



Luigi Paolino
Ing. Professor of Building Technology
BEST – Politecnico
Milano, Italia

University and country: didactics of detailed design based on performance



Manuela Grecchi
Arch. Professor of Building Technology
BEST – Politecnico
Milano, Italia

Case History: Re-assessment of the Arlenico site in Lecco School and public spaces in Talamona (SO)

Technocity und Kongresszentrum Lecco - Neubewertung des Geländes "Arlenico"

Technocity e centro dei congressi a Lecco - Nuova valutazione del terreno "Arlenico"

documento in italiano

University and country: didactics of detailed design based on performance

Case History:

Re-assessment of the Arlenico site in Lecco School and public spaces in Talamona (SO)

1 La Laurea in Ingegneria Edile-Architettura

Il Corso di Studio in Ingegneria Edile-Architettura riunisce in sé i saperi diversi dell'architettura e dell'ingegneria. Forma professionisti capaci di svolgere i compiti richiesti dall'Unione Europea ai progettisti di architettura e urbanistica e ai gestori del processo edilizio, nella sua globalità e nei suoi aspetti attuativi.

Il Corso di Studio in Ingegneria Edile-Architettura ha una durata di 5 anni, con 29 insegnamenti, 12 dei quali comprendono laboratori di progettazione. I diversi insegnamenti previsti dal piano degli studi sono fortemente correlati e interagenti: in ogni anno di Corso lo studente ha infatti la possibilità di elaborare almeno un progetto personale, che in generale costituisce la base di lavoro per svolgere le valutazioni e le analisi previste negli insegnamenti di quell'anno o dell'anno successivo.

Il successo del Corso in Ingegneria Edile-Architettura è testimoniato anche dalle iniziative, a livello internazionale, che coinvolgono gli studenti iscritti. L'obiettivo formativo è quello di immettere nel mercato del lavoro una figura professionale di ingegnere edile-architetto che attraverso la sua preparazione interdisciplinare sia in grado di identificare i problemi e di ricercare appropriate soluzioni progettuali, stando al passo con la dinamica innovativa del settore, per migliorare la qualità edilizia nella sua valenza fisica, tecnica, estetica, prestazionale, processuale ed economica.

Si tratta di un percorso che si propone di formare un operatore cosciente e critico, dotato dei necessari bagagli teorico-scientifici, qualificato per impostare, svolgere e gestire attività di progettazione anche complesse, con solida formazione di base e una preparazione orientata a fornirgli spiccate capacità di proposizione progettuale, operativo/gestionale, nell'ampiezza disciplinare coperta, per intervenire da protagonista nei processi di edificazione, di trasformazione, di gestione dell'ambiente costruito, dello sviluppo dell'innovazione nel settore edilizio.

L'ingegnere edile-architetto, per lo spettro di competenze maturate, trova differenziate occasioni di lavoro, nell'ambito della progettazione, dell'esecuzione e del controllo della qualità di interventi edilizi nuovi e di recupero nelle diverse destinazioni d'uso; è inoltre in grado di affrontare le problematiche attinenti alla connessione degli insediamenti con il territorio, sotto il profilo della valutazione paesistica e ambientale e della pianificazione urbanistica e territoriale.

Nello specifico, gli ambiti occupazionali sono:

- studi professionali e società di ingegneria, come libero professionista nel settore della progettazione architettonica
- imprese di costruzione e manutenzione di opere edili e infrastrutturali
- uffici tecnici delle pubbliche amministrazioni come enti appaltanti o di controllo
- uffici tecnici di enti e società pubblici e privati
- industrie di produzione di componenti e sistemi per l'edilizia

2 Il progetto esecutivo e la normativa italiana

Maggior chiarezza sugli aspetti peculiari ed i contenuti della progettazione definitiva ed esecutiva è stata fatta in Italia con il varo della legge n. 109/1994 (Legge Quadro sui Lavori Pubblici) e del relativo decreto attuativo (n. 554/1999). In particolare, il decreto introduce, con l'articolo 32, l'obbligo di predisposizione del "Disciplinare descrittivo e prestazionale" nel quale vanno precisati tutti i contenuti prestazionali tecnici degli elementi previsti in progetto. Il successivo art. 45 impone la formulazione del capitolato speciale d'appalto suddiviso in due parti: la prima contenente la descrizione delle lavorazioni (capitolato di tipo oggettuale, di tradizionale concezione) e la seconda contenente la specificazione delle "prestazioni tecniche", richiedendo così la normativa che la progettazione a tutti i livelli segua un approccio di tipo prestazionale.

La progettazione tecnologica attiene in particolare alla sfera del progetto definitivo, costituendo essa la base metodologica e tecnico-scientifica per l'individuazione delle caratteristiche morfologiche e dimensionali degli elementi tecnici, dei loro componenti e delle stratificazioni funzionali, finalizzata ad un'adeguata risposta prestazionale alle sollecitazioni ambientali e ai requisiti del sistema.

Il decreto 554/99 sancisce poi, in modo abbastanza dettagliato, anche i contenuti del progetto definitivo (art. 30 e segg.) e del progetto esecutivo (art. 35 e segg.), nell'ottica di pretendere dal soggetto incaricato della funzione progettuale (figura interna alla pubblica amministrazione ovvero professionista esterno) l'attenzione necessaria al maggior controllo possibile del progetto al fine di ridurre le incertezze, le indeterminazioni, gli errori che compromettono la qualità globale dell'oggetto edilizio e viciano l'iter relativo al buon esito dell'appalto.

Gli elaborati del progetto definitivo, alle scale di rappresentazione non inferiore a 1:200 e a 1:100, conterranno indicazioni esaustive in merito alle piante ai vari livelli, alle sezioni trasversali e longitudinali, debitamente quotate e con esplicitazione delle destinazioni funzionali delle unità spaziali; anche le indicazioni di carattere strutturale ed impiantistico dovranno essere ben esplicitate, al fine di verificare la congruenza dei vari progetti specialistici.

Il progetto esecutivo è visto dalla legge come "ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni", con lo scopo, cioè, di definire compiutamente ed in ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico l'intervento da realizzare. L'aspetto più interessante in questo ambito lo si può individuare nello studio dei particolari costruttivi e nelle modalità esecutive di dettaglio. Ciò ancor più se si considera la complessità cui può giungere la progettazione per la presenza di elementi tecnici, materiali, caratteristiche morfologiche e formali anche assai differenziati nell'ambito del medesimo organismo edilizio. Ma anche in virtù dell'integrazione dei diversi progetti specialistici che, con quello edile-architettonico, risultano assolutamente comprimari nella definizione e concezione del prodotto edilizio.

Alle scuole di ingegneria edile e di architettura, dunque, il compito di formare i soggetti che si troveranno coinvolti nella progettazione, sviluppando le conoscenze tecniche e le capacità critiche necessarie a produrre documenti di alto profilo professionale, espressione di un'elaborazione concettuale ispirata al criterio della qualità globale del prodotto edilizio.

