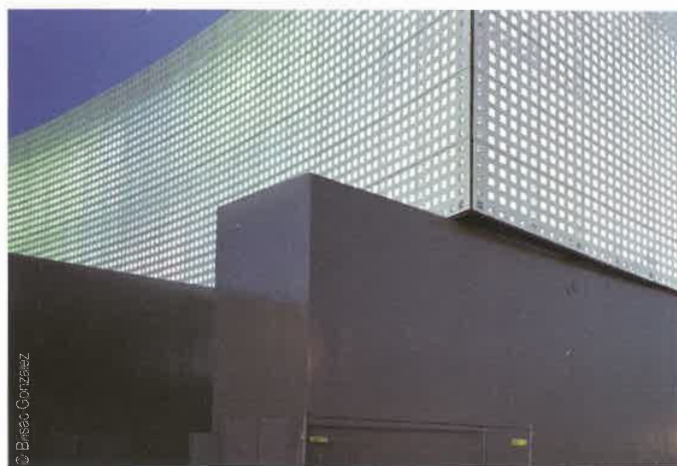


# PELLE SPESSA

**Cls come pietra, cls trasparente, cls riflettente, cls luminoso: resta massivo, ma appare lieve, conservando le prestazioni specifiche di isolamento termico e acustico**

Jacopo Gaspari



## TRASLUCENZA

Vista della facciata traslucida in pannelli di calcestruzzo con inserti vetrati del Centro polifunzionale di Aurillac. Particolare degli inserti vetrati a piramide, concepiti come una lente di Fresnel, posti nei pannelli in calcestruzzo della facciata. Particolare della facciata retroilluminata del Centro polifunzionale di Aurillac.

L'ampio ventaglio di alternative tecnologiche e formali disponibili sul mercato ha moltiplicato le possibilità espressive ponendo in primo piano non solo la scelta delle tecniche realizzative, ma soprattutto quella dei materiali. Il calcestruzzo, nelle sue molteplici forme di applicazione, si sta rivelando un interessante terreno di sperimentazione, come testimoniano le realizzazioni di Zaha Hadid, UnStudio, Wiel Arets, solo per richiamare alcuni dei principali interpreti dello star system architettonico. Tuttavia, ciò che maggiormente desta curiosità è il fatto che, in molti dei più recenti progetti, la caratterizzazione del manufatto non derivi da una ricerca tesa a sottolineare la prestazione strutturale del calcestruzzo, ma da un suo utilizzo come elemento di finitura dell'involucro. La trasformazione dei modi di produzione, l'incremento delle possibilità costruttive e l'evoluzione culturale, che hanno investito in misura diversa la progettazione delle

facciate, hanno per certi versi modificato la "voce" del materiale.

Da elemento strutturale per eccellenza, il calcestruzzo ha assunto nuove caratteristiche che si confrontano con le più complesse esigenze di natura estetica, formale, tecnologica e funzionale. Un ulteriore contributo alla riflessione è fornito dal fatto che, sempre più spesso, si faccia ricorso a pannelli prefabbricati o preassemblati in calcestruzzo piuttosto che a veri e propri getti in opera; aspetto questo da ascrivere a una molteplicità di ragioni di ordine culturale, prima ancora che di carattere economico. La necessità di contrarre i tempi di esecuzione e limitare le lavorazioni da effettuare in cantiere ha favorito l'adozione di tecnologie a secco che se da una parte consentono una diversa gestione dei costi, dall'altra permettono anche di ipotizzare trattamenti più complessi delle superfici altrimenti eccessivamente onerosi per poter essere realizzati in opera.

