rispetta i minimi parametri ministeriali richiesti per le attività didattiche e non è quindi idonea a far fronte alla prevista espansione demografica dell'abitato di Folzano. Il nuovo edificio, concepito in termini di sostenibilità ambientale, offrirà all'utenza una moderna struttura adeguata alle esigenze didattiche.



Localizzazione

Loc. Folzano, Brescia (BS)

Committente

Comune di Brescia

Progetto architettonico

Studio Associato di Architettura Pietrobelli e Zizioli

Consulenza ambientale

Dipartimento di Scienze e Tecniche per i Processi di Innesidamento - Politecnico di Torino.

Responsabili: Prof. Arch. Gabriella Peretti, Arch. Valentino Manni;
Collaboratori: Dott.ssa Donatella Marino, Arch. Andrea Levra Levron.

Impresa costruttrice

Omicron's GENERAL CONTRACTOR

Tipologia di intervento

Nuova costruzione

Anno

2010

Fig. 2.52 – Planimetria generale.

STRATEGIE E SISTEMI ECOCOMPATIBILI

Contesto e sito

L'edificio si inserisce in un'area pianeggiante collocata entro l'abitato di Folzano, nelle vicinanze della chiesa parrocchiale e all'interno di una zona urbanistica di completamento, con densità costruttiva relativamente bassa. Lo spazio di pertinenza della scuola dell'infanzia si sviluppa su un lotto pianeggiante, delimitato ad est da un filare di alberi ad alto fusto, ad ovest da via della Palla, su cui si affacciano edifici residenziali isolati di due o tre piani fuori terra, a nord dal plesso scolastico Prandini e a sud da un'altra barriera vegetale di alberi di media altezza.

Orientamento, forma, configurazione planivolumetrica

Lo studio dell'interazione tra fattori climatici e condizioni ambientali di contesto, l'attenzione per il risparmio energetico e per la qualità degli ambienti, pensati a misura di bambino, sono gli elementi chiave sui quali sono state basate le scelte architettoniche.

L'edificio, di forma compatta al fine di ridurre al massimo le superfici esterne disperdenti, è costituito da un piano fuori terra di circa mille metri quadrati. La sua morfologia e il suo orientamento consentono di sfruttare al meglio la dinamica del soleggiamento di sito e conferiscono al contempo la minor esposizione ai venti dominanti nel periodo invernale.

La distribuzione planivolumetrica si articola intorno alla grande sala per le attività libere, elemento centrale e fulcro del progetto, con pianta a forma ovale, copertura a sezione curvilinea e luce zenitale. Questo spazio comunica in modo radiale con i locali principali come una piccola piazza interna e rappresenta un luogo in cui i bambini possono sviluppare una dimensione di socializzazione comunitaria.

Sulla facciata sud, in corrispondenza delle tre aule per le attività didattiche, è addossata una serra, che caratterizza il linguaggio formale del progetto oltre a costituire un elemento importante ai fini della prestazione energetica, enfatizzato dal fatto di ospitare in copertura parte dell'impianto fotovoltaico dell'intero complesso. Il contributo stimato per effetto della serra alla riduzione del fabbisogno energetico specifico dell'involucro è pari a circa 1,67 kWh/m³ anno.

La particolare conformazione planimetrica ad andamento ellittico asseconda la geometria del percorso solare, tanto che le ombre prodotte dal contesto adiacente - presente nei quadranti sud-est/sud ovest - interferiscono con l'edificio e soprattutto con la serra solo parzialmente e per brevi periodi durante le giornate a ridosso del solstizio di dicembre.

La differenziazione volumetrica dei locali caratterizza le attività che essi contengono: le aule e la hall d'ingresso sono volumi con copertura a falda inclinata, pendenza verso l'interno, inclinazione costante (crescente da cinque a trentacinque gradi) e aggetti a protezione dei fronti; gli spazi per i locali accessori all'attività didattica e la mensa sono volumi ad altezza costante con copertura piana, al di sopra dei quali trova alloggiamento la zona tecnica, avente a sua volta copertura a sviluppo quasi parabolico su cui sono integrati moduli fotovoltaici di silicio amorfo.