3 L'insegnamento di Architettura Tecnica

L'insegnamento di Architettura Tecnica, che si colloca al terzo anno del Corso di Laurea in ingegneria Edile-Architettura ed è coordinato con il laboratorio progettuale, ha l'obiettivo di approfondire alcune tematiche tipiche del progetto edilizio, con particolare attenzione allo sviluppo del progetto esecutivo e alle verifiche prestazionali.

In particolare, in relazione al tema progettuale scelto, approfondisce le seguenti tematiche:

- l'approccio prestazionale, ossia la necessità di affrontare la progettazione mediante una sequenza sistematica di azioni, che correlano le esigenze dell'utenza finale con i requisiti e le prestazioni del sistema tecnologico;
- l'analisi del contesto, in termini di agenti esterni, di condizioni climatiche, microclimatiche ed urbane, al fine di definire i livelli prestazionali che il sistema tecnologico deve soddisfare, mediante un approccio "sostenibile";
- l'analisi dell'ambiente interno, in rapporto alle esigenze espresse dall'utenza e alle verifiche funzionali – spaziali, in relazione alla normativa vigente, in termini di dimensionamento, di fruibilità e di sicurezza. Quindi la messa a punto del metaprogetto funzionale e spaziale; l'analisi dell'ambiente interno, in relazione alle condizioni di benessere termico, ottico-luminoso e acustico, al fine di individuare i requisiti fisico-ambientali che devono essere soddisfatti dal progetto;
- il modello tecnologico e la definizione dei contenuti progettuali in rapporto ai tre livelli definiti dalla normativa: preliminare, definitivo ed esecutivo; l'analisi delle più significative soluzioni tecnologiche, in relazione al progetto dell'involucro edilizio (chiusure verticali e orizzontali) e delle partizioni interne (verticali ed orizzontali), in risposta al quadro prestazionale formulato.

L'approccio prestazionale

Lo sviluppo di dispositivi impiantistici ha "deresponsabilizzato" la progettazione edilizia, demandando agli impianti il compito di controllare le condizioni ambientali interne necessarie, compensando le carenze o gli errori del progetto edilizio. E' quindi necessario riportare sul progetto la regia della qualità ambientale.

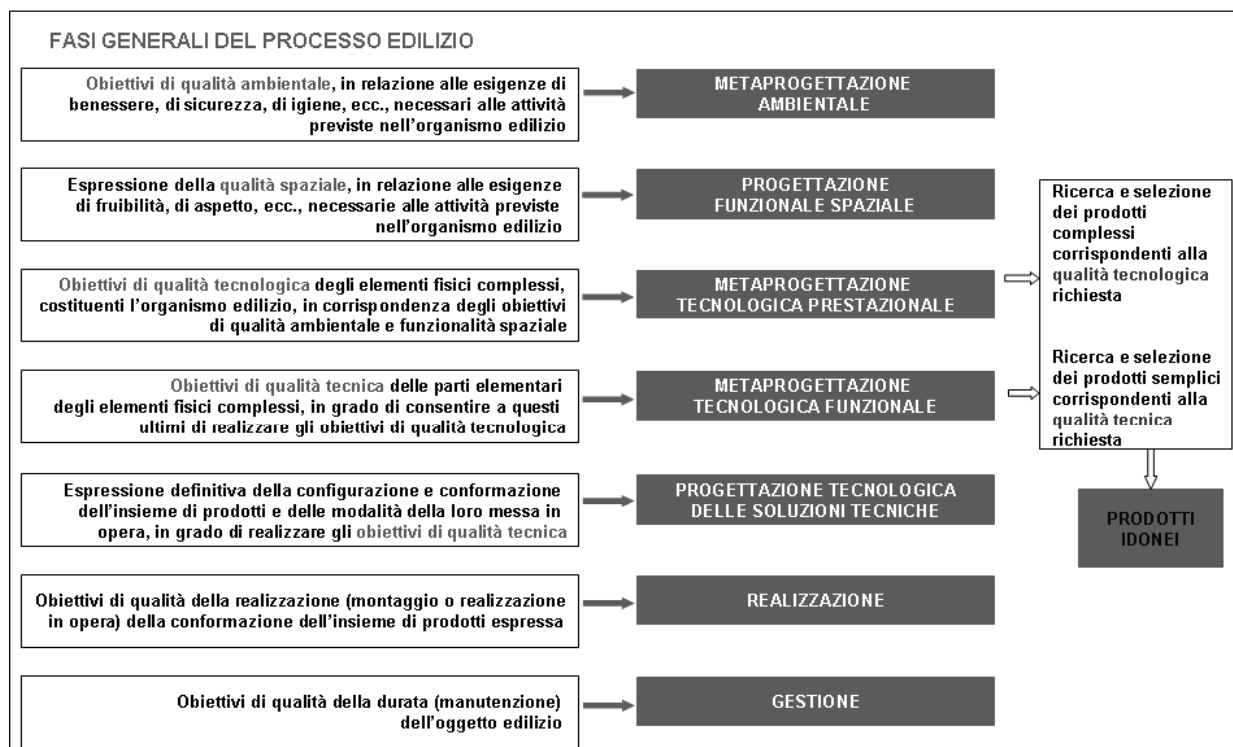


Figura 1: Schema sintetico riguardante le fasi del processo analizzato nel corso di Architettura Tecnica

4 Primo caso di studio: il Recupero dell'Arlenico a Lecco

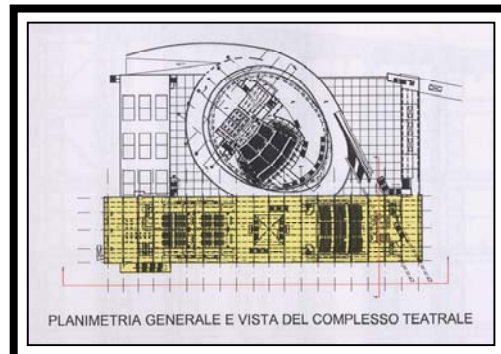


Figura 2: Planimetria generale e vista del complesso teatrale

Nell'ambito del corso di Architettura Tecnica 1 dell'anno accademico 2003-2004 gli allievi, suddivisi in gruppi di lavoro di 4-5 unità, hanno sviluppato un tema progettuale particolarmente complesso, già affrontato nei termini della metaprogettazione ambientale e della progettazione preliminare nel precedente corso di Composizione Architettonica 2, tenutosi al 3° anno, che proietta l'impegno universitario direttamente all'interno della realtà fisica della città. In tal modo, quella che è un'esercitazione a scopo didattico assume un particolare interesse e sollecita gli allievi ad uno sforzo mirato, responsabilizzandoli ad un'azione progettuale indirizzata al territorio in cui vivono.