È questo, per esempio, il caso del Centro Polifunzionale di Aurillac in Francia, recentemente completato dallo studio Brisac Gonzalez, in cui sono stati utilizzati particolari pannelli di rivestimento in calcestruzzo con inserti in vetro. Realizzare questi elementi in opera avrebbe comportato un processo lento e costoso, di difficile controllo dal punto di vista esecutivo. Viceversa la scelta di assemblare a secco i pannelli sulle strutture portanti in calcestruzzo gettate in opera ha offerto l'opportunità di effettuare un efficiente

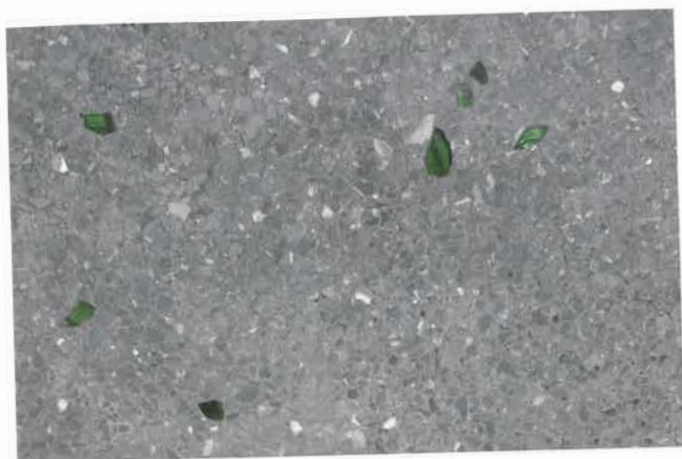
controllo geometrico-dimensionale e di raggiungere maggiori garanzie in termini di qualità estetica e funzionale.

L'edificio, una grande sala adibita a eventi pubblici di varia natura (dalle fiere alle manifestazioni sportive, dagli spettacoli dal vivo ai concerti), è caratterizzato da lunghi nastri di facciata in calcestruzzo con andamento curvo che sormontano la parte basamentale assimilabile a una forma trapezoidale. I nastri curvilinei delle facciate sono costituiti da un sistema di pannelli prefabbricati in calcestruzzo, con inserti in vetro, montati su una sottostruttura metallica a sua volta fissata alle strutture principali. Ciascun pannello quadrato, della dimensione di 1,5 metri di lato, contiene 25 elementi in vetro di forma piramidale, appositamente prodotti in Portogallo, con l'idea che, come delle piccole lenti di Fresnel, amplifichino gli effetti di luce che filtrano attraverso la facciata. I pannelli sono stati realizzati in stabilimento disponendo in un apposito cassero gli elementi vetrati secondo una maglia quadrata, armando le rimanenti parti con barre in acciaio e gettando un calcestruzzo piuttosto fluido a saturare gli spazi non occupati dagli inserti. Al fine di non colare il calcestruzzo anche dentro le piramidi in vetro queste sono state opportunamente protette con degli elementi di riempimento in polistirolo che, dopo aver livellato il pannello, sono stati rimossi. L'effetto che ne deriva è alquanto singolare perché, sebbene il pannello abbia un aspetto massivo, tipico del calcestruzzo,

## Superfici in cls

Effetto superficiale	Tecnologia	Esempio
Facciata traslucida, diffusione all'esterno della luce artificiale - cls "trasparente".	Pannelli prefabbricati con inserti in vetri.	Centro Polifunzionale di Aurillac, Francia
Facciata "lucente" per l'utilizzo di frammenti di vetro nella composizione del cls. La luce sul vetro crea piccoli riflessi.	Soluzione gettata in opera o prefabbricata, il vetro riciclato all'interno della miscela ha un ottimo comportamento. È utilizzato anche nei cls strutturali.	Edificio residenziale a Rotterdam
Facciata "filtrante", si ottiene attraverso un sistema modulare che consente di ripetere enne volte un determinato effetto.	Elementi prefabbricati sagomati ad "X", inclinati su una faccia che, assemblati, generano una superficie variata. La luce filtra dalle cavità.	Pannello presentato all'Esposizione Internazionale di Saragozza
Effetto di rilievo. Facciata "dinamica", ottenuta attraverso il disegno del pannello	Pannelli modulari in cls con un motivo puntuale in rilievo ad andamento decrescente. A seconda delle prospettive la facciata appare dinamica.	Impianto sportivo a Utrecht
Effetto di incisione. Facciata "dinamica" ottenuta attraverso l'incisione del pannello	Elementi modulari in cls "disegnati" a motivi romboidali che amplificano il "movimento" del prospetto (per la struttura inclinata).	Centro Congressi di Saragozza
Cls effetto pietra ottenuto colorando l'impasto	Particolare trattamento del pannello ottenuto mediante abrasione meccanica dello strato superficiale	Acquario di Saragozza