Tecnologia costruttiva e materiali

Obiettivo principale del progetto della nuova scuola dell'infanzia è stato quello di realizzare un edificio che, oltre a garantire in modo ottimale l'esercizio delle funzioni caratteristiche della destinazione d'uso, fosse in grado di rappresentare un buon modello di sostenibilità ambientale. A questo scopo, il processo di progettazione integrata ha consentito di

valutare per ogni scelta effettuata la ricaduta in termini di sostenibilità ambientale.

Per aumentare l'efficienza energetica dell'edificio e nel contempo ridurre il fabbisogno d'energia primaria, l'intervento prevede:

- la minima dispersione termica;
- il minimo consumo energetico;
- la massima autonomia energetica.

L'edificio poggia su una platea monolitica in calcestruzzo armato avente spessore pari a 30 centimetri sotto la quale è stato realizzato l'isolamento termico in vetro cellulare riciclato.

La struttura portante è mista ed è composta da elementi in calcestruzzo armato, acciaio e muratura in laterizio porizzato con spessore variabile di 25 e 30 centimetri.

L'isolamento termico delle chiusure verticali e della copertura è a capotto, realizzato in pannelli di vetro cellulare riciclato con spessore medio di 20 centimetri.

Gli elementi strutturali della copertura a falda inclinata sono costituiti da una serie di profilati in acciaio zincato, poggiati su cordoli in calcestruzzo armato posti sulla sommità della muratura portante. Per eliminare il ponte termico degli elementi in acciaio della copertura, che sporge a protezione dei fronti, è stato adottato un sistema di taglio termico che prevede la separazione del profilo in due porzioni fisicamente distinte e unite mediante bullonatura previo inserimento di uno strato separatore in neoprene.

La copertura dello spazio centrale, cuore della scuola dell'infanzia, è stata risolta creando una cupola con orditura portante metallica.

I serramenti, con telaio in alluminio a taglio termico e vetri camera basso emissivi, hanno trasmittanza termica globale inferiore a $1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Impianti

L'impianto di climatizzazione è di tipo misto ad aria primaria, con pannelli radianti e radiatori tradizionali. L'energia termica per la climatizzazione invernale viene prelevata tramite uno scambiatore di calore alimentato dalla rete di teleriscaldamento cittadina. La presenza nel comprensorio del comune di Brescia di un sistema di teleriscaldamento urbano, infatti, rende superflua l'installazione di un generatore di calore tradizionale così come l'utilizzo di pannelli solari termici.

L'energia frigorifera è invece prodotta in loco da un refrigeratore raffreddato ad aria, collocato al di sopra della copertura piana e alimentato in parte dall'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico.

La produzione di acqua calda sanitaria avviene tramite un bollitore collegato al circuito secondario del teleriscaldamento.

Nel dettaglio, l'impianto di climatizzazione si compone di:

- scambiatore di calore a piastre, alimentato dal teleriscaldamento urbano con potenza nominale di 60 kW;
- gruppo frigorifero condensato ad aria della potenzialità di 22 kW;
- unità di trattamento aria primaria con portata di $4000 \text{ m}^3/\text{h}$, dotata di recuperatore di calore statico e termodinamico (funzionamento con ciclo frigorifero ad inversione estiva ed invernale) in grado di ottenere un recupero del 90% del calore dell'aria estratta;
- circuiti di distribuzione idraulica del fluido caldo e freddo dotati di termoregolazione climatica;
- impianto di climatizzazione con pannelli radianti a soffitto per le aule disposte sul lato sud dell'edificio. Questa soluzione, a bassa inerzia termica, permette di far fronte alla variabilità del carico termico dovuto all'irraggiamento solare;

- impianto di climatizzazione con pannelli radianti a pavimento per le zone interne non soggette ad un irraggiamento significativo;
- impianto di riscaldamento con radiatori per i servizi igienici¹.

Parte dell'energia elettrica necessaria è prodotta dall'impianto fotovoltaico in moduli di silicio amorfo, totalmente integrati architettonicamente sulla porzione di copertura orientata a sud e sulla copertura della serra, per un totale di 168 metri quadrati di superficie esposta. L'impianto, con potenza nominale di 10,4 kWp, opera in parallelo alla rete elettrica di distribuzione e si stima essere in grado di produrre circa 13MWh/anno, con una riduzione annua di emissioni di CO₂ equivalente pari a circa 7,2 tonnellate.