Si è trattato di sviluppare un progetto di riconversione a livello urbano (ristrutturazione urbanistica) e di riqualificazione architettonica di un'area strategica nel tessuto urbano della città di Lecco, secondo tre aspetti:

- 4.1 le verifiche funzionali-spaziali e il controllo della qualità ambientale delle unità spaziali relativamente ai requisiti di benessere igro-termico, acustico ed ottico-luminoso
- 4.2 la progettazione tecnologica su base prestazionale dei subsistemi ed elementi tecnici
- 4.3 la progettazione architettonica definitiva ed esecutiva degli edifici previsti

Lecco è una cittadina del nord della Lombardia caratterizzata da due elementi naturali fortemente connotanti: a nord-est l'imponente e incombente massiccio dolomitico del gruppo Grigna-Resegone, a sud-ovest il ramo orientale del lago di Como. La fisicità di queste presenze è tanto significativa da condizionare l'ambiente antropizzato ed esaltarne la tipicità: lago e monti sono un tutt'uno con la città e i luoghi circostanti, così come mirabilmente evidenziato dal massimo scrittore italiano Alessandro Manzoni che qui incornicia l'umanissima vicenda di Renzo e Lucia, sposi promessi.

Il Comune di Lecco, nei suoi confini attuali, è il risultato dell'unione di otto municipi limitrofi avvenuta intorno al 1925. La città è tagliata da nord a sud dalla linea ferroviaria, vera e propria barriera artificiale in parte in trincea in parte in rilevato. Una nuova strada di attraversamento, che collega Milano a Sondrio e le sue valli, costituisce una seconda barriera, anche se il parziale interrimento riduce l'impatto con la città. L'area di progetto è situata nella fascia del territorio urbano compresa tra il tracciato della ferrovia e questa arteria viaria, in una zona pressochè centrale, occupata dall'ex zona industriale dell'Arlenico, ultima presenza produttiva di notevoli dimensioni contenuta all'interno della città e di prossima dismissione.

Oggi la città evidenzia una debole connotazione urbana e, nel complesso, una scarsa qualità leggibile nelle componenti sia architettoniche che funzionali: numerose parti del tessuto sono caratterizzate da contaminazione degli spazi urbani, con luoghi della residenza frammisti a luoghi della produzione, parti progettate e parti cresciute per accumulazione e stratificazioni successive.

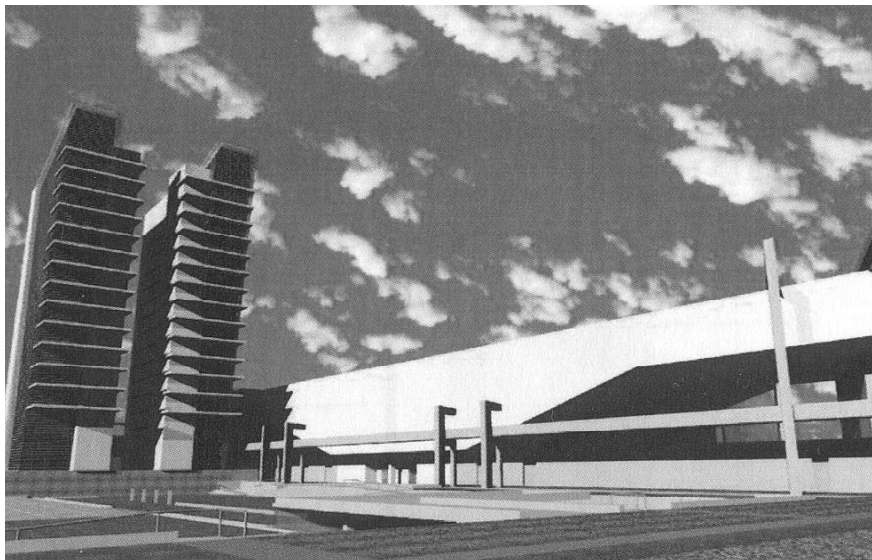


Figura 3

La progettazione affronta il tema della riconnessione delle singole parti e funzioni del tessuto urbano, nell'intento di superare le cesure fisiche della città consolidata, proponendo un nuovo insediamento polifunzionale: i temi scelti dagli allievi sono stati pertanto la formazione di un centro congressi, con sale, teatro, aree espositive, zone ristorante oppure di una tecnocity per la ricerca tecnologica e scientifica a supporto della locale industria, o anche una residenzialità turistico-alberghiera o studentesca.

4.1 Le verifiche funzionali spaziali

Le verifiche funzionali-spaziali hanno atteso alla formulazione del cosiddetto *progetto ambientale*, cioè il processo logico di operazioni di controllo del progetto che, partendo dall'analisi delle funzioni e delle conseguenti attività il cui svolgimento è previsto nell'edificio, conduce all'individuazione degli elementi spaziali, alla loro definizione geometrica, alla loro correlazione (impianto distributivo).

Gli allievi hanno puntualmente valutato le condizioni di equilibrio artificiale che caratterizza l'intorno ambientale, inteso questo come l'insieme delle condizioni igrotermiche, acustiche e luminose richieste per lo svolgimento delle attività, condizioni che contribuiscono al raggiungimento del benessere ambientale. In estrema sintesi, la procedura applicata è stata la seguente: definizione delle UNITA' AMBIENTALI, analisi e ricerca dei RIFERIMENTI NORMATIVI, verifica della DIMENSIONE e AGGREGAZIONE delle unità ambientali, verifica dell'ATTREZZABILITA', individuazione dei PARAMETRI DI CONTROLLO AMBIENTALE, verifica del requisito ambientale di FRUIBILITA', verifica del requisito ambientale di SICUREZZA AL FUOCO.

Particolare attenzione è stata posta nell'analisi dei dati contestuali relativi all'area e riguardanti:

- il contesto urbanistico
- le caratteristiche climatiche del sito

L'analisi climatica della città di Lecco ha condotto alla valutazione dell'irradiazione giornaliera media mensile diretta e diffusa, della temperatura media mensile, dell'irradianza solare massima estiva, dei valori medi della pressione parziale di vapor d'acqua, dei dati pluviometrici e dei dati anemometrici. La definizione del contesto climatico ha influenzato le scelte progettuali per quanto concerne l'orientamento delle unità spaziali, ma anche l'adozione di soluzioni tecniche per i subsistemi edilizi.

