

Capitolo 4

Aspetti costruttivi del centro commerciale

Nel capitolo precedente sono stati descritti tutti gli elementi fondamentali che costituiscono il progetto di una autostazione e riqualificazione urbana di piazza IV Novembre a Massa: le rotatorie, il parcheggio, l'autostazione, il complesso commerciale e la piazza IV Novembre. Per ognuno di essi sono state ricercate nozioni tecniche che hanno portato alla redazione del progetto definitivo descritto, senza addentrarsi eccessivamente nei particolari. In questo capitolo sarà approfondita la trattazione relativa al complesso commerciale scegliendo, come tipologia dell'edificio destinato all'attività commerciali, il gruppo di negozi identificati col numero 12 e il numero 13 (Figura 4.1 e Figura 3.37, pag.102).

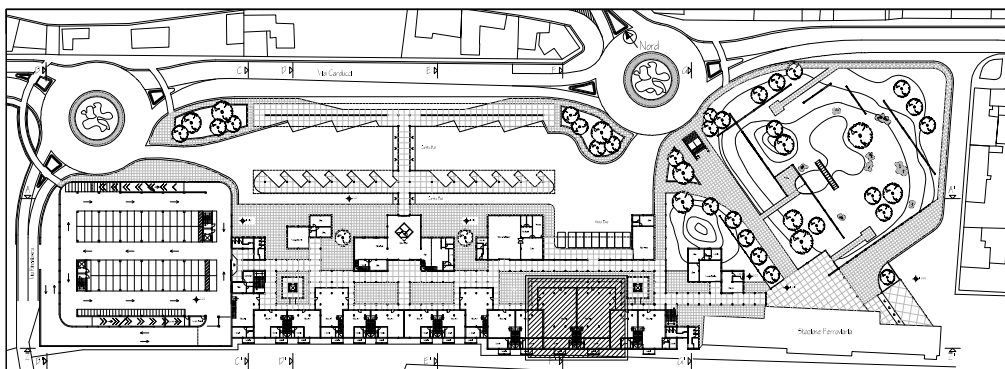


Figura 4.1: Dislocazione dei negozi numero 12 e numero 13.

L'attenzione è stata posta, quindi, sui problemi relativi alla realizzazione del blocco di edificio sopra evidenziato, concentrandosi non tanto sulle tema-

tiche strutturali (per le quali è stato comunque eseguito un dimensionamento di massima per approntare, nei disegni, i profili in acciaio idonei alla sicurezza statica), ma soprattutto relativamente alla scelta dei materiali e alla redazioni dei particolari costruttivi.

4.1 La facciata di pietra

Un problema di specifico interesse riguarda la realizzazione della parete modulare in lastre di granito (Figura 2.5, pag.29), esposta a sud sud-est, quella fronteggiante la ferrovia (Figura 3.47, pag.110). In tal senso è stata fatta la scelta all'uso della tecnica delle pareti ventilate atta, come verrà successivamente descritto, a mantenere soddisfacenti le condizioni microclimatiche anche nei periodi più caldi e limitare, perciò, un uso eccessivo di impianti a favore del risparmio energetico.

In generale i rivestimenti esterni si definiscono strati funzionali, parte delle chiusure verticali, aventi come funzioni primarie quelle di proteggere dagli agenti atmosferici e dalle sollecitazioni dovute all'uso esterno degli edifici, di impedire l'ingresso dell'acqua e di tenere all'aria (dove è previsto), nonché di garantire al sistema di chiusura una uniformità di aspetto con funzione decorativa. Quindi i sistemi di rivestimento delle pareti esterne concorrono a determinare il comportamento complessivo dell'edificio. Per rispondere a esigenze di sicurezza, benessere igrotermico, resistenza termica, acustica, di aspetto e durabilità, devono avere particolari prestazioni di stabilità, resistenza al vento, agli urti, al fuoco, tenuta all'acqua e all'aria, isolamento termico ecc.

L'uso dei materiali lapidei per la realizzazione di rivestimenti di facciata è sempre più diffuso, soprattutto nelle pareti ventilate, dove vengono impiegati principalmente in elementi piani a basso spessore, poiché questi materiali, persa la tradizionale funzione strutturale come elementi portanti della costruzione, forniscono altri requisiti prestazionali importanti quali:

- elevate qualità estetiche;
- protezione contro gli agenti atmosferici, come prima barriera alla penetrazione dell'aria e dell'acqua meteorica nell'ambiente interno;
- resistenza agli agenti aggressivi esterni e conseguente elevata durata della facciata;
- bassa manutenzione, con ridotti interventi di ripristino o restauro;

- elevato contributo all'isolamento acustico, delle facciate leggere, in funzione dell'alta massa di questi materiali;
- contributo, a elevare il livello di comfort interno nei sistemi di facciata ventilata.

Tali requisiti prestazionali, data la particolare natura dei materiali lapidei non confrontabile con quella di altri materiali prodotti industrialmente, risultano ancora maggiormente esaltati nei graniti. Infatti, grazie alla loro struttura compatta garantiscono livelli di durezza, durezza e caratteristiche meccaniche tra i più elevati nel settore, sono in grado di resistere efficacemente all'azione degli agenti atmosferici e all'inquinamento, rendendoli particolarmente adatti ad applicazioni in esterni per pavimentazioni e rivestimenti.

Per la realizzazione di rivestimenti in pietra a basso spessore (2÷3 cm) è importante basare la progettazione oltre che alla scelta mirata del materiale, anche allo studio dei sistemi di fissaggio degli elementi lapidei.

4.1.1 La tecnica dell'ancoraggio

L'elemento più importante del sistema d'insieme è rappresentato dai dispositivi di ancoraggio, che determinano la sicurezza e la tenuta di tutto il sistema di rivestimento. Questi dispositivi devono essere progettati in funzione del tipo di struttura atta a resistere alle sollecitazioni derivanti dalle lastre di pietra. Il progressivo affinamento delle tecniche di fissaggio delle lastre in pietra e la sperimentazione di nuove tecnologie dei sistemi di ancoraggio hanno contribuito al superamento delle tradizionali tecniche di posa in opera (mediante l'utilizzo di malte e mastici per l'incollaggio alla struttura muraria) dei rivestimenti in pietra. Le nuove tecniche (sistemi di fissaggio a secco) prevedono, infatti, un distacco totale del paramento lapideo dal supporto murario con la formazione di un intercapedine. Tale intercapedine, costituisce una camera d'aria in comunicazione con l'esterno (sia in basso che in alto) entro la quale, in certe condizioni atmosferiche e per il cosiddetto effetto camino, si determina una ventilazione naturale fra rivestimento e parete. I sistemi di fissaggio a secco, definiti anche meccanici, utilizzando componenti metallici opportunamente sagomati, consentono di supportare e trattenere gli elementi del rivestimento per mezzo di dispositivi di aggrappaggio (perni, piastrine, inserti, ecc.) alloggiati entro fori, scanalature, tasche e intagli speciali, prodotti sulle coste o sul retro di ciascun elemento del rivestimento, capaci di trasmettere per contatto meccanico i carichi dal rivestimento al componente di fissaggio e da questo alla struttura portante. I sistemi di ancoraggio possono essere raggruppati in due categorie morfologiche:

Sistemi diretti o puntiformi. Gli ancoraggi diretti, chiamati anche puntiformi, sono costituiti da dispositivi che vengono applicati direttamente alla muratura da rivestire. Possono essere fissi e regolabili: quelli fissi presentano aggiustamenti molto limitati e vengono applicati quando la distanza tra la muratura e la lastra di rivestimento non supera i $2\div 4$ cm; quelli regolabili sono caratterizzati da staffe provviste di asole che oltre a garantire una migliore regolazione, permettono una maggiore distanza tra supporto e rivestimento. L'aggancio tra lastra e ancoraggio è realizzato per mezzo di spinotti o staffe che si inseriscono in apposite scanalature sulle coste delle lastre di pietra (Figura 4.2).

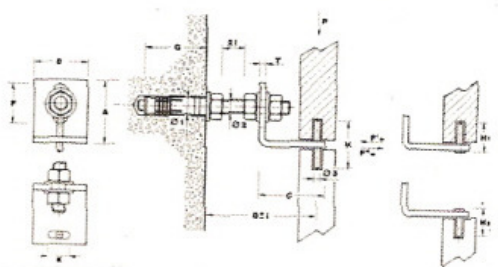


Figura 4.2: Ancoraggio lastre di pietra con sistemi diretti.

Sistemi indiretti. Vengono chiamati indiretti i metodi di collegamento costituiti da una sottostruttura composta da profili metallici sui quali vengono applicate le staffe portanti e di trattenimento. Permettono un'ampia regolazione in tutte le direzioni (altezza, profondità e trasversalità) data dallo scorrimento delle staffe (provviste di asole) su tutta la lunghezza dei profili, facilitando anche la risoluzione di problemi dovuti a fuori piombo delle pareti. Questi sistemi inoltre permettono di utilizzare appieno i benefici della parete ventilata, in quanto i punti di fissaggio sono ridotti al minimo e le intercapedini realizzabili permettono la più opportuna ventilazione della camera d'aria oltre che all'inserimento degli isolanti termici (Figura 4.3).

4.1.2 I giunti e la texture

L'assorbimento dei movimenti elastici tra supporto strutturale e rivestimento e/o fra lastra e lastra, viene generalmente risolto attraverso la previsione dei giunti. Il giunto, quindi, non è altro che il distanziamento o la separazione dei perimetri delle lastre, ed ha lo specifico scopo di permettere il libero movimento delle lastre provocato dalle eventuali escursioni termiche,

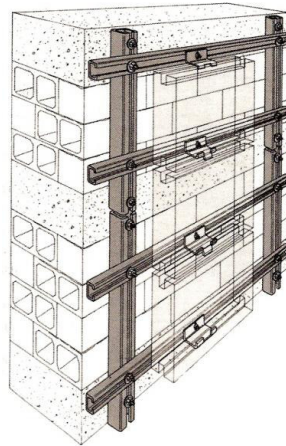


Figura 4.3: Ancoraggio lastre di pietra con sistema indiretto.

o assestamenti delle strutture di supporto e/o ancoraggi. I giunti possono essere *aperti* o *chiusi*. La tipologia del giunto influisce direttamente sulla modalità di posa in opera delle lastre e sull'esito architettonico della facciata (Figura 4.4).