Con l'obiettivo di utilizzare razionalmente le risorse idriche e favorirne il risparmio, sono stati installati rubinetti a controllo automatico di erogazione e vaschette di cacciata dei wc a doppia portata e, inoltre, è stato previsto il recupero e il riutilizzo dell'acqua piovana. Questa viene raccolta e accumulata in serbatoi per essere utilizzata – previo filtraggio e trattamento deacidificante – per l'irrigazione delle superfici a verde, per il lavaggio delle superfici esterne pavimentate e per uso sanitario. È quindi prevista la realizzazione di una rete duale di distribuzione dell'acqua per l'alimentazione delle cassette di scarico dei wc.

¹ Dati ricavati dalla Relazione tecnica impianti meccanici – Ing. Umberto Bianchini.

PARAMETRI ENERGETICI RELATIVI ALL'INVOLUCRO

Chiusure opache verticali: $U=0,18 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$

Copertura: $U=0,17 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$

Solaio su terreno: $U=0,14 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$

Chiusure trasparenti: $U=1,78 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$

Trasmittanza media involucro: $U=0,30 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$

FABBISOGNI ENERGETICI DELL'EDIFICIO

Riscaldamento: $3,2 \text{ kWh/m}^3 \text{ anno}$



Dall'alto in basso
Fig. 2.53 – Simulazione tridimensionale dell'intervento.

Fig. 2.54 – Il fronte sud, in evidenza la serra con fotovoltaico integrato in copertura.

Fig. 2.55 – Il fronte sud in fase di cantiere.



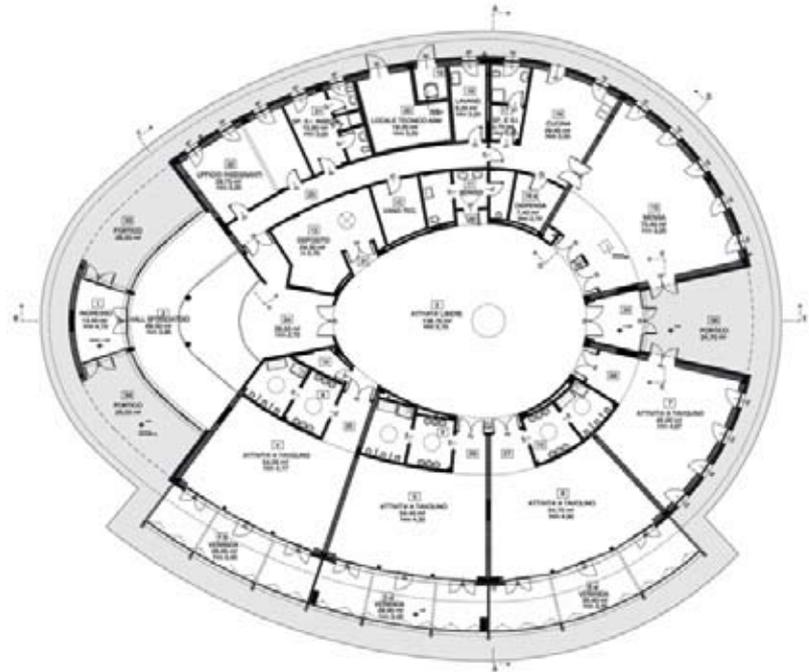


Fig. 2.56 – Pianta del piano terreno.

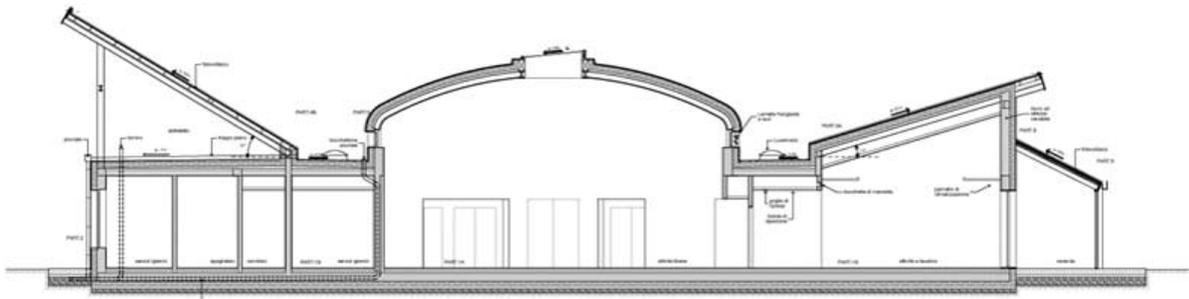


Fig. 2.57 – Sezione trasversale AA.