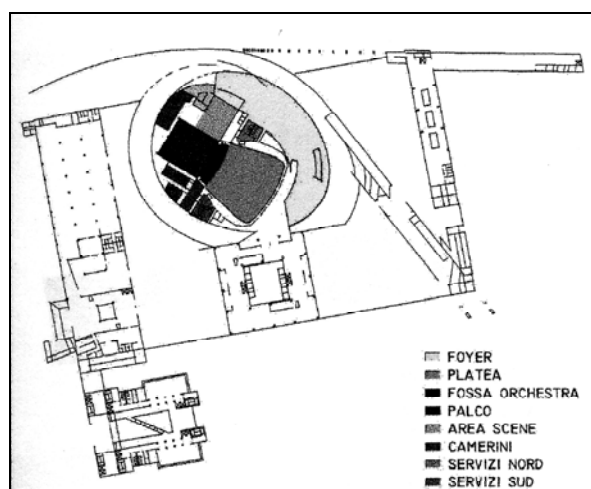


Figura 4: Esempio di individuazione delle unità ambientali: il teatro

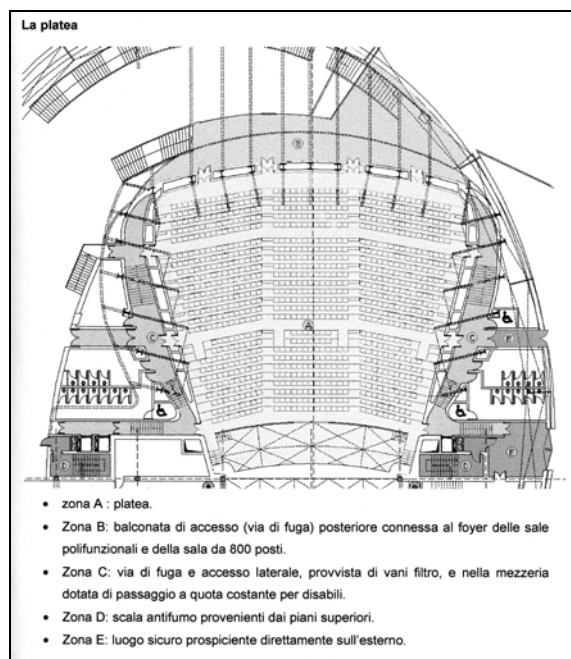


Figura 5: Esempio di verifica antincendi: il teatro

4.2 La progettazione tecnologica su base prestazionale dei subsistemi ed elementi tecnici

Questa fase della progettazione ha condotto, in estrema sintesi, a due risultati: l'individuazione delle soluzioni tecnologiche dei diversi subsistemi ed il controllo di alcuni parametri ambientali significativi dell'involucro esterno e delle partizioni interne relativamente ai requisiti di benessere termico, acustico e ottico-luminoso.

Il cosiddetto *programma prestazionale* del sistema costruttivo è stato messo a punto dagli allievi attuando l'individuazione dei subsistemi che compongono l'organismo edilizio evidenziando, per ogni subsistema, la lista dei requisiti connotanti secondo la norma UNI 8290, i parametri di valutazione ed il metodo di controllo in base alla normativa di riferimento. Le soluzioni tecniche individuate sono state scomposte in strati funzionali la cui caratterizzazione tipologica e dimensionale è stata desunta dalla valutazione prestazionale in modo che, per ogni requisito connotante la soluzione, le specifiche di prestazione di progetto fossero superiori in termini qualitativi e quantitativi alle specifiche di prestazione obiettivo.

L'adozione di impianti strutturali in legno lamellare, in particolare per la progettazione dei sistemi portanti principali e degli orizzontamenti, si è rivelata di notevole interesse nella valutazione prestazionale rispetto ad alcuni requisiti fondamentali. Dal punto di vista didattico, il confronto critico dei risultati delle verifiche prestazionali tra diversi gruppi di lavoro che hanno adottato differenti soluzioni tecniche ha prodotto un particolare apprezzamento dell'impiego degli elementi tecnici a matrice lignea.

Sotto il profilo strettamente statico, si è evidenziato come il requisito della stabilità e resistenza meccanica sia stato agevolmente rispettato in situazioni geometriche particolarmente impegnative, dovendosi nei progetti provvedere alla realizzazione di involucri con coperture di grande luce. Non solo, ma gli allievi hanno potuto constatare come la relativa facilità di montaggio degli elementi, in una condizione costruttiva di sostanziale prefabbricazione del subsistema, abbia comportato vantaggi sull'economia di scala e contrazione dei tempi esecutivi. Senza dover adottare opere provvisorie o macchinari di sollevamento particolarmente impegnativi.

I solai lignei adottati per congruenza con i sistemi portanti principali hanno consentito, in alcuni casi di studio, di configurare questo subsistema mediante una stratificazione del tipo “a secco”, senza cioè l’impiego di getti integrativi a base cementizia. In questo caso, le verifiche prestazionali compiute a carico dei solai hanno fornito ottimi risultati rispetto a tutti i requisiti connotanti, ma in particolare a quelli afferenti al comportamento termoigrometrico (isolamento termico e controllo dei fenomeni condensativi superficiali ed interstiziali) e al requisito del benessere acustico per quanto riguarda la qualità ambientale.

4.3 La progettazione architettonica definitiva ed esecutiva.

Gli allievi hanno assunto le risultanze del processo della verifica funzionali-spaziali e della verifica prestazionale degli elementi tecnici e dei componenti edilizi quale input per l’individuazione delle soluzioni tecniche da impiegarsi per lo sviluppo del progetto. La Progettazione Definitiva si è sviluppata attraverso la messa a punto dei lay-out distributivi, del subsistema delle strutture e del subsistema impiantistico, producendo tavole architettoniche di piante, sezioni e prospetti in scala 1:100 e 1:50.

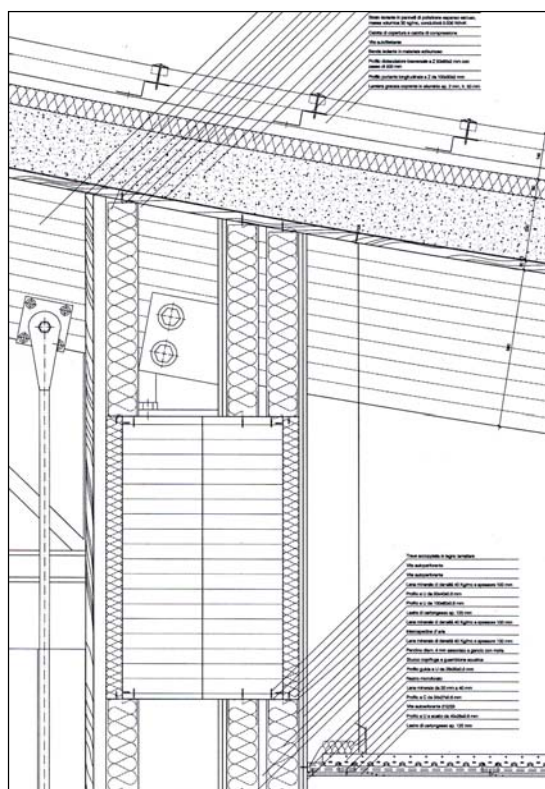


Figura 6

Il progetto esecutivo ha condotto alla definizione dell’opera nei suoi contenuti particolari, attraverso l’identificazione di ogni elemento costruttivo fino alla scala del dettaglio. I nodi e le sezioni correnti sono stati oggetto di studio al fine di assicurare un controllo fisico e dimensionale che garantisca la rispondenza ai requisiti tecnologici, la congruenza geometrica, la qualità morfologica. Le numerose sezioni di facciata (blow-up) e lo sviluppo grafico dei punti singoli hanno consentito un elevato grado di comprensione e di restituzione del progetto. Le legende materico-funzionali evidenziate sulle tavole esplicitano le scelte tecnologiche ancora una volta in termini prestazionali.