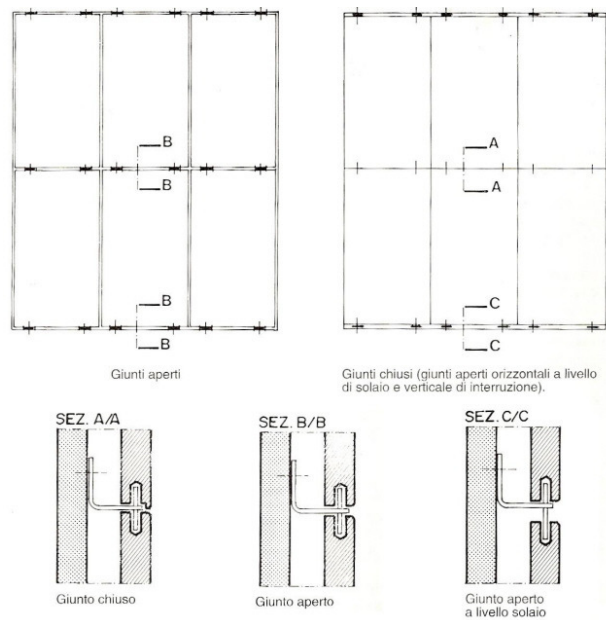


Figura 4.4: I giunti chiusi e i giunti aperti.

I *giunti chiusi* sono definiti quelli che, pur permettendo un sufficiente movimento elastico presentano un distanziamento di 2÷3 mm tra i perimetri delle lastre. L'adozione di tale tipo di giunto consente, generalmente, la posa in opera di lastre di piccole dimensioni e di forte spessore. Nel passato la maggior parte dei paramenti in pietra veniva realizzata a giunto chiuso. Il contatto tra le lastre era protetto da lamine di piombo o altro materiale ed il peso era solo in parte scaricato sulle zanche di ritegno che lentamente cedevano per assestamento. Il carico era progressivamente distribuito sulle lastre inferiori la cui sezione, non esigua, garantiva la stabilità anche in caso di eventuali traumi dovuti a cedimenti o dilatazioni termiche. Il rivestimento perveniva così, ad una situazione di equilibrio statico pressoché stabile.

La tendenza a ridurre sempre più lo spessore delle lastre e la maggiore elasticità delle attuali strutture di edifici, che non consentono tolleranze nei confronti di assestamenti, dilatazioni termiche differenziate e movimenti sismici, fanno dello schema di posa a giunto chiuso una soluzione non ottimale; anche se l'evoluzione della tecnologia degli ancoraggi permette la realizzazione dell'autonomia di ogni singolo elemento (lastre) e quindi offre maggiori margini di sicurezza. Tuttavia tale tecnica è consigliata solo per rivestimenti a limitate estensioni e di modesta altezza. È impossibile adottare giunti chiusi per tutta la facciata, in quanto gli inevitabili movimenti della struttura, i cedimenti elastici dei fissaggi e le deformazioni termiche differenziate fra materiali di rivestimento e struttura possono generare la rottura delle lastre e causare un sovraccarico sulle staffe di ancoraggio.

I *giunti aperti* sono definiti quelli che permettono un maggior movimento delle lastre e generalmente presentano un distanziamento di 6÷7 mm; inoltre consentono la posa in opera di lastre medio grandi (150×180 cm e oltre). Nei giunti aperti su tutti i lati delle lastre, la tolleranza di assestamenti strutturali ai movimenti generati dalle dilatazioni termiche, sono facilmente assorbiti dall'elasticità degli ancoraggi e dalla soluzione di continuità fra lastre senza che vi siano contatti con gli altri elementi adiacenti. Un ulteriore vantaggio della soluzione a giunti aperti è data dalla minore precisione richiesta della posa degli ancoraggi e degli elementi di registro, infatti la precisione di taglio sulle coste delle lastre può essere meno perfetta in quanto le imprecisioni possono essere agevolmente assorbite in fase di posa in opera. La tendenza a ridurre sempre più lo spessore delle lastre di rivestimento e la maggiore elasticità delle attuali strutture degli edifici, che non consentono tolleranze nei confronti di assestamenti e dilatazioni termiche differenziate, fanno della tipologia a giunti aperti una soluzione ottimale.

I giunti, di qualunque tipo essi siano, devono essere provvisti di opportune sigillature da realizzare con materiali plastici impermeabili, al fine di evitare eventuali infiltrazioni dell'acqua piovana. I materiali sigillanti devono

possedere i seguenti requisiti: resistenza nel tempo agli agenti atmosferici, l'inalterabilità delle loro qualità fisiche e chimiche; aderenza ai materiali a cui sono applicati, attitudine a non fessurarsi; plasticità e durata nel tempo.

La scelta dell'una o dell'altra tipologia dei giunti influisce fortemente sul risultato estetico finale della parete. Il succedersi delle lastre, attraverso i giunti orizzontali e verticali rappresentano, nel loro insieme, le possibili espressioni di diversificazione delle superfici in forma di texture, di dettagli, risolti con una esaltazione delle proprietà di linguaggio della pietra. Le molteplici lavorazioni superficiali, i rapporti cromatici, la costruzione dei ritmi dei giunti, la contrapposizione di elementi di materiali diversi, la massima valorizzazione delle qualità aggregative (colore, dimensioni, ecc.) consentono una più virtuosa intenzionalità inventiva che con la pietra plasma le superfici che si movimentano; disegna pieghe, aggetti e contrasti chiaroscurali. (Figura 4.5).

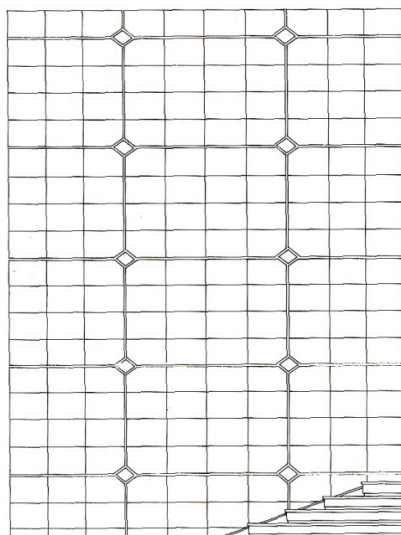


Figura 4.5: La texture nel Grande Arche a Parigi.

4.2 Le pareti ventilate

La facciata ventilata è un sistema di rivestimento esterno caratterizzato da un intercapedine di ventilazione naturale interposta tra l'isolante termico aderente al supporto strutturale dell'edificio e la lastra di rivestimento vincolata all'edificio per mezzo di ancoraggi metallici. Gli elementi funzionali

(partendo dall'interno verso l'esterno) che costituiscono la facciata ventilata (Figura 4.6) sono:

- *strato resistente* ha la funzione di sopportare i carichi dovuti al peso proprio e a quelli degli strati ad essi vincolati, i sovraccarichi dovuti alla pressione o depressione del vento sul sistema facciata e i carichi dovuti a urti accidentali sull'interno e sull'esterno della parete stessa. Lo strato resistente può essere costituito da una muratura di piccoli elementi definiti, da pannelli prefabbricati pesanti, da pannelli sandwich o da un muro in calcestruzzo. Sia nel caso del supporto esistente che in quello del supporto nuovo è necessario verificare la regolarità geometrica per garantire una perfetta aderenza dell'isolante ed evitare infiltrazioni d'aria; in presenza di rilevanti irregolarità dovrà essere previsto uno strato di regolarizzazione, per esempio un intonaco;
- *strato di coibentazione*, strato isolante necessario per il mantenimento delle caratteristiche climatiche interne dell'edificio. Gli isolanti comunemente impiegati sono generalmente costituiti da pannelli in polistirolo, polistirene, poliuretano; pannelli in vetro cellulare, fibra di vetro, lana di roccia, sughero, ecc.. Questi pannelli debbono possedere requisiti propri come elevato potere isolante, essere inalterabili nel tempo, idrorepellenti, imputrescibili, resistenti al fuoco. Devono presentare superfici lisce per facilitare lo scorrimento dell'aria nell'intercapedine che permette l'eliminazione di umidità, se presente, attraverso la ventilazione. L'applicazione verticale esclude l'utilizzazione di materiali che non siano rigidi o semirigidi e durante la posa dovrà essere prestata particolare attenzione alla corretta giunzione degli elementi, in modo da garantire la continuità dello strato e contenere le dispersioni.
- *strato di ventilazione*, strato d'aria posta tra l'isolante ed il rivestimento esterno di spessore variabile da 3 a 5 cm. Svolge la funzione di contribuire al controllo delle caratteristiche igrometriche della chiusura attraverso ricambi d'aria naturali o forzati. Consente lo smaltimento di vapore proveniente dagli ambienti interni alla chiusura nella stagione fredda, nonché ridurre attraverso moti convettivi le quantità di calore dovute all'irraggiamento solare nella stagione calda.
- *orditura ancoraggio* del rivestimento ha il compito di sopportare i carichi agenti (vento e peso). Questo dispositivo deve prevedere un telaio a geometria definita che non deve ostacolare il flusso dell'aria, o un impianto puntiforme. Lo strato di collegamento può essere, infatti, continuo o discontinuo. Nel primo caso possiamo avere un'orditura

verticale o verticale-orizzontale direttamente fissata sul supporto. Si tratta di un sistema poco utilizzato a causa dei possibili ponti termici e della difficoltà di messa in opera. Nel secondo caso, il più frequente, si può avere un'orditura verticale, fissata per punti, sulla quale, le lastre sono fissate lungo i lati inferiore e superiore.

Le orditure possono essere realizzate con diversi materiali, ma i sistemi inossidabili o trattati con procedimenti anticorrosivi quali acciai inox, l'alluminio in lega sono preferibili per la loro resistenza al degrado.

- *strato di rivestimento* la cui funzione è quella di proteggere l'edificio dagli agenti meteorici (in modo tale da preservare l'isolamento e gli elementi di supporto), oltre che quella di conferire allo stesso edificio un gradevole aspetto estetico. Nella parte inferiore e superiore del rivestimento si trovano le aperture necessarie alla circolazione dell'aria che dovranno essere protette da apposite griglie.