### LUCENTEZZA

Particolare di un pannello in calcestruzzo con inserti derivanti da vetro tritato riciclato. Particolare di una matrice in gomma per getti in calcestruzzo.



la luce che filtra attraverso gli oltre 25.000 inserti rende la facciata traslucida creando all'interno vibranti giochi di luci e ombre, amplificando nelle ore notturne la diffusione all'esterno

della luce artificiale. Questo effetto, combinato all'impiego di diverse fonti di illuminazione abbinate agli spettacoli, crea una continua variabilità dell'involucro che diviene così il principale strumento di comunicazione dell'edificio. Il ricorso alla prefabbricazione ha permesso di ridurre notevolmente i costi di produzione degli elementi tanto che il costo finale dell'edificio non ha superato i 1500 euro per metro quadro.

Meno spettacolare, ma altrettanto interessante, è l'utilizzo di frammenti di vetro, provenienti da attività di riciclo, nella composizione del calcestruzzo. Diversamente dal caso di Aurillac, l'effetto non è giocato sulla trasparenza, ma sulla lucentezza degli elementi rispetto alla superficie opaca del cemento. La luce impattando sul vetro



### FILTRANTE

Vista d'insieme e particolare di un rivestimento realizzato in elementi modulari a "X". Il leggero oggetto di una delle due facce del singolo elemento attribuisce, in base alla combinazione assegnata, un effetto dinamico all'insieme creando anche un efficace sistema di schermatura della luce naturale.

crea dei piccoli riflessi, simili a quelli che si notano osservando una pietra con inserti di minerali più pregiati. L'effetto è amplificato dalla disposizione casuale dei frammenti aggiunti alla miscela. Sebbene questo tipo di soluzione venga utilizzato solo a fini estetici (sia nella soluzione gettata in opera che in quella prefabbricata) ha il pregio di aumentare le possibilità di applicazione del materiale vetroso riciclato che, peraltro, ha un ottimo comportamento all'interno della miscela come testimonia la sua introduzione nei calcestruzzi strutturali sotto forma di sabbia fine per sostituire la più tradizionale sabbia di fiume.

Al di là dell'utilizzo di inserti nei pannelli, uno degli aspetti che sembra prevalere in questo ambito di ricerca è rappresentato dalla possibilità di ottenere una superficie filtrante attraverso un sistema modulare che consenta di ripetere un determinato effetto per un'estensione non definita. Un efficace esempio in tal senso è offerto da un elemento prefabbricato in calcestruzzo a forma di "X", leggermente inclinata su una faccia, recentemente presentato durante l'Esposizione Internazionale di Saragozza. Una volta assemblati, questi elementi generano una superficie doppiamente variata sia per effetto dell'andamento diagonale dei bracci, sia per effetto del leggero oggetto sul piano verticale. La luce che filtra dalle cavità è, di conseguenza, modulata diversamente in funzione dell'esposizione e dell'orientamento. Un fatto non secondario in questo tipo di soluzioni, così come in altre analoghe, è rappresentato dai "rilievi" che gli elementi producono sul piano della facciata. A costituire un fattore di variazione non è, infatti, solo la geometria del pannello o dell'elemento, ma anche il suo "disegno" che può essere lineare o puntuale, piano o rilevato. L'esigenza di operare sulla superficie del pannello può nascere da scelte di carattere estetico o da requisiti particolari come l'isolamento acustico. In questo secondo caso, i rilievi posti sul pannello hanno la funzione di smorzare le onde acustiche e di proteggere il retrostante sistema di chiusura. Inevitabilmente, ogni forma di disegno del pannello presenta delle ricadute sulla lettura del piano di facciata che viene segnato non più solo dalle fughe tra un elemento modulare e l'altro, ma anche dalle ombre prodotte dai rilievi o dalle incisioni. Questi aspetti diventano ulteriori variabili del progetto della facciata e in alcuni casi, come quello del nuovo impianto sportivo alla periferia di Utrecht realizzato su progetto di Wiel Arets, possono diventare gli elementi di