Lo studio dei nodi costruttivi nelle diverse soluzioni tecniche che hanno comportato l'impiego di elementi in legno ha permesso agli allievi di mettere a punto soluzioni specifiche sia per la realizzazione dei singoli subsistemi (in particolare i solai, le partizioni leggere orizzontali e i sistemi di facciata di tipo ventilato) sia per l'integrazione fra elementi tecnici diversi; sono state così valutate attentamente le problematiche derivanti dalle compatibilità morfologiche e chimico-fisiche dei materiali e dalle mobilità di varia origine (termica, igrotermica, meccanica, ecc.), mettendo a punto modelli funzionali che possono mettere al riparo il manufatto edilizio da patologie in esercizio mediante, ad esempio, particolari configurazioni dei sistemi di accoppiamento e di giunzione.

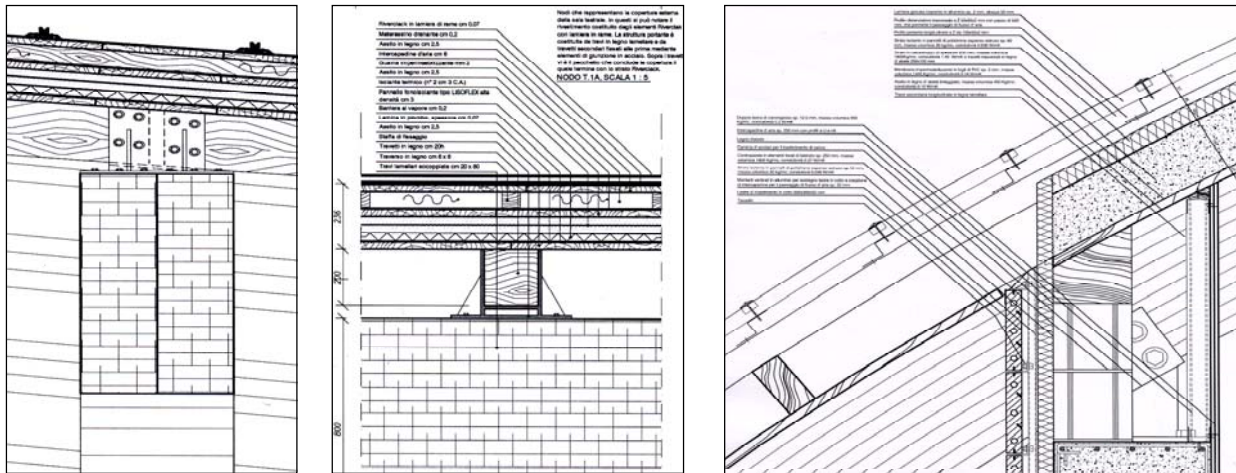


Figura 7: Esempi di particolari costruttivi (1:10 – 1:5)

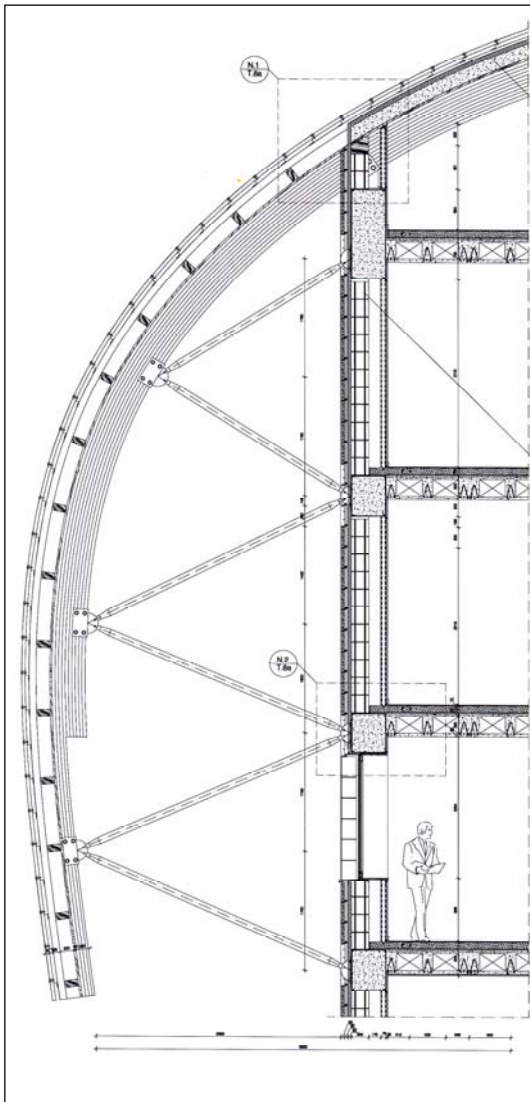


Figura 8: Sezione di facciata (1:20)

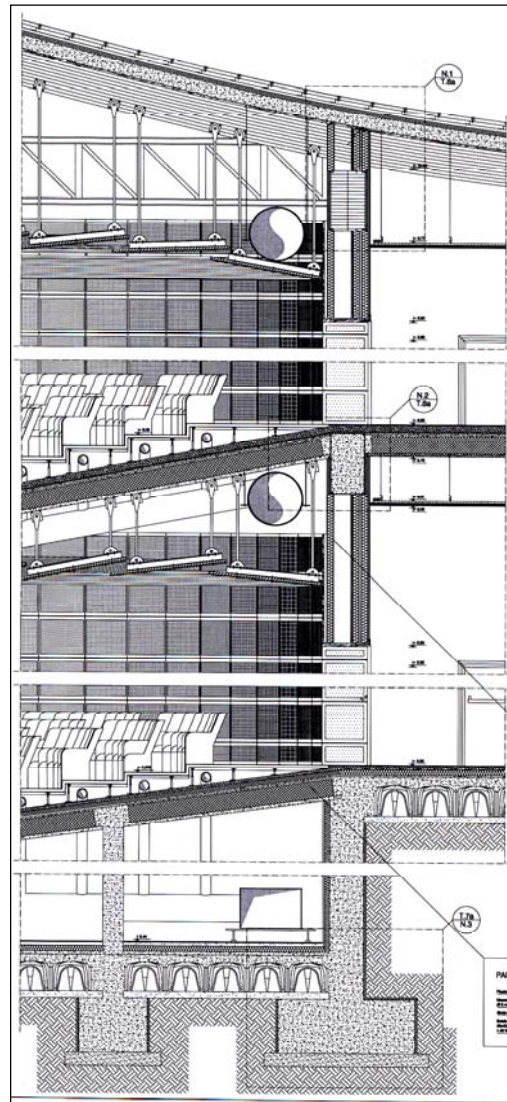


Figura 9: Blow-up sezione trasversale (1:20)