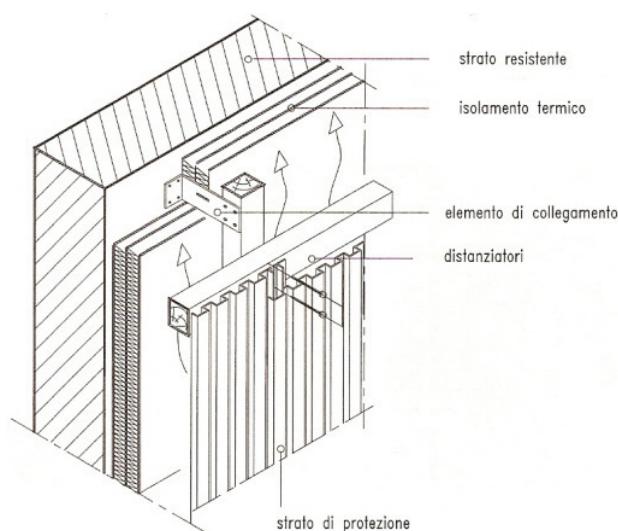


Figura 4.6: Struttura e funzionamento della parete ventilata.

4.2.1 Caratteristiche prestazionali delle pareti ventilate

Alla base dell'attuale successo delle pareti ventilate vi è un complesso di caratteristiche funzionali e prestazionali che ne rende l'impiego particolarmente interessante e favorevole sia in architetture di nuova costruzione sia in interventi sul costruito. Guardando alle valenze tecniche delle pareti ventilate merita considerare le caratteristiche e le prestazioni di seguito indicate.

La parete ventilata attiva, quindi, al suo interno un movimento d'aria ascendente utilizzando il calore radiante proveniente dall'esterno. Il movimento dell'aria consente di neutralizzare gli effetti degli spruzzi e delle sferzate d'acqua della pioggia battente e dei conseguenti ruscellamenti sul piano facciata, e di mantenere all'asciutto l'isolante termico e la contro parete interna. Ciò comporta indubbi vantaggi in termini di durabilità della parete e di efficienza energetica della stessa nel periodo di riscaldamento. Il materiale di rivestimento risulta infatti maggiormente libero di assorbire le eventuali dilatazioni igrometriche proprie e non è neppure soggetto ai tensionamenti dovuti all'inumidimento degli elementi murari di supporto (aumento e contrazione di volumi ciclici per assorbimento e successiva rievaporazione d'acqua) poiché questi si trovano al riparo dall'acqua. Pertanto a parità di materiali e di condizioni di esposizione si ha una sensibile riduzione delle azioni di degrado e, per conseguenza, una maggiore speranza di vita. Inoltre se l'isolante e la controparete rimangono asciutti, l'edificio non subisce le dispersioni di calore che, in caso contrario, sarebbero dovuti al temporaneo aumento della conduttività dell'isolante e alla fornitura all'acqua assorbita del calore necessario per evaporare. Quindi in termini prestazionali le pareti ventilate esprimono una minore sensibilità all'acqua battente rispetto alle pareti convenzionali, il che rende le prime più indicate per l'esposizione a forti piogge battenti e quindi per l'impiego, duraturo e con minore probabilità di insorgenza di difetti e patologie, in edifici alti oppure posti in zona costiera o in alta montagna. La circolazione d'aria dietro il rivestimento di facciata favorisce altresì l'evacuazione del vapore acqueo proveniente dall'interno diminuendo così la possibilità che si verifichino condensazioni interstiziali.

Guardando al comportamento termoenergetico delle pareti ventilate diversi sono i fattori di sicuro vantaggio.

Un primo fattore è costituito dalla possibilità di ridurre, nella stagione calda, il carico termico dell'edificio. Infatti, nel caso di funzionamento estivo, il calore esercitato dal sole sul rivestimento esterno viene in parte riflesso ed in parte assorbito, all'interno della camera d'aria si genera una corrente ascensionale di aria fredda che limita quindi il flusso termico totale dall'esterno all'interno dell'edificio che, solo in piccola parte, viene assorbito dalla parete per conduzione (Figura 4.7 e Figura 4.9). Nel caso di funzionamento invernale (Figura 4.8 e Figura 4.9) il calore viene trasmesso dall'interno verso l'esterno e le pareti, isolate all'esterno, immagazzinano calore mantenendo una temperatura simile a quella dell'ambiente interno; in questo caso l'effetto camino si manifesta ugualmente, anche se in modo limitato, ed è comunque in grado di eliminare eventuali fenomeni di condensa superficiale sull'isolamento. Inoltre essendo la temperatura dell'aria dell'intercapedine superiore a quella esterna, si creano delle sovrappressioni che limitano l'ingresso di

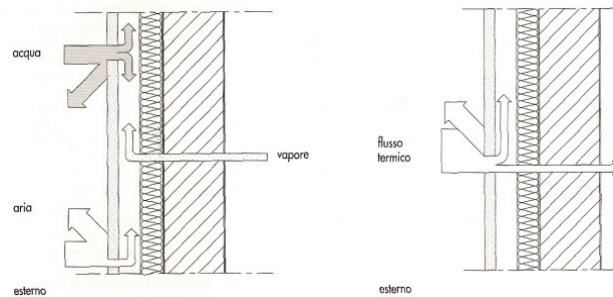


Figura 4.7: Funzionamento estivo della parete ventilata.

umidità nei giunti.

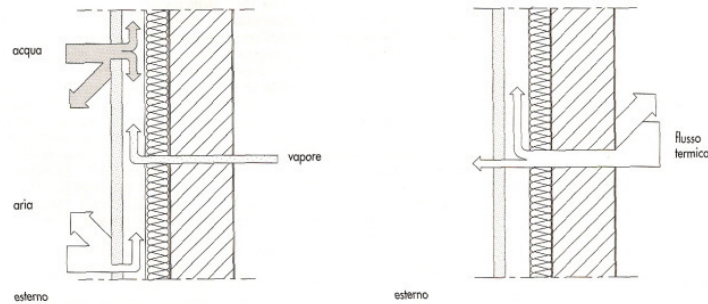


Figura 4.8: Funzionamento invernale della parete ventilata.

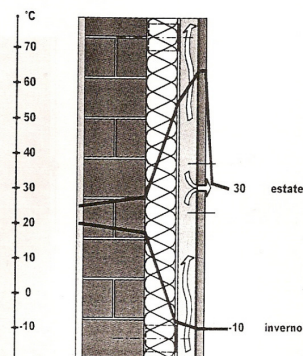


Figura 4.9: Andamento qualitativo delle temperature in una parete ventilata.

Altro aspetto, non meno importante, risiede nella possibilità di aumentare, e di molto, lo spessore dell'isolamento termico senza per questo incontrare rilevanti difficoltà tecniche conferendo all'edificio un comportamento energe-

tico conservativo. In altre parole sono minimizzati i disperdimenti, è privilegiato l'accumulo termico ed è compresso ai minimi termini il fabbisogno energetico, a favore del comfort negli ambienti interni.

Dal punto di vista dell'isolamento acustico il rivestimento delle pareti ventilate favorisce la riflessione dei rumori esterni; i loro giunti di accostamento, l'intercapedine e l'isolante termico determinano un significativo assorbimento acustico e salvo diversa verifica in sede di progetto esecutivo, consentono di rientrare facilmente nei valori di isolamento acustico standardizzato di facciata prescritti nel D.P.C.M. 5 Dicembre 1997 "*Determinazione di requisiti acustici passivi degli edifici*".

Un ultimo fattore a favore delle pareti ventilate riguarda la manutenibilità e la manutenzione, infatti queste sono garantite dagli innumerevoli materiali ed elementi impiegabili per i rivestimenti che sono accomunati dalla sostituibilità in opera in caso di necessità.

4.3 La parete progettata

La parete ventilata studiata per il complesso commerciale ripropone le scelte e le soluzioni sopra descritte (Figura 4.10 e Figura 4.11). Il rivestimento è costituito da lastre quadrate di granito di dimensioni 76×76 cm circa e spessore di 3 cm prodotte dalla Henraux Laboratorio (Figura 2.5, pag. 29). Come già detto (Paragrafo 4.1) il granito è un materiale che, meglio fra tutti i materiali litici, si presta ad utilizzi esterni per l'elevata resistenza agli agenti atmosferici aggressivi grazie alla sua struttura compatta, con ottime caratteristiche meccaniche. L'ancoraggio del rivestimento è garantito da un sistema indiretto costituito da profili verticali in acciaio inox collegati direttamente alla struttura portante metallica mediante opportuna bullonatura. In questo modo tutti i carichi agenti sul rivestimento vengono trasmessi alla struttura principale senza fare uso di pareti portanti, in altre parole la funzione di strato resistente della parete ventilata è assolto dal sistema di ancoraggio stesso. L'aggancio tra la lastra e il sistema indiretto avviene per mezzo di piastre che si inseriscono in apposite scanalature sulle coste superiori e inferiori della lastra di pietra; i fori asolati consentono una facile e immediata posa in opera.