### EFFETTO DI RILIEVO

Vista del rivestimento in pannelli di calcestruzzo nero del Centro Sportivo di Utrecht realizzato su progetto di Wiel Arets. La presenza di piccoli rilievi regolari sulla superficie dei pannelli crea un effetto di percezione dinamica della facciata. Particolare dei rilievi puntuali con andamento decrescente presenti sui pannelli.



caratterizzazione formale di edifici dal budget limitato altrimenti destinati a esiti di basso profilo. Il complesso sportivo, costituito da un insieme di corpi rettangolari aggregati intorno a un grande spazio centrale che ospita i campi da gioco, è realizzato all'insegna della praticità e dell'economia. Sebbene l'impianto distributivo appaia, come nella maggior parte dei progetti di Wiel

Arets, estremamente efficace nel risolvere l'assetto funzionale, la natura della struttura e soprattutto le limitate risorse non consentono particolari slanci dal punto di vista compositivo, cosicché una buona parte della riconoscibilità dell'edificio è affidata, come già sperimentato con successo nella non lontana biblioteca del campus universitario, al rivestimento di facciata. Quest'ultimo è costituito

MiniMetro, Perugia, 2008

## Cemento e pigmenti colorati

Il tracciato del Minimetro di Perugia prevede il collegamento da Pian di Massiano alla stazione Terminale di Pincetto, in centro città, un percorso lungo circa 3 km che si snoda in parte fuori terra in parte in maniera ipogea, che ha richiesto un'attenta valutazione di impatto ambientale. La realizzazione architettonica e ingegneristica è stata curata da un team di professionisti, mentre la direzione artistica è stata affidata a Jean Nouvel. Il progetto ha dovuto affrontare notevoli gradi di complessità legati alla natura sperimentale del sistema di trasporto Minimetro e alla delicatezza geografica e storica dei luoghi attraversati, si è quindi imposta la necessità di dover ricorrere a soluzioni innovative e sperimentali sia sul piano tecnologico che normativo. È però nel suo rapporto con la città che il

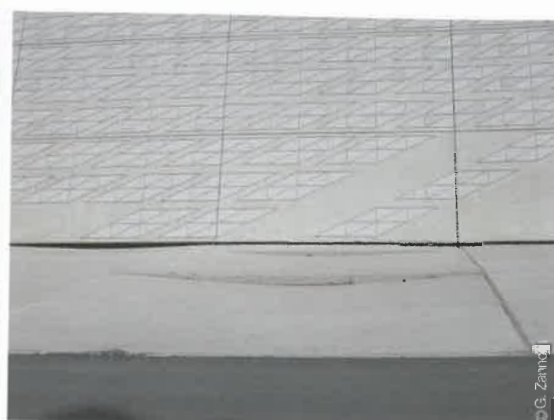
progetto ha avuto il suo momento tecnico e culturale più impegnativo. Il gruppo di progettazione dell'Atelier Jean Nouvel, a capo dell'associato Alessandro Carbone, ha utilizzato una architettura lineare, leggera e trasparente, dando un'impronta contemporanea alla struttura senza enfasi high-tech, utilizzando un linguaggio architettonico minimale, fatto di frammistione tra acciaio, vetro e cemento armato con l'aggiunta di pigmenti colorati nella pasta.

A questo approccio minimalista e pulito nella lavorazione dei materiali metallici si accosta quindi il trattamento delle superfici in calcestruzzo della galleria, che sono state realizzate invece con particolari casseri in grado di restituire alla parete una superficie sfaccettata, grezza ma al contempo 'soffice'. Un rapporto

quindi quasi tattile con il contesto, coniugato in relazione ai diversi punti del percorso e realizzato con materiali trattati in maniera suggestiva, compito alquanto difficile in una città storica come Perugia.







