

MODELLAZIONE INFORMATIVA PER IL PATRIMONIO SCOLASTICO DI MELZO

Dalle valutazioni strategiche all'appalto

Giuseppe Martino Di Giuda¹, Valentina Villa²

¹ Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (ABC) Politecnico di Milano, giuseppe.digiuda@polimi.it

² Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica (DISEG), Politecnico di Torino, valentina.villa@polito.it

Keywords: Gestione del patrimonio, Design Optioneering, Offerta Economicamente più Vantaggiosa, BIM, Lean Construction

1. Introduzione

La gestione del patrimonio edilizio esistente trova, nella modellazione informativa, una metodologia che integra diversi aspetti, a partire dalla valutazione delle priorità di intervento, alla definizione delle strategie, alla gestione delle gare per la selezione dei professionisti e delle imprese. Nei tre anni del programma di ricerca è stata impostata la metodologia descritta in seguito, è stata realizzata la modellazione BIM-oriented delle scuole dell'obbligo di proprietà del comune Melzo ed è stata progettata la nuova scuola primaria di Via Italia (Melzo) con la gestione della gara con Offerta Economicamente più Vantaggiosa con metodologia BIM, di cui sono presentati i risultati.

Il presente lavoro mette a sistema due progetti di ricerca che il Politecnico di Milano ha curato per il comune di Melzo. Il primo ha avuto come obiettivo la valutazione degli edifici scolastici di proprietà del comune, con particolare riferimento alla gestione delle scuole primarie e secondarie. L'analisi si è concentrata in primo luogo sulla definizione degli indici di occupazione degli ambienti, anche in relazione alle prospettive di incremento demografico previsto dall'amministrazione nei prossimi vent'anni. Successivamente si sono valutate le spese di gestione per i singoli edifici, andando ad evidenziare il costo medio annuo per alunno e potendo quindi evidenziare le prime criticità sulla gestione del patrimonio esistente. Successivamente, per tre delle quattro scuole analizzate, si è proceduto alla raccolta di tutta la documentazione per la creazione dell'archivio digitale e per la modellazione e parametrizzazione delle prestazioni residue degli edifici. Sono stati quindi ricreati i modelli digitali BIM corrispondenti esattamente alla situazione di Stato di Fatto sia come prestazioni, che come consumi e comportamenti in relazione alle modalità d'uso dell'edificio. A partire da questi modelli sono state simulate diverse ipotesi di intervento, valutando, in tempo reale, i comportamenti energetici, i costi di interventi, i risparmi in termini di consumi di energia elettrica e termica e misurando la distanza tra le prestazioni residue, i requisiti normativi e i valori di progetto. Questo strumento di lavoro, flessibile, implementabile e dinamico, ha permesso all'amministrazione di valutare in modo puntuale diverse soluzioni di intervento.

Il secondo lavoro muove dal primo e completa il quadro delle analisi andando ad affrontare il tema delle nuove costruzioni, che, nell'ottica di una gestione informativa complessiva, devono inserirsi in un Common Data Environment. Il progetto della nuova scuola primaria, attualmente in costruzione presso il comune di Melzo, è stata progettata con metodologia BIM-oriented. Dal modello sono stati derivati tutti i documenti necessari per la gestione di una gara con Offerta Economicamente più Vantaggiosa e la valutazione è stata effettuata seguendo quattro tipologie di assegnazione dei punteggi: valutazione quantitativa, valutazione qualitativa

secondo classi quantitative, possesso di requisiti ulteriori rispetto a quelli necessari alla partecipazione alla gara, e valutazioni oggettive di soluzioni tecnologiche e dettagli costruttivi.

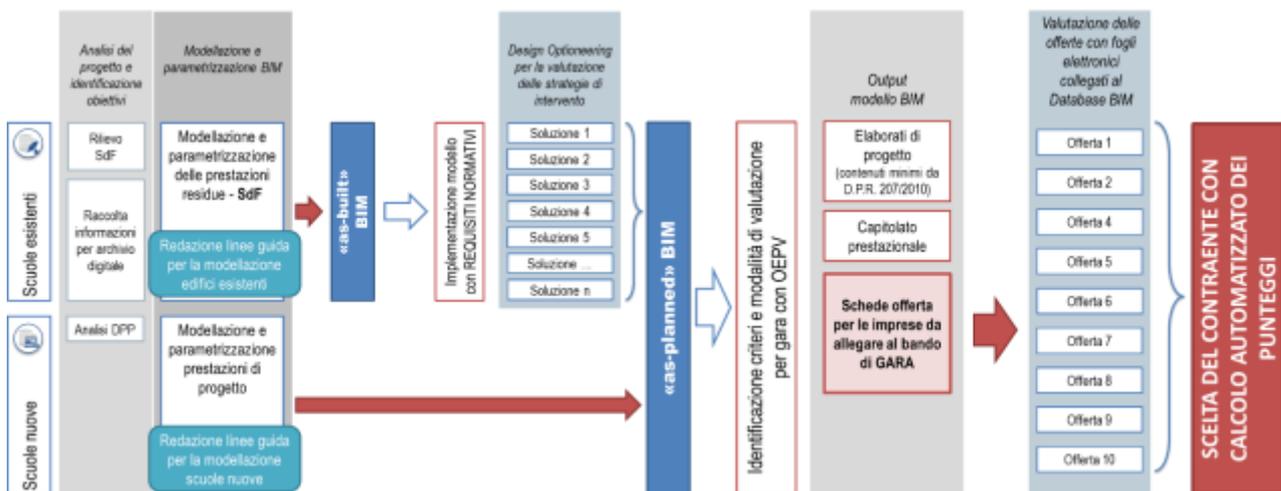


Figura 1. Workflow per la gestione BIM-oriented del patrimonio scolastico (scuole esistenti e scuole di nuova costruzione)