I giunti sono del tipo aperto (il distanziamento tra le lastre è di 1 cm) consentendo assestamenti strutturali ai movimenti generati dalle dilatazioni termiche e dall'elasticità degli ancoraggi stessi, scongiurando fenomeni di rottura della pietra di rivestimento. Inoltre, i giunti, sono sigillati mediante fissaggio, con tasselli a farfalla, di coprifili in alluminio colore grigio ardesia dotati di guarnizione, disegnando una griglia di 16 sottomoduli quadrati a

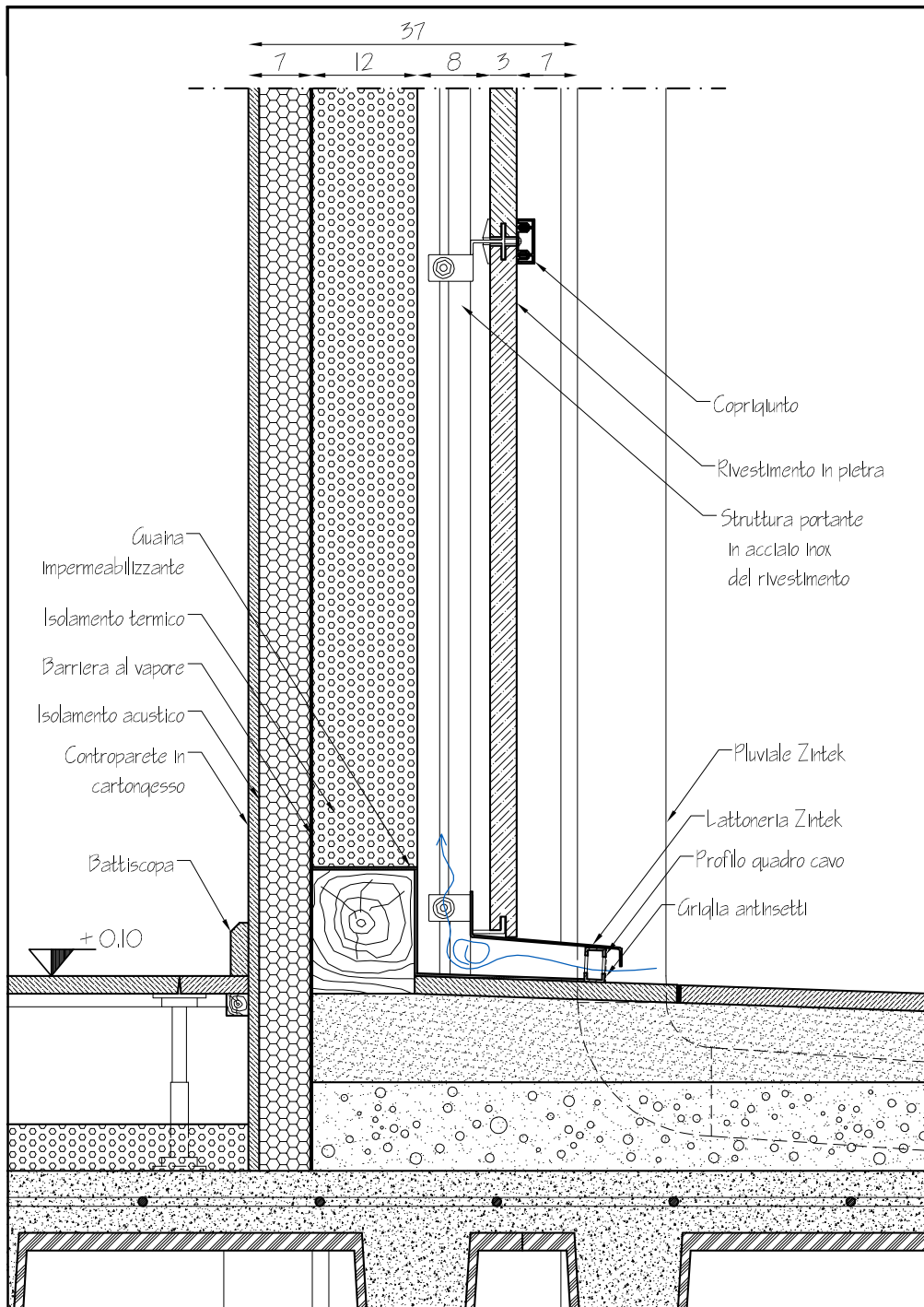


Figura 4.10: Particolare a quota piano terra della parete ventilata - Riferimento disegni: tavola n.14.

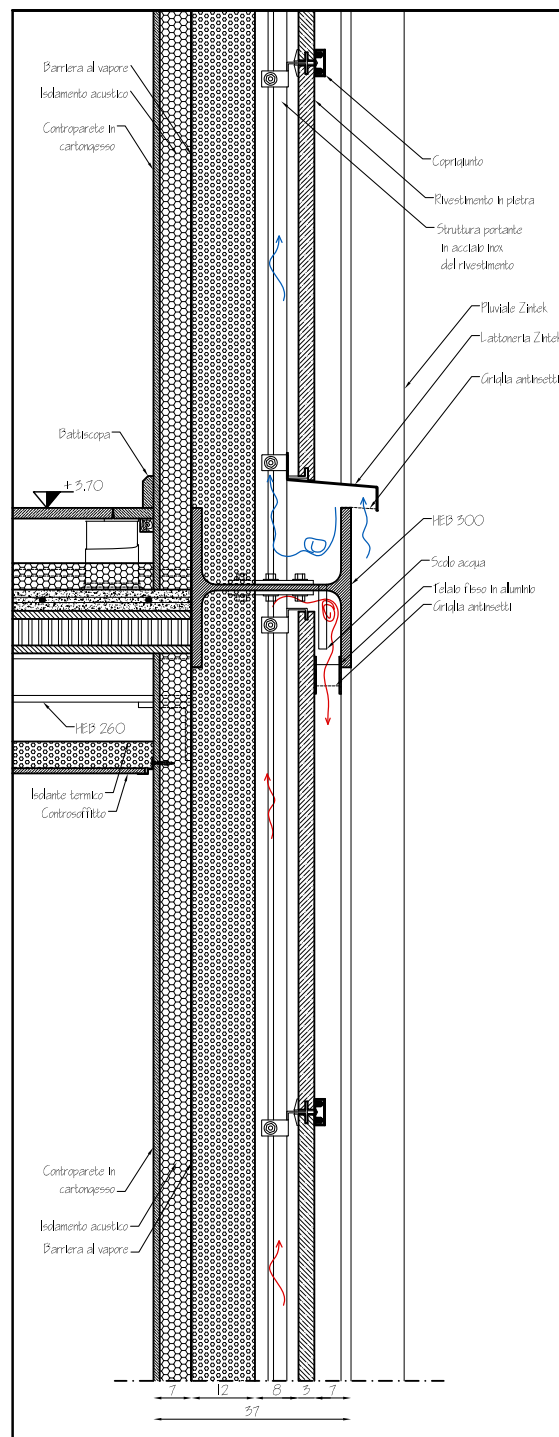


Figura 4.11: Particolare a quota primo piano della parete ventilata - Riferimento disegni: tavola n.13.

riempimento del modulo principale definito dalle piattabande delle colonne e travi della struttura metallica.

Lo strato di coibentazione (spessore 12 cm) è costituito da un pannello autoportante in lana di vetro non idrofilo trattato con speciale legante a base di resine termoindurenti, rivestito sulla faccia interna da una carta kraft-alluminio retinata (con funzione di barriera al vapore), e sull'altra con un velo di vetro. Questo materiale prodotto dalla ditta Saint-Gobain Isover Italia S.p.A. è certificato non idrofilo imputrescibile, chimicamente inerte, inattaccabile dalle muffe e di classe 0 relativamente alla reazione al fuoco.

La struttura della parete termina con l'installazione di una lastra di cartongesso RB13 posta davanti a uno strato di isolante acustico garantendo il distacco dei profili metallici con sensibile riduzione dei ponti termici e una libera gestione di tutti gli impianti combinata con l'uso di pavimenti sopraelevati.

La parete esterna, così concepita, viene realizzata completamente a secco senza uso di calce, velocizzando i tempi di montaggio a favore di una facile gestione della struttura per eventuali opere di manutenzione o modifiche. La ventilazione è garantita dall'intercapedine, di spessore 8 cm; l'ingresso di aria fresca avviene dal basso mediante una apertura protetta da una griglia antinsetti e nascosta dalla soglia realizzata in lamiera Zintek ®; l'uscita è invece garantita in corrispondenza della trave di piano HEB 300 attraverso le cavità del profilo di alluminio di appoggio laterale alle lastre di granito. Il dimensionamento dell'intercapedine d'aria e quindi la definizione della portata d'aria che si instaura è un problema complesso non di semplice soluzione. Infatti ricorrendo anche a formulazioni integrali semplificate per la descrizione del moto dell'aria nel canale, questo è determinato dalla distribuzione della temperatura superficiale che a sua volta è influenzata dalla portata d'aria che si instaura, oltre che dalle perdite di carico caratterizzate dalle dimensioni e rugosità del canale, dalle dimensioni e geometria delle sezioni d'ingresso e di uscita, dalle caratteristiche microclimatiche locali. Riguardo all'ottenimento di una portata ottimale (con riferimento al funzionamento estivo) esistono comunque alcuni studi sperimentali per il dimensionamento delle sezioni d'ingresso e di uscita che hanno costituito la base di riferimento della normativa tecnica europea, alla quale si è fatto riferimento, che fornisce delle indicazioni di massima per il dimensionamento dei fori in relazione all'altezza dell'edificio (Tabella 4.1).

Altezza dell'edificio (m)	Superficie dei fori per metro lineare di parete (cm)
3	50
6	65
18	100

Tabella 4.1: Dimensionamento fori di ventilazione.

4.4 La copertura ventilata

Il tetto svolge un ruolo rilevante nel bilancio energetico degli edifici, in particolare negli edifici bassi e negli alloggi sottotetto, in ragione dell'alta incidenza della sua superficie rispetto alla superficie complessiva dell'involucro. Così, gli interventi volti a incrementare le sue prestazioni termiche possono incidere notevolmente sul miglioramento del microclima interno, sulla riduzione dell'inquinamento ambientale e dei costi di esercizio conseguenti alla minore richiesta di potenza, sia per il riscaldamento invernale che per il raffrescamento estivo.

Durante il periodo invernale, un buon tetto deve limitare le dispersioni termiche e deve avere una buona capacità di accumulare il calore fornito dall'irraggiamento solare in maniera che il calore immagazzinato possa essere lentamente immesso negli ambienti interni di notte. Dato che la capacità è direttamente proporzionale alla massa, nei tetti con struttura portante discontinua e bassa massa diviene indispensabile il ricorso a spessi strati di materiale isolante per garantire le necessarie condizioni di comfort interno. Circa la posizione dell'isolante, è bene preferire quella dell'estradosso del solaio di copertura, sia perché in inverno conferisce al solaio stesso (quando massivo) una più efficace funzione di accumulo termico, molto importante in un regime di riscaldamento intermittente, sia per ridurre il fenomeno di surriscaldamento nel periodo estivo. La posizione dello strato isolante all'estradosso, inoltre, consente un miglior controllo dei ponti termici, cioè delle dispersioni termiche localizzate in corrispondenza delle quali la temperatura, nel periodo invernale, può abbassarsi fino a dare luogo a fenomeni di condensa.