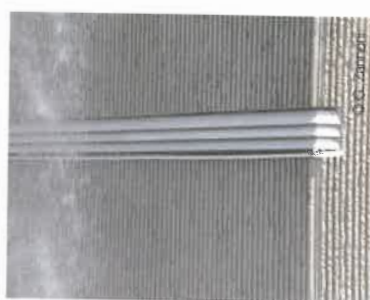
### EFFETTO DI INCISIONE

Vista d'insieme e particolare del sistema di facciata del Centro Congressi di Saragozza. Il motivo che "disegna" la facciata è inciso sulla superficie del calcestruzzo.

da pannelli modulari in calcestruzzo di colore nero sui quali è stato previsto un motivo puntuale in rilievo con andamento decrescente affinché, a seconda delle diverse prospettive, la facciata acquisisca una certa dinamicità. Un effetto simile, ma ottenuto tramite "incisione", caratterizza anche la lunga facciata inclinata del Centro Congressi di Saragozza in cui sugli elementi modulari in calcestruzzo sono stati "disegnati" motivi romboidali che accentuano il "movimento" del prospetto generato dall'inclinazione assegnata alla struttura. Gli effetti di "rilievo" e "incisione" possono essere anche molto consistenti o rappresentare un disegno più articolato, come avviene per esempio nel complesso a uso misto nel centro di Almere, nell'Acquario di Saragozza o nel Cinema Multisala di Viviani Architetti a Padova, per citare tre manufatti estremamente diversi, ma accomunati da un trattamento ricercato della superficie. Tuttavia, sebbene l'aspetto finale possa apparire in alcuni casi simile, la realizzazione può essere sostanzialmente diversa. Se nel caso di Almere risulta

chiaro che il disegno impresso sul calcestruzzo sia stato ottenuto con una matrice in gomma, meno immediata è la comprensione della tecnologia utilizzata per i pannelli del Cinema Multisala di Padova dove il calcestruzzo (variamente dipinto per accentuare l'effetto) simula una palizzata in legno fuori scala. L'impiego di matrici in gomma per la realizzazione della faccia esposta dei pannelli è una tecnologia ormai piuttosto diffusa, specialmente per prodotti prefabbricati, in quanto consente con un investimento limitato di risorse la realizzazione dei più svariati disegni sul cemento. Questo tipo di matrici coniuga, inoltre, aspetti di carattere formale a un'eccellente resa della superficie che, anche grazie alla composizione delle miscele, risulta omogenea e liscia. Diverso è invece il caso dell'Acquario di Saragozza in cui il particolare trattamento del pannello è stato ottenuto mediante abrasione meccanica dello strato superficiale.

Alle molteplici soluzioni messe a punto per disegnare gli elementi modulari si devono anche aggiungere le variazioni generate dalla possibilità di colorare l'impasto; tecnica a cui in molti casi si ricorre per far assumere al calcestruzzo un aspetto più simile alla pietra. Sia che si intenda operare sulla composizione stessa del pannello, sia che si voglia lavorare sulla sua superficie è bene, tuttavia, ricordare che questo tipo di "rivestimento" (che per certi versi è assai più facilmente assimilabile a una vera e propria chiusura) non costituisce affatto uno "strato sottile" e che, al contrario, è generalmente caratterizzato da spessori piuttosto consistenti legati non solo alle prestazioni intrinseche del materiale, ma anche alla sua stessa natura massiva. Natura che se da una parte pone dei limiti nella composizione della stratigrafia, dall'altra offre elevate garanzie in termini di isolamento acustico e termico.



### CLS COME PIETRA

Vista d'insieme e particolare del rivestimento in calcestruzzo dell'Acquario di Saragozza. L'effetto rilevato dei pannelli è ottenuto mediante abrasione meccanica dello strato superficiale.