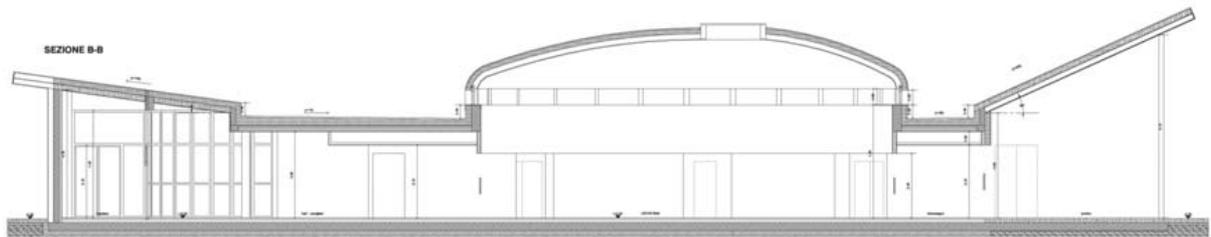


Fig. 2.58 – Sezione longitudinale BB.



Fig. 2.59 – Fase conclusiva di posa dell'isolamento termico sottoplatea di fondazione.

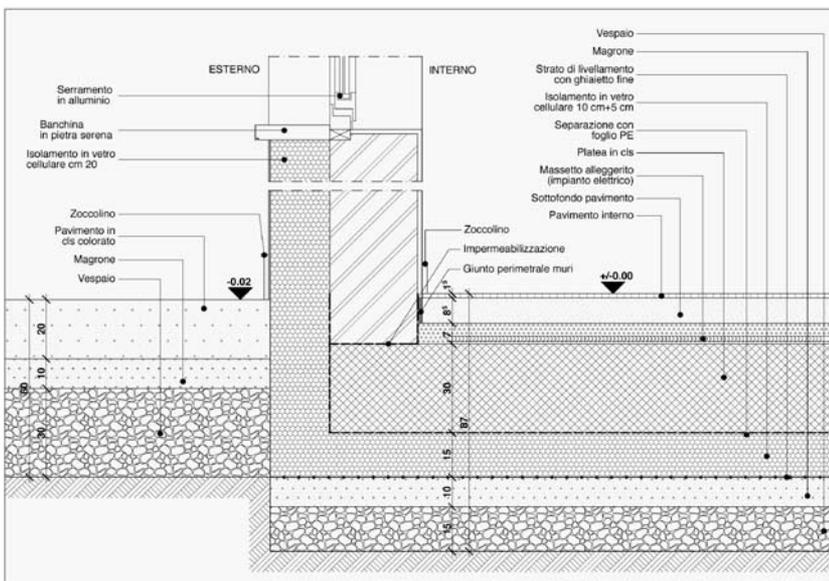


Fig. 2.60 – Particolare costruttivo dell'attacco a terra dell'edificio.



Fig. 2.61 – Dettaglio dell'isolamento termico sottoplatea.



Fig. 2.62 – L'isolamento a cappotto in vetro cellulare (foto: Andrea Levra Levron).



Sopra
Fig. 2.63 – Dettaglio dell'isolamento a cappotto (foto: Andrea Levra Levron).



A destra
Fig. 2.64 – Dettaglio del risvolto dell'isolamento a cappotto dalla fondazione alle strutture di elevazione (foto: Andrea Levra Levron).



Fig. 2.65 – Fasi di posa della cupola di copertura dello spazio centrale per attività libere.



Fig. 2.66 – La struttura metallica della cupola.



Fig. 2.67 – Vista interna della struttura della cupola prima del rivestimento di finitura.