Durante il periodo estivo, l'afflusso di calore attraverso il tetto è dovuto alla maggiore temperatura dell'aria esterna e all'irraggiamento solare. Anche in estate è importante che la copertura abbia la capacità di accumulare il calore e di sfasarne la trasmissione in modo che i valori massimi di temperatura superficiale all'intradosso del tetto si verifichino quando i vani sottostanti non

sono utilizzati o nelle ore notturne quando, mediante la ventilazione naturale l'aria interna può essere facilmente raffrescata.

L'utilizzo di coperture isolate e ventilate consente ottimi risultati sia nei periodi invernale che estivi. Il modello funzionale (analogamente alle pareti ventilate) è caratterizzato dalla presenza degli strati di ventilazione e di isolamento termico, che consentono il controllo del comportamento igrotermico e della trasmissione del calore. Queste caratteristiche rendono il modello particolarmente adatto alla realizzazione di sottotetti abitati e ai climi caratterizzati da forti escursioni termiche. In queste particolari condizioni si ottiene un sensibile aumento del comfort, termico e igrometrico, rispetto ai modelli privi di ventilazione.

Durante l'inverno lo strato di ventilazione consente l'uscita del vapore proveniente dall'interno attraverso le apposite aperture. Durante l'estate la ventilazione contribuisce a disperdere il calore accumulato dalla copertura. Impedendo il verificarsi di condensazioni interne, il dispositivo di ventilazione aumenta il livello di comfort termico e igrotermico.

L'isolamento termico viene applicato fra la struttura resistente e lo strato di ventilazione. In questo modo vengono protetti dagli sbalzi termici la struttura portante e l'ambiente interno, viene utilizzata l'inerzia termica dell'elemento resistente e diminuito il rischio di condensazioni interne (Figura 4.12).

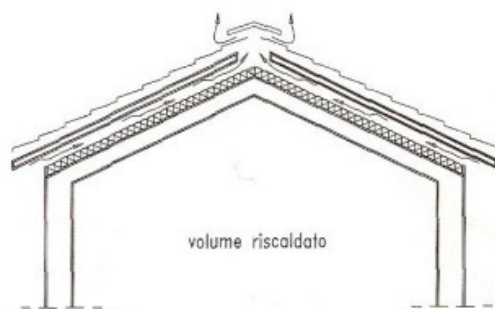


Figura 4.12: Il funzionamento della copertura ventilata.

La ventilazione si realizza normalmente mediante una orditura di listelli (di legno o metallici) disposti parallelamente alla linea di gronda sui quali è fissato, a secco, il manto di copertura creando lo spessore dello strato di ventilazione. L'efficacia della ventilazione è sostanzialmente influenzata dalla geometria del tetto, dalla presenza di eventuali elementi di discontinuità presenti sulla falda (quali, ad esempio, finestre da tetto o strutture emergenti) e dalla pulizia dell'intercapedine. Ovviamente per garantire la ventilazione

nel sottomanto occorre che la linea di gronda e quella di colmo siano il più possibile libere da ostruzioni per assicurare l'effetto camino.

I principi sopra esposti sono stati applicati alla copertura del complesso commerciale. (Figura 4.13 e Figura 4.14).

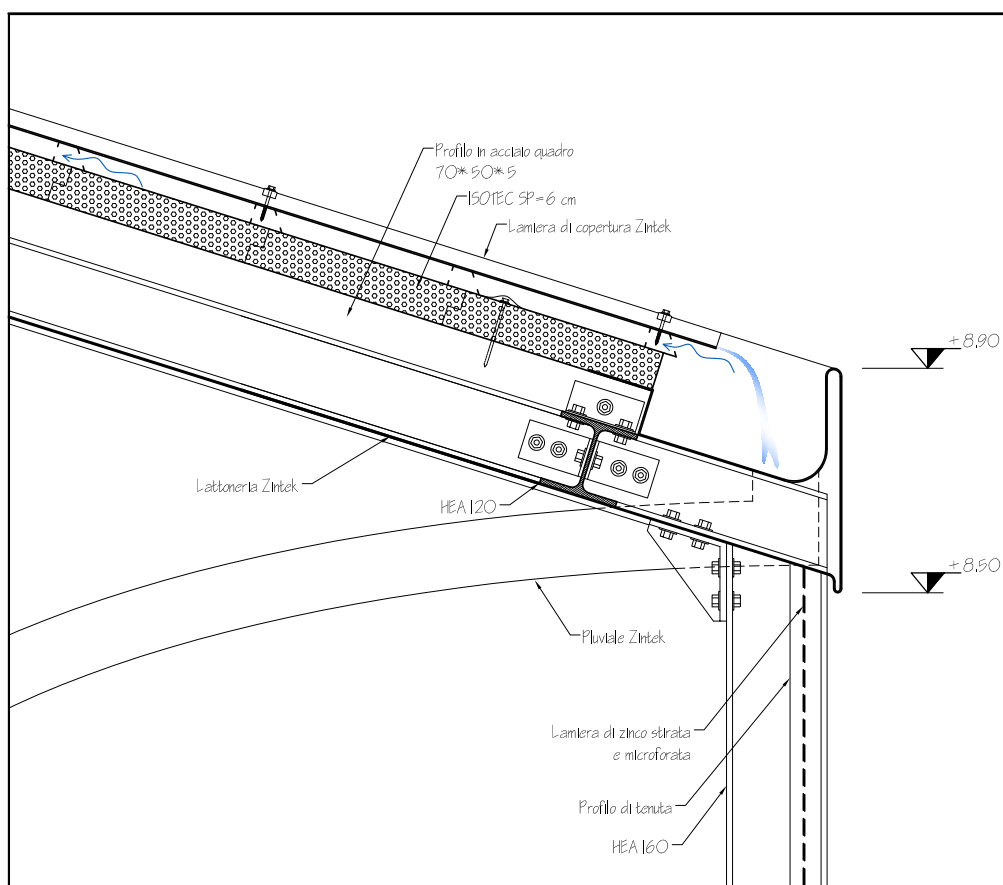


Figura 4.13: Particolare della gronda della copertura ventilata - Riferimento disegni: tavola n.11.

Il manto impermeabile è realizzato con il, già descritto, laminato Zintek® che a contatto con l'acqua, genera uno strato basilico superficiale di carbonato di zinco altamente stabile che gli conferisce una elevata resistenza alla corrosione; una volta posato quindi non necessita di manutenzione o di particolari trattamenti protettivi preservando l'edificio nel tempo. Lo strato di ventilazione e di coibentazione termica è ottenuto mediante la posa in opera di un unico prodotto denominato Isotec. Questo prodotto è un pannello realizzato in schiuma di poliuretano espanso rigida autoestingente, ricoperta da un involucro di alluminio gofrato e reso portante da un profilo in acciaio zinca-

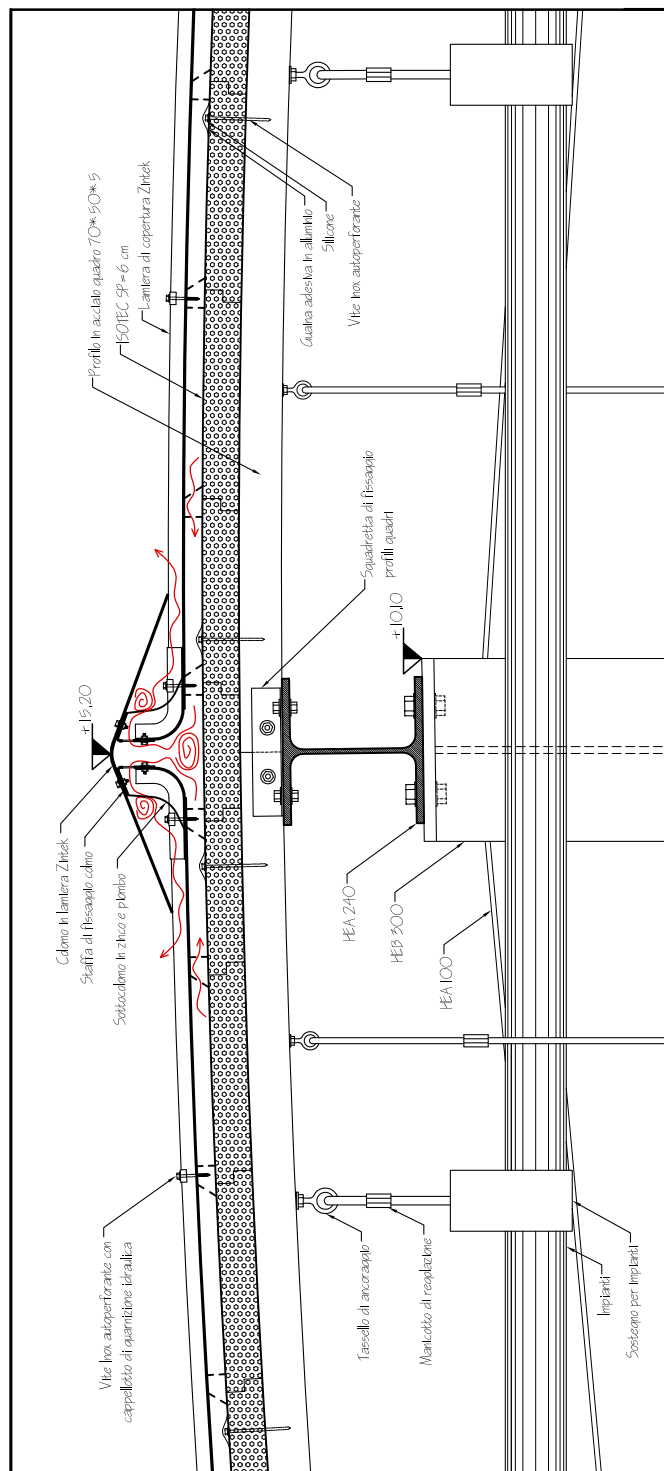


Figura 4.14: Particolare del colmo della copertura ventilata - Riferimento disegni: tavola n.10.

to avente anche la funzione di supporto per il manto di copertura. Presenta una battentatura sui lati per consentire un incastro ottimale eliminando ponti termici. Il correntino in acciaio zincato, integrato nel pannello, presenta dei fori che consentono lo smaltimento dell'acqua e una microventilazione di aria dalla gronda al colmo. (Figura 4.15).