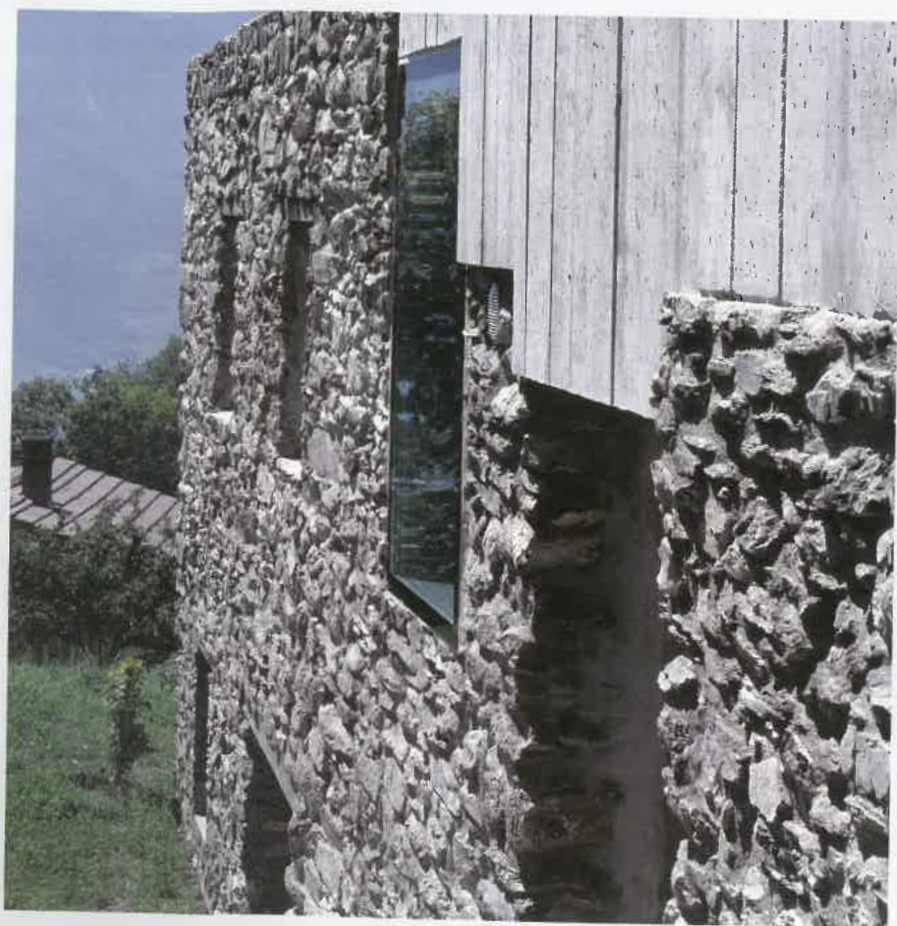


## Effetto massivo Pietra naturale e cls per un recupero



Il manufatto originario, un edificio tradizionale nel paese di Chamoson in Svizzera, incarnava la tipica costruzione tradizionale alpina: un volume compatto realizzato in pietra con copertura e sottotetto in legno. Tuttavia,

proprio a causa delle cattive condizioni delle strutture lignee degradatesi progressivamente per effetto del perdurato abbandono, la fabbrica aveva iniziato a manifestare segni di dissesto che ne avrebbero pregiudicato



ogni futura possibilità d'uso.