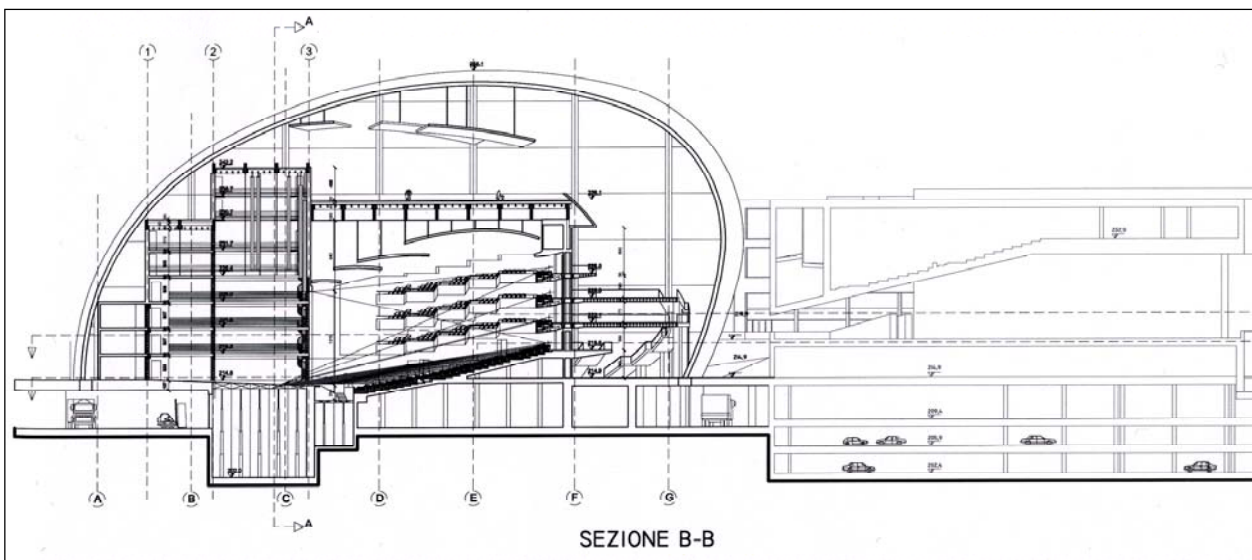


Figura 10: Sezione trasversale (1:100)

5 Secondo caso di studio: progetto di scuola materna e spazi pubblici nel Comune di Talamona (SO)

Il progetto sviluppato nel Laboratorio e nel corso di Architettura Tecnica (nuovo ordinamento) riguarda il progetto di una scuola materna a Talamona, in provincia di Sondrio. Il tema è stato scelto perché si è inteso far sviluppare agli studenti un progetto di un intervento pubblico secondo le richieste formulate dal Comune mediante un Bando di Concorso¹, al fine di esemplificare un'esperienza professionale reale.

Il tema è parso particolarmente significativo sia per le caratteristiche del sito, le preesistenze architettoniche locali, la complessità delle richieste e la possibilità di sviluppare un progetto di edificio pubblico per un tipo di utenza particolarmente interessante.

5.1 Le richieste del Bando di progetto

Il Bando prevedeva la riqualificazione urbanistica e architettonica di un'area nel centro del comune, mediante il progetto di un campus scolastico, costituito da due scuole preesistenti da recuperare in termini funzionali e da un nuovo intervento, relativo ad una scuola materna, un auditorium e una biblioteca.

Il tema è parso particolarmente interessante sia per le complessità urbane, sia per le caratteristiche del luogo e delle architetture tipiche delle zone montane, che richiedevano attente analisi sulle valenze che il nuovo insediamento deve avere rispetto al costruito.



Figura 11: Il sito oggetto dell'intervento

¹ Il Bando riguardava il "Concorso di progettazione per la realizzazione del nuovo campus scolastico e spazi pubblici contermini".



Figura 12, 13, 14, 15: Viste del sito

5.2 Lo sviluppo del progetto architettonico

Il tema è stato sviluppato nella sua complessità a livello di masterplan; sono state individuate soluzioni per la rifunzionalizzazione degli edifici esistenti, per i nuovi insediamenti e per la sistemazione urbana. Le scelte architettoniche sono state la conseguenza di un'attenta analisi dei tipi e delle preesistenze locali: conservazione delle "tracce" di orti e colture agricole; dialogo tra edifici e contesto territoriale (percorsi dominanti, curve di livello); analisi di sistemi costruttivi e materiali tradizionali, rivisitati in chiave di innovazione tecnologica.

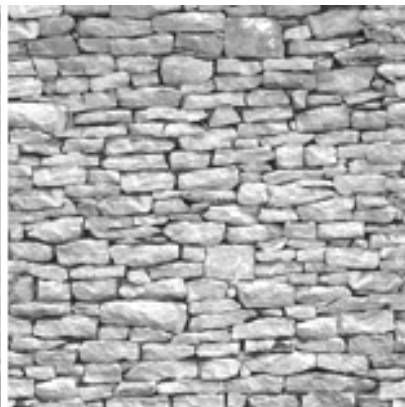


Figura 16: Suggestioni e spunti progettuali

Le seguenti immagini sono solamente un esempio e una piccola sintesi di quello che è stato lo sviluppo dei progetti dei 16 gruppi di studenti.

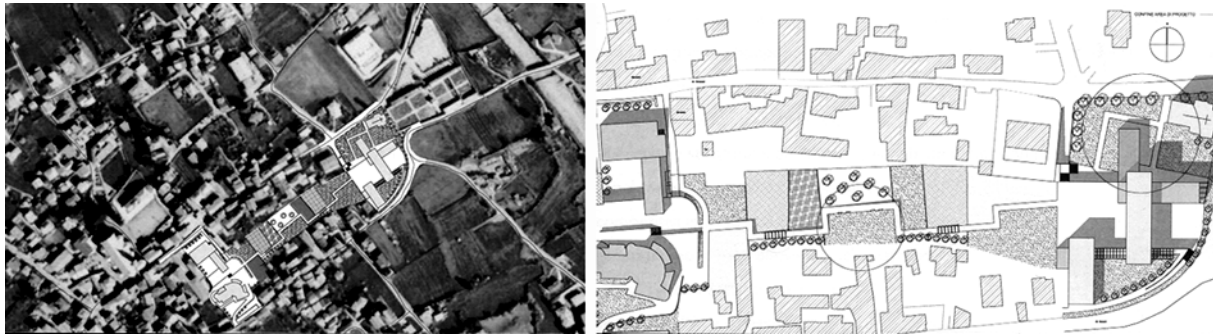


Figura 17: Planimetria generale

Il progetto definitivo è stato sviluppato sulla scuola materna. Le analisi metaprogettuali hanno condotto allo sviluppo di ambienti e spazi adeguatamente dimensionati sia in relazione all'utenza, sia alle normative tecniche vigenti, sia al rapporto con il contesto urbano.

Le soluzioni proposte rivelano una attenta valutazione delle esigenze che hanno portato gli studenti ad immaginare spazi "a misura di bambino", verificati in rapporto all'accessibilità, alla sicurezza e alla percezione degli ambienti interni e degli spazi esterni destinati al gioco e a giardini "didattici".