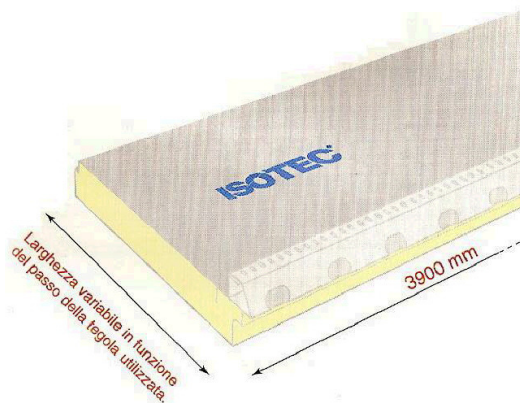


Figura 4.15: Il prodotto Isotec.

Il manto di copertura è fissato ai listelli mediante vite inox autoperforante con cappellino di guarnizione idraulica e, a sua volta i pannelli Isotec sono ancorati all'orditura secondaria della struttura portante di copertura mediante viti inox sempre autoperforanti.

4.5 La parete vetrata

Il complesso commerciale si sviluppa lungo il percorso pedonale mostrando vetrine ricavate all'interno del modulo di $3,60 \times 3,60$ m abbandonando la pietra come materiale di chiusura a favore di ampie vetrate trasparenti. Questa circostanza funzionale e formale determina una condizione di chiusura dei volumi interni del tutto particolare, dove lo spazio è riparato dagli agenti atmosferici ma nello stesso tempo presenta una luminosità elevata; la parte trasparente determina la visibilità dell'ambiente esterno e viceversa.

L'adozione di questo modello richiede particolare attenzione ai materiali e ai componenti impiegati, le cui caratteristiche influiscono in modo determinante sul rapporto fra l'edificio e il suo intorno. La vetratura può generare fenomeni di riflessione della luce particolarmente fastidiosi e produrre effetto serra all'interno degli spazi interessati. Infatti l'involucro trasparente costituisce uno strumento di captazione del calore e un elemento potenzialmente dispersivo del quale occorre tener conto dal punto di vista energetico.

Saranno considerati pertanto la selettività e le caratteristiche del materiale impiegato, la composizione degli strati, l'esposizione e l'orientamento dell'edificio, il clima e la destinazione degli ambienti.

La struttura della parete vetrata è costituita da due elementi essenziali una costituita dalla parte trasparente e una da quella resistente. In altri termini il tamponamento trasparente, generalmente vetro o altro materiale con analoghe caratteristiche ottiche, è racchiuso dal telaio che ha il compito di trasferire e quindi resistere ai carichi orizzontali e verticali trasmessi dalla parte trasparente.

La prestazione caratteristica del tamponamento trasparente è la trasmissione della luce; la grandezza che esprime la percentuale di radiazione dello spettro visibile trasmessa dalla lastra vetrata è il fattore di trasmissione luminosa. Mediante l'uso di differenti prodotti per vetratura è possibile ridurre in modo omogeneo la luce che penetra nell'ambiente dal 90% al 10%, senza eliminare eventuali fenomeni di abbagliamento per il quale sono necessarie vetrazioni traslucide che consentono di diffondere in più direzioni i raggi luminosi in arrivo sulla superficie vetrata. L'alterazione del colore della scena esterna dipende dal fattore di trasmissione luminosa, che varia in relazione al tipo di materiale (cristallo chiaro, cristallo colorato, ecc.) e al suo spessore. Per uno stesso materiale, inoltre il valore del fattore di trasmissione luminosa varia a seconda della lunghezza d'onda, e ciò comporta un'alterazione relativa dei colori della scena esterna. Tale alterazione relativa è praticamente nulla per il vetro chiaro, che ha un comportamento quasi costante nel campo del visibile; è invece molto forte per vetri colorati.

Per quanto riguarda l'isolamento termico, il tamponamento esercita un'influenza notevole sulla prestazione globale fornita dall'infisso, dato che ne rappresenta la parte dimensionalmente più considerevole. Il coefficiente di conducibilità del vetro è molto elevato ($\lambda = 1 \text{ kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C})$), e per aumentare la resistenza termica fornita dal tamponamento risulta necessario utilizzare vetri doppi con interposto uno strato d'aria cui è demandata la funzione isolante: l'aria ha, infatti, un coefficiente di conducibilità termica molto basso ($\lambda = 0,02 \text{ kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C})$). Lo strato d'aria ha capacità isolanti maggiori quanto più l'aria stessa risulta immobile. La minima dimensione dello strato d'aria, che fornisce il massimo valore di resistenza termica, è di 15 mm: oltre questa dimensione si innescano moti convettivi nell'aria racchiusa fra le due lastre che diminuiscono la capacità isolante della lama d'aria annullando l'incremento dovuto all'aumento di spessore. Sfruttando la capacità isolante dell'aria, o di gas inerti con conducibilità termica molto bassa, è possibile ottenere vetri doppi il cui coefficiente di trasmissione termica K raggiunge valori di $1,5 \text{ kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$, contro i $5,1 \text{ kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ di un vetro di 3 mm. La tecnica costruttiva dell'utilizzo di vetri doppi ha prodotto

i vetri uniti al perimetro che sono composti da due lastre di cristalli unite lungo il perimetro da un giunto continuo, in modo da racchiudere all'interno uno strato d'aria disidratata che determina le proprietà isolanti. Il giunto deve assicurare la completa sigillatura dello spazio fra le due lastre al fine di prevenire fenomeni di condensa e di deposito di polvere all'interno dell'intercapedine. Un ulteriore incremento dell'isolamento termico è ottenibile mediante l'uso di vetri bassoemissivi sulla cui superficie sono depositati ossidi metallici che sono molto permeabili alle radiazioni solari (spettro visibile e infrarosso corto) ma riflettono le radiazioni caloriche provenienti dall'interno (infrarosso lungo). Ciò consente di sfruttare l'apporto calorico solare riducendo le dispersioni termiche dovute all'irraggiamento attraverso il vetro.

La formazione di condensa sulle superfici vetrate, un fenomeno frequente quando si usano vetri non isolati, determina l'appannamento del vetro e la presenza di acqua allo stato liquido all'interno. La scelta della capacità isolante del tamponamento, e quindi del tipo di prodotto vetrario, deve essere effettuata in modo da evitare che si originino fenomeni di condensa ai valori di temperatura e di umidità relativa previsti dal progetto (Figura 4.16).

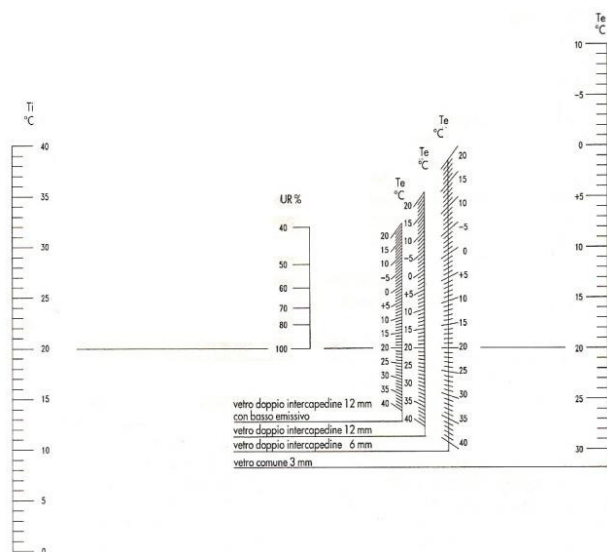


Figura 4.16: Abaco di calcolo grafico per la previsione dei fenomeni di condensa sulle superfici vetrate.

Per quanto riguarda l'isolamento acustico, le prestazioni fornite dal tamponamento sono determinanti dato che esso rappresenta la parte dimensionale più considerevole del serramento. Quando le onde sonore incidono su un lato di un elemento, quest'ultimo entra in vibrazione comunicando lo stato di vibrazione all'aria a contatto con l'altro suo lato; il potere fonoisolante di

un pannello è quindi proporzionale alla sua rigidità che, a sua volta, dipende dalla massa per unità di superficie. Inoltre, per ciascun elemento esiste una frequenza critica, che dipende dalle sue dimensioni e spessore, per la quale esso è quasi trasparente al suono. Prestazioni elevate di isolamento acustico sono quindi ottenibili mediante:

- l'uso di grossi spessori vetrati, sia in lastra singola che doppia. L'isolamento acustico di un pannello vetrato è proporzionale alla sua massa, per tale motivo l'uso di vetri doppi non offre vantaggi acustici rispetto all'uso di un vetro unico di spessore pari alla somma dei due;
- l'uso di vetri stratificati. L'interposizione di materiale plastico fra le lastre aumenta la rigidità delle lastre stesse, aumentandone il potere fonoisolante;
- l'uso di vetri stratificati con lastre di differenti spessori. La frequenza critica di ciascuna lastra risulta in tal caso differenziata e il potere fonoisolante del vetro stratificato non presenta picchi negativi.

Per quanto riguarda il comportamento al fuoco, tutti i prodotti vetri sono incombustibili e la loro reazione al fuoco è buona per quanto riguarda l'inflammabilità, la propagazione delle fiamme, l'eliminazione di fumo e di gas tossici, il potere calorifico. In caso d'incendio, però, il calore viene totalmente trasmesso per irraggiamento e il vetro giunge rapidamente a rottura per effetto dello shock termico, che fa perdere ogni capacità di tenuta alla fiamma e al fumo. I vetri temprati resistono più a lungo, ma perdono completamente la tenuta una volta rotti; nei vetri armati i fili metallici conservano una certa coesione, sufficiente per assicurare la tenuta alle fiamme e ritardare il formarsi di breccie quando il vetro comincia a rammollirsi sotto l'effetto del calore.

Per quanto riguarda la sicurezza alle intrusioni, le aperture sono potenziali punti deboli che necessitano di essere difesi. Per quegli ambienti dove è necessario garantire la piena visibilità con elevate prestazioni antieffrazione, è possibile ricorrere a vetri stratificati da più lastre con l'interposizione di fogli di polivinilbutirate, che garantiscono resistenze elevatissime allo sfondamento o, addirittura all'urto di proiettili.