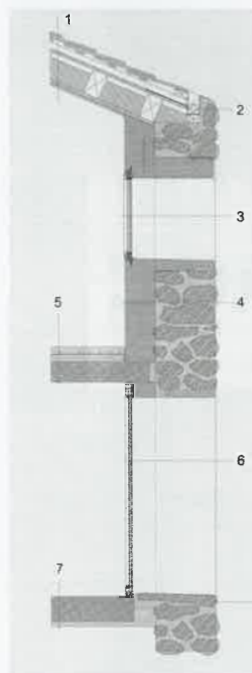
La scelta fondamentale su cui si basa l'intero progetto è quella di consolidare l'immagine massiva del manufatto intervenendo sulla consistenza stessa della muratura attraverso una strategia di integrazione che prevede la realizzazione di una controparete interna in calcestruzzo. Contrariamente a quanto spesso avviene negli interventi di recupero, in questo caso l'integrazione non si traduce in un sistema puntuale di elementi metallici, il cui ricorso è generalmente giustificato dall'intento di distinguere quanto più possibile sia le caratteristiche materiche che quelle strutturali del nuovo dall'esistente, ma in un esteso "strato" di supporto che modifica in modo sostanziale la percezione del manufatto dall'interno. L'integrazione deve essere, pertanto, letta nell'accezione più radicale del termine e interpretata come una "fusione" tra due sistemi costruttivi distinti che interagiscono dando luogo a una muratura dalla duplice natura. All'esterno essa mantiene le sembianze, ma anche la consistenza e lo spessore, di una muratura in pietra tradizionale che, tuttavia, è in parte sgravata da compiti strutturali poiché sul lato interno trova la collaborazione di un "cappotto" in calcestruzzo che ne incrementa le prestazioni e, nel contempo, costituisce l'elemento di finitura. L'incremento delle prestazioni non riguarda il solo comportamento strutturale della muratura, che grazie alla controparete interna riacquista coesione e una maggiore stabilità, ma anche la capacità isolante del sistema di chiusura. La particolare natura della strategia di integrazione adottata abbraccia pertanto la scatola muraria nella sua interezza discostandosi dalle più consolidate pratiche di recupero, che privilegiano la riconoscibilità delle parti. In questo caso invece si opera una massiccia e profonda trasformazione sia costruttiva che morfologica del sistema di chiusura, infatti, sebbene all'esterno le sembianze della muratura appaiano fedeli all'immagine tradizionale, all'interno subiscono una radicale alterazione. La controparete regolarizza i diversi spessori delle chiusure riconducendo i vani a geometrie elementari oltre, naturalmente, a modificare la percezione delle superfici in cui il grezzo trattamento dell'esistente contrasta con le lisce finiture del getto in calcestruzzo. La scelta costruttiva adottata non persegue quindi l'integrità e la riconoscibilità dell'immagine originaria, né tanto meno la reversibilità dell'intervento, ma si limita a denunciare la differente natura dei materiali senza rinunciare a manifestare una deliberata intenzione di trasformazione. Questa scelta costruttiva nasce sia da una precisa interpretazione della tipologia originaria, sia per rispettare specifici requisiti



prestazionali. La committenza aveva infatti richiesto di raggiungere, attraverso l'azione di recupero, un comportamento particolarmente efficiente dal punto di vista energetico, per questo motivo si sono adottate contropareti in calcestruzzo, dello spessore (nel punto massimo) di 30 centimetri, che, in aggiunta ai 60 centimetri di spessore della muratura esistente, porta il pacchetto di chiusura a uno spessore complessivo di 90 centimetri. In tal modo, la grande massa della muratura può essere sfruttata sia come elemento di regolazione climatica, attraverso lo sfasamento dell'onda termica, sia per assicurare elevatissimi valori di isolamento. La composizione stessa della miscela del calcestruzzo è messa a punto a tale scopo, ad essa, infatti, sono state aggiunte fibre espansive derivate da vetro riciclato che aumentano il potere isolante del materiale. Là dove il sistema di chiusura prevedeva parti lignee, ormai irrimediabilmente perdute, l'intervento agisce completando la scatola muraria con porzioni in calcestruzzo a vista gettato su cassero in tavole di legno che riproducono il disegno delle fibre del preesistente rivestimento. A rinforzare l'immagine massiva derivante dal progetto contribuiscono anche i solai, realizzati mediante solette in calcestruzzo armato, e la scala, anch'essa in calcestruzzo gettato in opera.