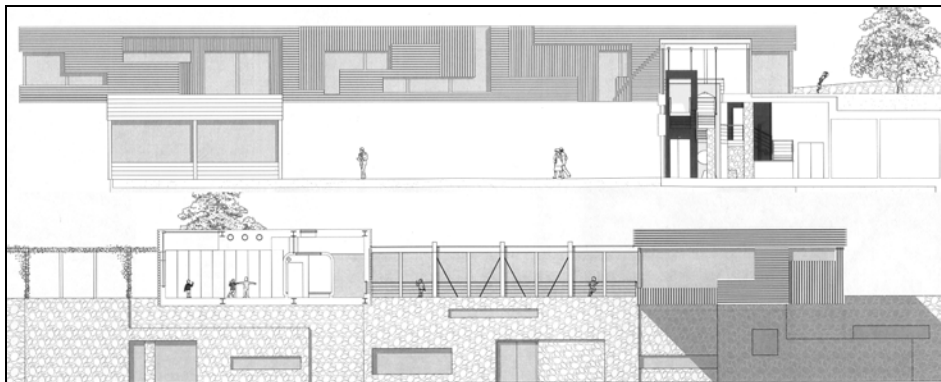


Figura 18: Viste prospettive

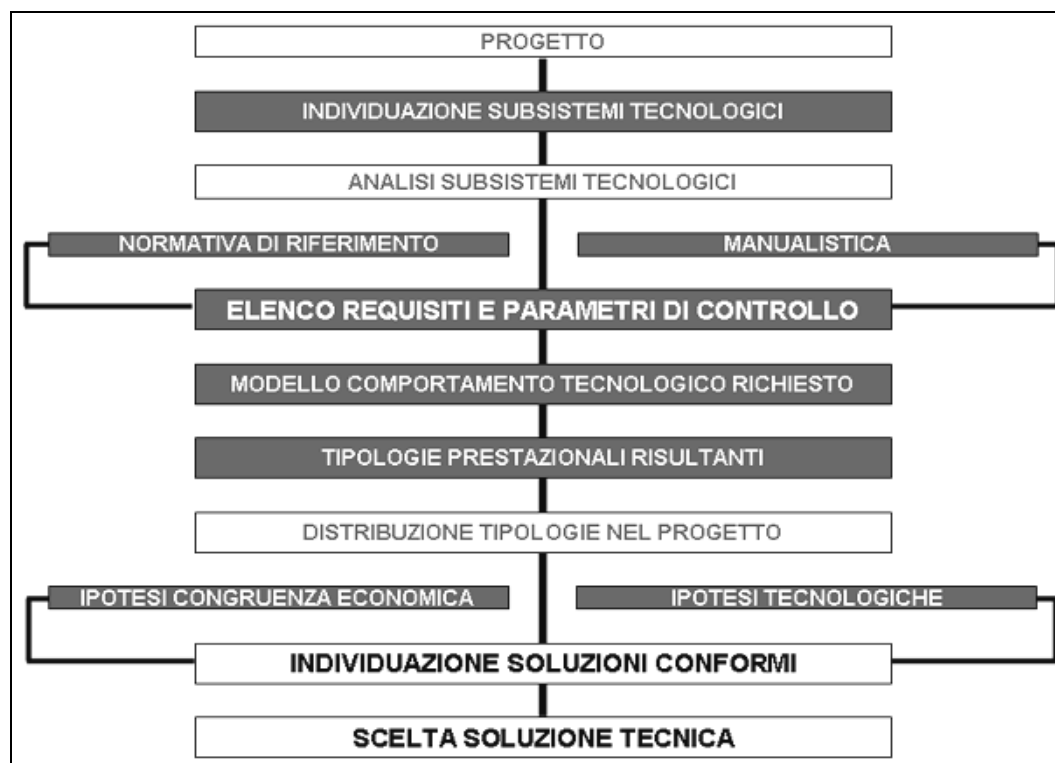
Le scelte compositive e tecnologiche si sono orientate verso "rivisitazioni" di sistemi tradizionali diffusi nelle località montane: la pietra e il legno sono stati i materiali selezionati per formulare facciate, strutture, finiture interne e pavimentazioni esterne.

5.3 La definizione del progetto tecnologico mediante un approccio prestazionale

La messa a punto del progetto esecutivo si è svolta a partire da una fase di *metaprogettazione tecnologica*, intesa come fase istruttoria di raccolta di tutti gli input e di definizione degli strumenti necessari per la guida e il controllo della successiva fase di progettazione.

Tale fase si propone il compito di individuare gli obiettivi prestazionali e le strategie progettuali a partire dalle esigenze dell'utenza e le condizioni del contesto.

La messa a punto del *programma prestazionale* (mediante specificazioni di prestazione ambientali e tecnologiche) costituisce il mezzo per esplicitare le condizioni necessarie ad assicurare la sicurezza, il benessere ed il corretto svolgimento delle attività dell'utenza previste nello specifico organismo edilizio. Esso definisce, quindi, le attese di qualità dell'organismo edilizio, negli aspetti spaziali e fisico-ambientali, e dei suoi elementi componenti, negli aspetti tecnologici, attraverso l'assegnazione di opportuni valori ai parametri di controllo di ciascuna prestazione richiesta. Il seguente diagramma di flusso sintetizza le differenti fasi decisionali.



La fase di *metaprogettazione tecnologica* si è svolta attraverso la messa a punto di schede relative alla valutazione di:

- subsistemi tecnologici, in relazione a quanto indicato dalla normativa prestazionale
- requisiti connotanti, mediante l'individuazione dei parametri di valutazione e dei subsistemi correlati
- soluzioni tecnologiche conformi, mediante l'individuazione di stratigrafie e di specifiche prestazioni obiettivo

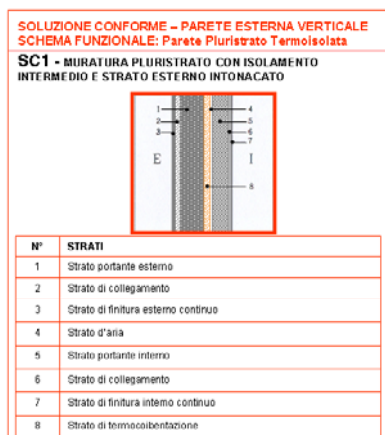


Figura 19

La fase di *progettazione tecnologica* è stata sviluppata mediante la messa a punto di soluzioni in “sezione corrente” e di tutti i nodi significativi sia dell’involucro dell’edificio (chiusure verticali e coperture), sia delle partizioni interne (pareti, solai, scale).