Per la realizzazione del tamponamento vetrato del complesso commerciale sono da tenere presente i seguenti aspetti:

- molta importanza assume la trasparenza e l'assenza dell'alterazione del colore per garantire dall'esterno una ottima visibilità e percezione cromatica degli oggetti esposti nelle vetrine dei negozi;

- visto l'orientamento geografico nord nord-ovest il sistema vetrario deve garantire un ottimo isolamento termico al fine di aumentare il comfort degli ambienti interni a favore di un minore impegno di impianti. Non si ravvede la necessità di utilizzare vetri particolari a fronte di un eccessivo soleggiamento in quanto l'esposizione della parete non consente ai raggi solari di colpire direttamente la superficie vetrata;
- relativamente all'isolamento acustico non necessitano specifici requisiti in quanto la parete è opposta alla ferrovia, inoltre le attività commerciali non richiedono particolare attenzione in tale senso;
- altro aspetto da tenere in considerazione, nella scelta del sistema vetrario è la sicurezza alle intrusioni, particolarmente sentita nei centri commerciali.

A seguito di quanto analizzato è stato fatta la scelta del tamponamento vetrato optando per un vetro unito al perimetro con stratificato (9-12-10) (Figura 4.17).

Tale prodotto garantisce un ottimo compromesso tra i requisiti evidenziati sia dal punto vista della trasparenza visiva (trasmissione luminosa 82%) con nessuna alterazione della percezione della scena, sia dal punto di vista energetico ($K = 2,7 \text{ kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C})$) garantendo basse dispersioni termiche e sia nei confronti della sicurezza alle intrusioni grazie all'elemento esterno di vetro stratificato.

Per quanto riguarda il telaio di sostegno al tamponamento trasparente si evidenzia, brevemente, che la scelta è ricaduta su profili in alluminio estruso di colore grigio ardesia dotate di taglio termico ottenuto mediante la realizzazione di due profilati indipendenti che vengono poi collegati con materiale isolante.

4.6 I solai

Particolare attenzione è stata posta nella progettazione costruttiva del solaio del piano terra. La scelta della tipologia è stata fatta sulla base dei seguenti requisiti:

- resistere meccanicamente ai carichi propri e di esercizio;
- non consentire il passaggio dell'acqua;
- isolare termicamente;
- essere attrezzabile per impianti.

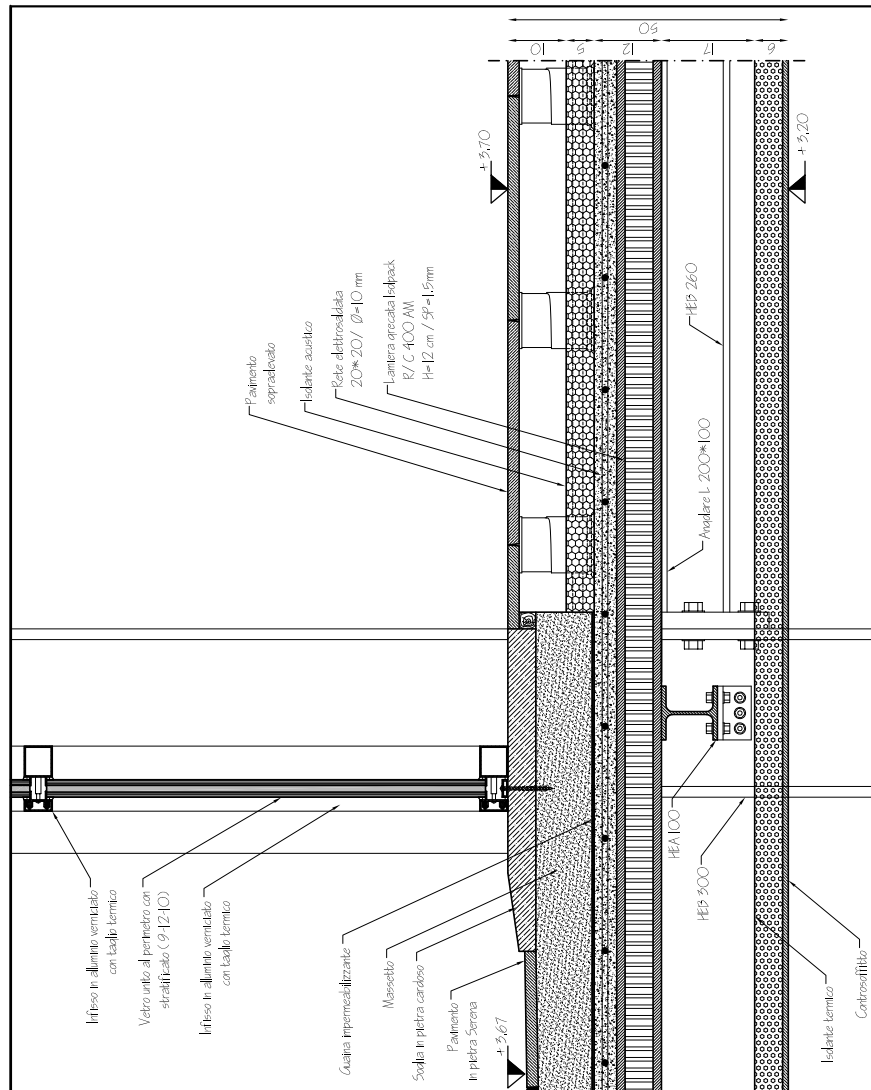


Figura 4.17: Particolare parete vetrata - Riferimento disegni: tavola n.12.

Non avendo a disposizione informazioni della struttura e delle proprietà del terreno si è ipotizzata la presenza di un terreno umido per costituzione intrinseca e/o per condizioni al contorno, non soggetto, in genere alla presenza di acqua ma sede di frequenti fenomeni di formazione di flussi di vapore. Il modello scelto è il solaio a terra ventilato atto a smaltire i flussi di vapore provenienti dal terreno, tramite ventilazione dell'intercapedine con aperture perimetrali di idonea superficie, per evitare che la formazione di acqua per condensazione interstiziale possa alterare o disattivare in modo più o meno permanente le specifiche funzioni della chiusura, oltre che indurre negative azioni di degrado nei materiali costituenti la soluzione tecnica (Figura 4.18).

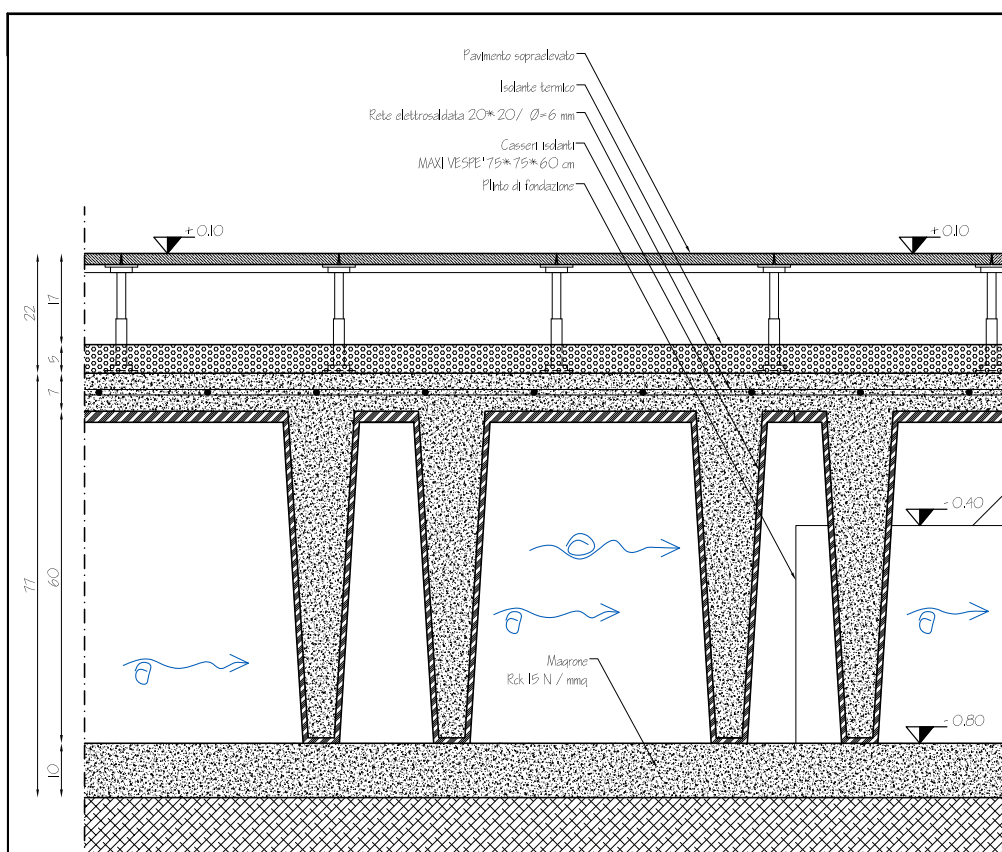


Figura 4.18: Particolare solaio piano terra - Riferimento disegni: tavola n.14.

La realizzazione del solaio areato consente, inoltre, di:

- isolare il getto in calcestruzzo dal sottofondo evitando la risalita di umidità

- consentire il passaggio libero sotto la pavimentazione di tubature per gli impianti e per gli scarichi, senza annegarli nel calcestruzzo e con possibilità di modifiche ed ispezioni;
- realizzare una ventilazione d'aria sotto il pavimento in grado di smaltire l'eventuale presenza nel terreno di gas Radon¹ e di consentire l'asporto ottimale dell'umidità.

L'intercapedine di ventilazione è stata ottenuta con i casseri a perdere in materiale plastico per vespai areati Vespè brevettati contro la risalita dell'umidità grazie al fondo dei pilastrini completamente chiuso. questa particolarità permette la totale sigillatura del getto di calcestruzzo nei confronti dell'eventuale umidità o acqua presente nel sottofondo, evitando l'utilizzo di materiali impermeabili nella preparazione del sottofondo e dando la massima sicurezza contro le risalite di umidità per contatto o capillarità. (Figura 4.19).

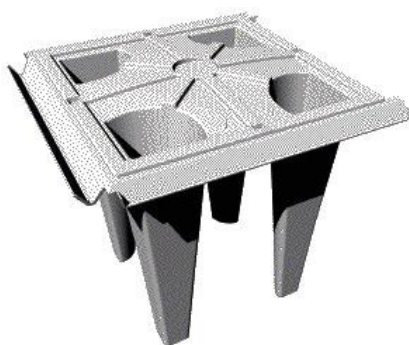


Figura 4.19: Il cassero Vespè per solai ventilati.