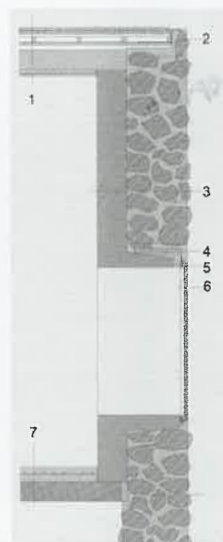
Per contro, la copertura è costituita da una struttura più leggera che riprende la matrice lignea di quella preesistente. I solai in calcestruzzo sono completati mediante un massetto in cemento alleggerito e liscio, sotto il quale è posto un impianto di riscaldamento a pavimento che, sfruttando la massa della soletta, diffonde in modo lento e costante il calore negli ambienti. La copertura a falde in legno rappresenta, invece, l'elemento di "scambio" tra interno ed esterno, sia perché su di essa si concentrano i guadagni passivi, sia perché costituisce la superficie più traspirante della costruzione.

La sua stratigrafia prevede un pacchetto strutturale di travi in legno (16x25 centimetri) con tavolato inferiore, strato di isolamento interposto in lana di vetro (20+6 centimetri), tavolato superiore, membrana impermeabilizzante, una doppia orditura di moraletti a sostegno delle scandole in ardesia utilizzate come manto. La falda maggiormente esposta ospita, in luogo delle scandole, pannelli per l'impianto solare termico (23 metri quadrati) che garantiscono la copertura del 35% del fabbisogno annuo. La finitura interna della copertura è realizzata mediante un rivestimento in legno sbiancato (25 millimetri) che si accorda alle pareti lisce in calcestruzzo a vista. La dotazione impiantistica, così come i pluviali, è alloggiata nella controparete interna in calcestruzzo, mentre il canale di gronda è ricavato nello spazio residuo tra la sommità della muratura e la parte terminale delle falde.



#### Sezione verticale trasversale:

1-pacchetto di copertura: scandole in ardesia naturale, moraletti (mm 27), contromoraletti (mm 40), membrana impermeabilizzante, tavolato (mm 25), travi portanti (cm 16x25), strato isolante in lana di vetro (cm 20+6), barriera al vapore, tavolato di finitura in legno sbiancato;  
 2-canale di gronda in lamiera di zinco-titanio, ricavato tra la parte terminale della falda e la parte sommitale della muratura, provvisto di rete parafoglie e gomito di connessione al pluviale incassato nella muratura;  
 3-serramento apribile in alluminio anodizzato con vetrocamera;  
 4-muratura preesistente in pietra (spessore 60 centimetri), getto in calcestruzzo con fibra espansa derivata da vetro riciclato (spessore 30 centimetri);  
 5-pacchetto di solaio: soletta strutturale in calcestruzzo (cm 20), strato isolante in polistirene (cm 8), impianto di riscaldamento a pavimento, massetto in cemento liscio (cm 7);  
 6-portafinestra apribile in alluminio anodizzato con vetrocamera;  
 7-solaio a terra: vespaio, strato di stabilizzato (cm 5), membrana impermeabilizzante, soletta in calcestruzzo armato (cm 20).



#### Sezione verticale longitudinale:

1-pacchetto di copertura: scandole in ardesia naturale, moraletti (mm 27), contromoraletti (mm 40), membrana impermeabilizzante, tavolato (mm 25), travi portanti (cm 16x25), strato isolante in lana di vetro (cm 20+6), barriera al vapore, tavolato di finitura in legno sbiancato;  
 2-scossalina in lamiera di zinco-titanio;  
 3-muratura preesistente in pietra (spessore 60 centimetri), getto in calcestruzzo con fibra espansa derivata da vetro riciclato (spessore 30 centimetri);  
 4-architrave;  
 5-serramento in alluminio anodizzato;  
 6-vetrocamera;  
 7-pacchetto di solaio: soletta strutturale in calcestruzzo (cm 20), strato isolante in polistirene (cm 8), impianto di riscaldamento a pavimento, massetto in cemento liscio (cm 7);  
 8-strato isolante in polistirene espanso.