Sul progetto sono state condotte tutte le verifiche prestazionali ambientali in relazione al benessere igrotermico, benessere ottico luminoso, benessere acustico. Le tabelle seguenti sono un esempio delle verifiche sviluppate.

| PROGETTAZIONE TECNOLOGICA – INVOLUCRO ESTERNO | |
|--|---|
| INVOLUCRO <i>laboratorio</i> SEZIONI CORRENTI DETTAGLI | Progetto delle chiusure verticali in sezione corrente Progetto dei nodi significativi Progetto delle chiusure orizzontali in sezione corrente Progetto dei nodi significativi |
| VERIFICHE PRESTAZIONALI AMBIENTALI: BENESSERE IGROTERMICO Riferimenti normativi: • Legge 10/91 • norme UNI SCHEDE DI VERIFICA TABELLE | Valutazione del fabbisogno energetico • verifica Legge 10/91 Definizione e verifica del benessere igrotermico invernale Controllo dell'igrotermia dell'aria Controllo degli stati termici stazionari • controllo della temperatura operante Calcolo della trasmittanza termica delle pareti • determinizzazione asimmetrica radiativa delle pareti • determinizzazione asimmetrica radiativa delle pareti finestrate • calcolo della trasmittanza dei componenti finestrati Calcolo della trasmittanza termica dei solai su spazi aperti • controllo della determinizzazione conduttiva dei solai • Calcolo della trasmittanza termica della copertura Calcolo del fattore d'inerzia Definizione e verifica del benessere igrotermico estivo Controllo dell'igrotermia dell'aria Controllo del surriscaldamento dell'edificio • controllo del fattore d'inerzia • controllo del fattore solare dei serramenti • controllo della determinizzazione asimmetrica radiativa (valutazione temperatura aria-sole) |
| VERIFICHE PRESTAZIONALI AMBIENTALI: BENESSERE OTTICO LUMINOSO Riferimenti normativi: • Regolamento locale di Igiene • norme UNI SCHEDE DI VERIFICA TABELLE | Definizione e verifica del benessere ottico luminoso • verifica dei rapporti aeroilluminanti • controllo del fattore di luce diurna |

Figura 20


| PROGETTAZIONE TECNOLOGICA - PARTIZIONI INTERNE | |
|--|--|
| PARTIZIONI INTERNE  SEZIONI CORRENTI DETTAGLI | Progetto delle partizioni interne verticali in sezione corrente Progetto dei nodi significativi Progetto delle partizioni interne orizzontali in sezione corrente Progetto dei nodi significativi |
| VERIFICHE PRESTAZIONALI AMBIENTALI: BENESSERE ACUSTICO Riferimenti normativi: • Legge Quadro n. 447, 26.10.95 • DPCM 5.12.97 SOFTWARE ECHO SCHEDE DI VERIFICA TABELLE | Definizione e verifica del benessere acustico Controllo del tempo di riverberazione Controllo dell'isolamento acustico i rumori aerei Controllo del potere fonoisolante composto Controllo dell'isolamento acustico ai rumori d'urto (rumori da calpestio) |

Figura 21

6 Alcuni esempi di dettaglio di nodi

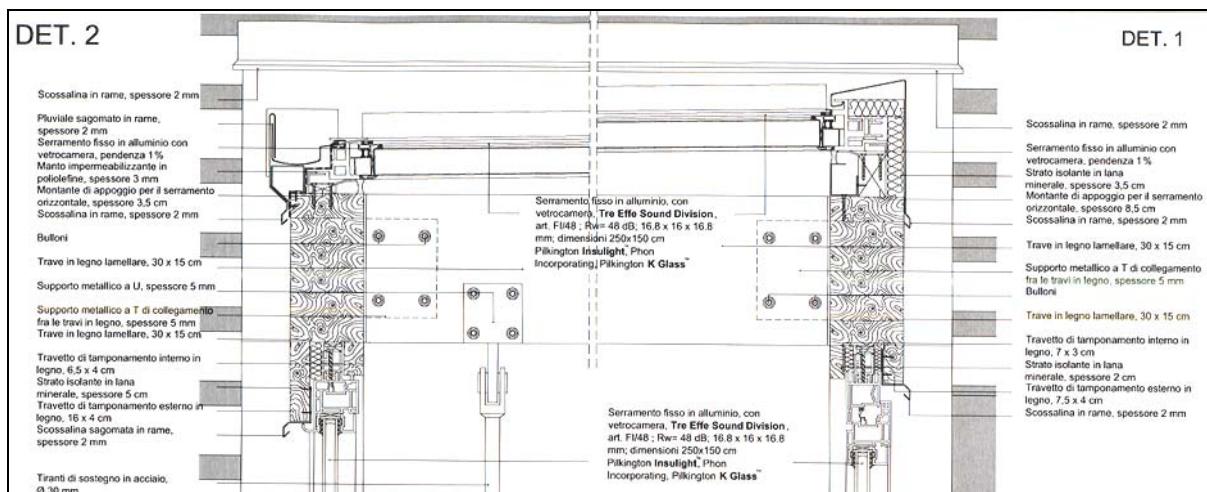


Figura 22: Esempi di dettagli costruttivi

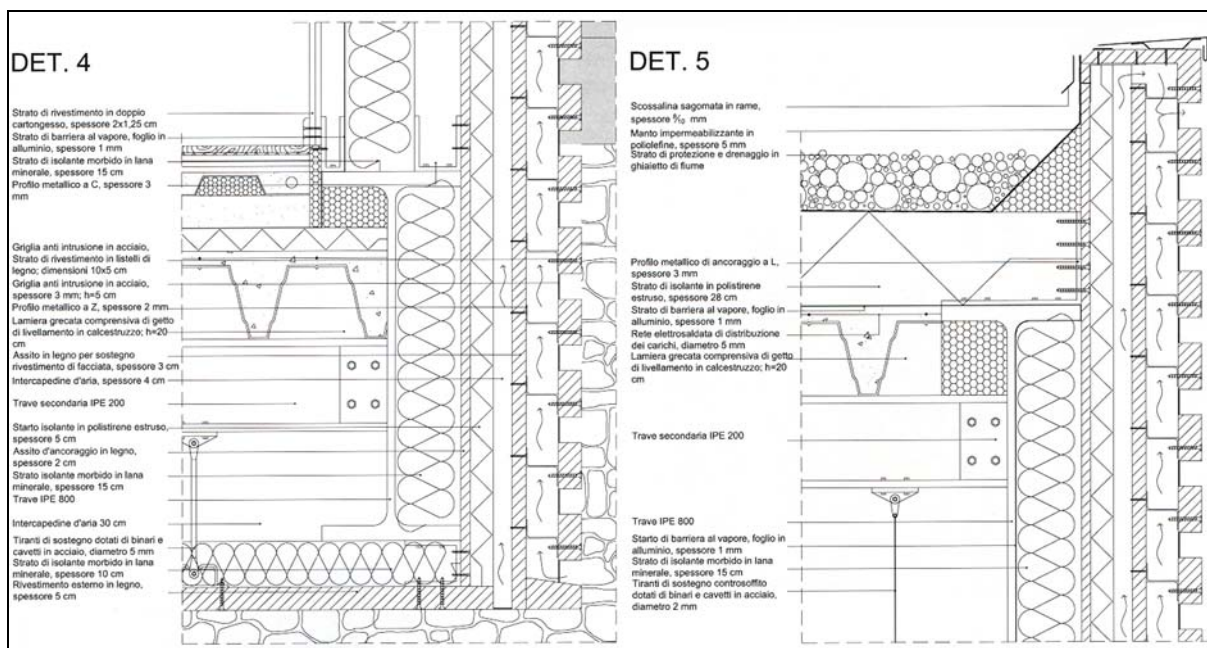


Figura 23: Esempi di dettagli costruttivi