La superficie planare consente una facile e sicura pedonabilità durante la posa in opera in ottemperanza alle normative di sicurezza. Il cassero presenta quattro gambe per ogni modulo (sedici al metroquadrato) garantendo una migliore distribuzione del peso del getto e dei carichi.

Sul getto del solaio areato è prevista uno strato isolante termico e l'installazione del pavimento sopraelevato. Le pavimentazioni sopraelevate sono sistemi di finiture tecniche costituiti da elementi modulari posati su una struttura di tipo puntiforme, discontinua. La struttura collega il piano di calpestio all'estradosso dell'impalcato. L'intercapedine che si viene a creare tra il piano di calpestio e la struttura orizzontale del solaio è utilizzato come

¹Gas nobile radioattivo, i cui isotopi derivanti dal suo decadimento in caso di forti concentrazioni possono essere dannosi per la salute umana.

spazio ispezionabile per il passaggio di impianti. Quindi i pavimenti sopraelevati si adattano molto bene negli uffici, nei negozi, nei centri di elaborazione dati e, in generale, in tutti gli ambienti caratterizzati da un notevole carico impiantistico e da una elevata flessibilità distributiva e funzionale.

Inoltre i pavimenti sopraelevati presentano le seguenti caratteristiche:

- vengono montati a secco in un'unica operazione. Essi vengono installati completi di rivestimento, finiti: ciò permette un migliore controllo, in fase progettuale, dei risultati finali, oltre che una sensibile economia dei tempi di posa rispetto a quanto accade nel caso si utilizzino sistemi di pavimentazione tradizionali;
- consentono un alto grado di flessibilità d'uso e la possibilità di realizzare reti impiantistiche con percorsi brevi;
- ogni punto dell'intercapedine risulta ispezionabile e accessibile senza che si creino eccessivi intralci o interruzioni prolungate allo svolgersi delle attività nel caso si debbano effettuare operazioni di manutenzione, di modifica degli schemi di posa o di installazione di nuovi impianti;
- è possibile installare una vasta gamma di accessori: scatole e vaschette atte a ospitare terminali di impianti elettrici, telefonici, ecc., allacciamenti per impianti aspirapolvere, attacchi per estintori, elementi diffusori e per la ripresa d'aria per impianti di climatizzazione;
- gli elementi dello strato di tamponamento del pavimento sopraelevato possono essere realizzati in materiali incombustibili o difficilmente infiammabili: è possibile, in questo modo, far sì che il pavimento sopraelevato contribuisca alla protezione antincendio;

L'elemento che compone lo strato di tamponamento è il pannello, elemento modulare e amovibile costituente il piano di calpestio della pavimentazione sopraelevata. Esistono molti tipi di rifinitura che vanno dai materiali lignei a quelli plastici, dalle pietre naturali come il marmo e il granito al porcellanato.

Ultima considerazione va fatta sul solaio del primo piano costituito (Figura 4.20), strutturalmente, da una lamiera grecata collaborante posizionate all'interno dell'anima della trave di sostegno ricreando l'appoggio attraverso l'uso di appositi profili angolari; in questo modo si è ottenuto una sensibile riduzione dello spessore del solaio mantenendo la stessa quota del piano di calpestio del camminamento esterno. Anche per il solaio del piano primo, come quello del piano terra, è stato fatto uso della pavimentazione sopraelevata.

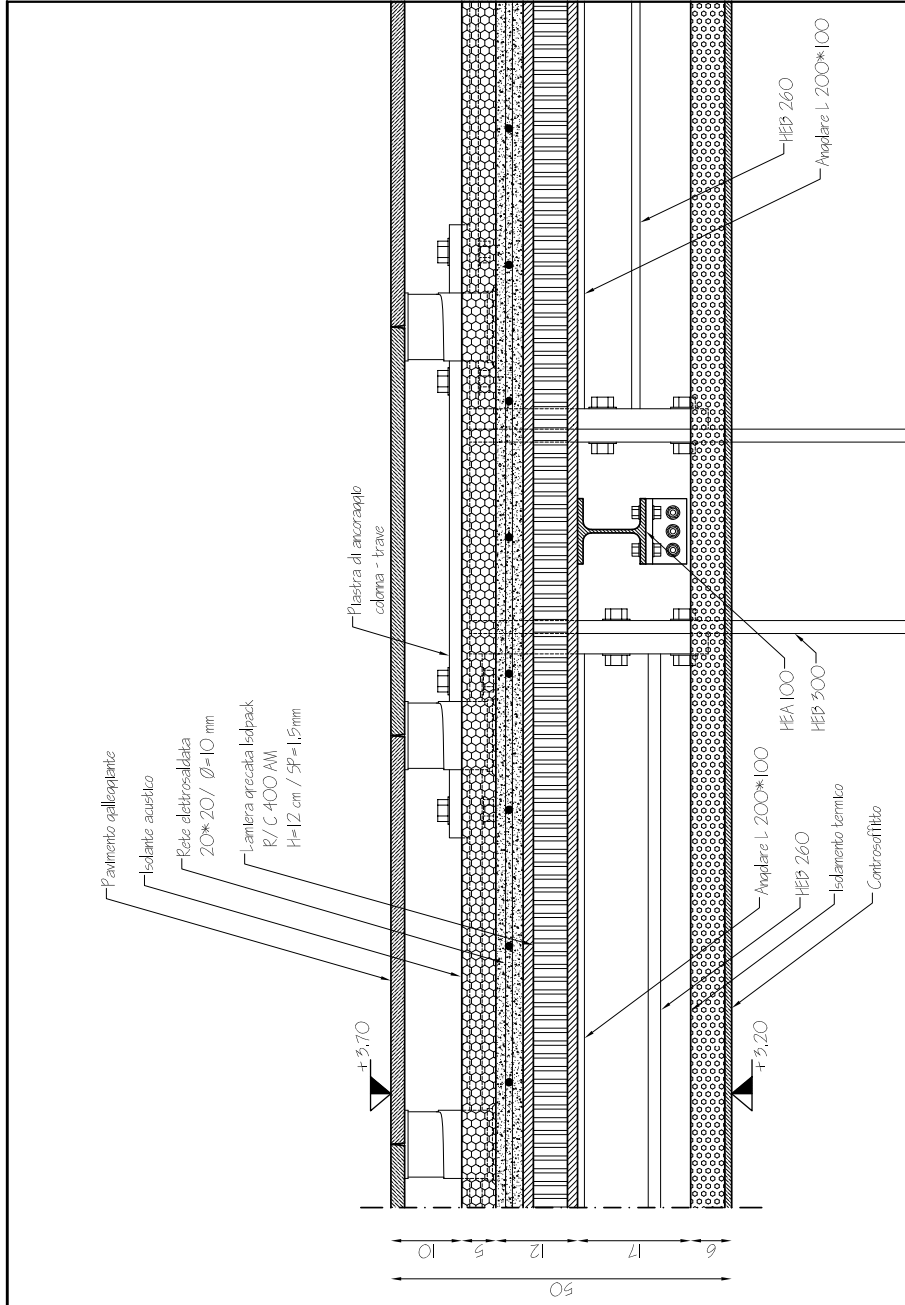


Figura 4.20: Particolare solaio primo piano - Riferimento disegni: tavola n.13.

4.7 Considerazioni conclusive

Dalla descrizione dei particolari costruttivi sopra esposti si intuisce come la progettazione dell'involucro edilizio è stata pensata per soddisfare due importanti aspetti.

Il primo riguarda la capacità dell'organismo edilizio a garantire caratteristiche di flessibilità alle variazioni distributive e funzionali della struttura. Questo è stato ottenuto mediante l'impiego di sistemi costruttivi quali pavimenti sopraelevati, pareti in cartongesso, controsoffitti, struttura portante metallica su schema modulare che nell'insieme consentono facili trasformazioni e modifiche legate al susseguirsi delle diverse esigenze delle attività commerciali.

Il secondo aspetto, di attuale rilevanza, si concentra sul consumo energetico dell'edificio.

La ricerca nella generazione di fenomeni di raffrescamento passivo sfruttando i principi della ventilazione naturale e l'utilizzo di materiali con elevate caratteristiche isolanti delle pareti della scatola muraria riducono al minimo le dispersioni termiche offrendo il mantenimento di condizioni bioclimatiche favorevoli, minimizzando, nello stesso tempo, l'uso delle risorse energetiche inquinanti. La crescita dei costi economici ed ambientali delle fonti di energia tradizionali, i problemi legati all'inquinamento dell'aria nelle città, l'eventualità dell'esaurimento di alcune fonti di combustibile a fronte di una crescita del fabbisogno di energia sono alcuni dei fattori che stimolano sempre di più alla ricerca di tutti quei sistemi (attivi e passivi) che intervengono sul controllo del comfort e quindi del riscaldamento, raffrescamento e illuminazione degli ambienti costruiti. In tal senso, la progettazione di tutto il complesso, potrebbe essere approfondita incidendo ulteriormente sul risparmio energetico agendo direttamente sulla scelta di impianti tecnologici che sfruttano le energie rinnovabili. Ad esempio, nel campo termico, i collettori solari che trasformano l'energia della radiazione solare in energia termica utilizzando l'aria o l'acqua come fluido di trasferimento. Oppure le pompe di calore geotermiche che sono apparecchi in grado di prelevare calore da una fonte fredda e trasferirlo ad un altro corpo più caldo; il corpo freddo a cui si sottrae calore nel periodo invernale è il terreno ed il corpo caldo che lo riceve è l'edificio, invertendo il ciclo il sistema funziona anche in estate per il raffrescamento. Nel campo di produzione di energia elettrica si ricordano gli impianti fotovoltaici che consentono di trasformare direttamente l'energia associata alla radiazione solare in energia elettrica facilmente installabili sulle falde della copertura del complesso commerciale esposte a sud sud-est.

Questi sistemi applicati all'edilizia si riassumono nel concetto dell'architettura sostenibile garante di un'arte dell'abitare in sistematica armonia uni-

4.7 Considerazioni conclusive Aspetti costruttivi del centro commerciale

versale, nel senso cioè di garante del rispetto del diritto alla vita, qualunque sia la sua dimensione di definizione; garante di una sistematica universale armonia tra l'uomo e la natura senza creare né padroni di casa né inquilini ma solo pacifici conviventi in una enorme casa, il pianeta Terra.