Il flusso di lavoro riportato sopra (fig. 1) raccoglie due procedure BIM-based impostate per la modellazione BIM di scuole nuove o di scuole esistenti. Entrambi i flussi portano ad avere un modello "as-planned" BIM che consente di poter raccogliere tutte le informazioni dell'edificio, necessarie per attivare una procedura di selezione del contraente secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, così come illustrato nella seconda parte del paper. I due workflow evidenziano i passaggi chiave nelle fasi più significative del processo BIM-based ovvero:

- **Brief:** analisi del progetto e identificazione degli obiettivi. In questa fase, per le nuove costruzioni, viene redatto il Documento Preliminare alla Progettazione, documento che contiene tutte le caratteristiche e prestazioni richieste dal Committente. Quando il progetto è riferito ad edifici esistenti va effettuato uno studio preliminare del bene edilizio andando in primo luogo a conoscere nel dettaglio la storia dell'immobile, tramite la raccolta e l'archiviazione di tutta la documentazione esistente e, successivamente, a rilevarne le diverse parti (rilievo metrico, materico, documentale, ecc.) creando la base per la conoscenza e la successiva progettazione degli interventi migliorativi.
- **Modellazione e parametrizzazione:** sono state redatte delle linee guida per la modellazione dei nuovi edifici, inserendo per ogni elemento tecnico ed ogni unità ambientale i requisiti e le prestazioni richieste dalla normativa cogente sugli edifici scolastici in merito a parametri energetici, illuminotecnici, di resistenza al fuoco, all'aria, ecc. Per gli edifici esistenti, in relazione al rilievo effettuato nella fase precedente, sono stati inseriti i parametri delle prestazioni residue, rilevati sul campo. Non tutti i parametri possono essere calcolati, è auspicabile riuscire a raccogliere più informazioni possibili in questa fase di disamina e analisi, per procedere poi con la definizione delle strategie di intervento più idonee.

Per gli edifici esistenti è stato definito un passaggio intermedio, poiché, prima della definizione di un modello "as-planned" è necessario costruire un modello "as-built", che nella maggior parte dei casi le committenze, come nel caso del comune di Melzo, non posseggono ancora. Ricostruito quindi l'edificio in ambiente BIM, con tutte le caratteristiche rispondenti all'edificio oggetto di studio, sono stati inseriti i parametri di riferimento per iniziare le simulazioni degli interventi migliorativi. Per questo motivo il modello BIM contiene anche tutti i parametri della normativa attuale. È in questa fase di Design Optioneering infatti che vengono definite più soluzioni per proporre strategie di intervento mirate a riportare alcuni parametri più vicini ai valori di confort richiesti.

2. Valutazione sulla gestione del patrimonio scolastico esistente

I risultati dell'analisi anagrafica scolastica prevista nella Legge n. 23 del 1996 (L. 23, 1996), hanno permesso all'Italia, nell'agosto 2015, di conoscere lo stato del patrimonio edilizio scolastico presente sul territorio, oltre 42.000 immobili, risultando pronta per la realizzazione del programma nazionale triennale degli interventi di edilizia scolastica per il periodo 2015/2017. A tal proposito il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) ha stanziato risorse per oltre 3 miliardi di euro per interventi relativi a nuovi immobili ed esistenti. Le diverse fonti di finanziamento tra cui i fondi PON e mutui BEI (D.M. 23 gennaio 2015) permettono di finanziare interventi per gli edifici scolastici esistenti riguardanti la completa ristrutturazione o l'adeguamento normativo relativi la sicurezza, l'accessibilità, la fruibilità degli ambienti scolastici e l'efficientamento energetico, oltre che interventi di piccola manutenzione, decoro e ripristino funzionale.

Dall'analisi svolta dal MIUR si può osservare che la quasi totalità degli edifici scolastici esistenti sono stati costruiti prima dell'introduzione della normativa sul contenimento energetico (L. 10, 1991), pertanto costituiscono in ampia parte, la principale causa dei disperdimenti energetici e di risorse economiche. consumo di gas metano ed energia elettrica, oltre che limitare le emissioni di CO₂, mantenendo invariato il comfort degli utenti (Basarir et al, 2012). Tali aspetti devono essere considerati per valutare la rispondenza degli edifici alle normative sul risparmio energetico: la Direttiva Europea sulla prestazione energetica nell'edilizia (2010/31/UE) afferma che gli edifici sono responsabili del 40% del consumo globale di energia nell'UE ed essendo il settore in espansione, il consumo è destinato ad aumentare. L'EPBD recepita negli Stati membri, ha quindi lo scopo di promuovere la riduzione delle emissioni di CO₂ in accordo con i limiti imposti dal protocollo di Kyoto e di rispettare gli obiettivi definiti nei Pacchetti per il clima e l'energia 2020 e 2030: riduzione del 20% (entro 2020) e del 40% (entro 2030) delle emissioni di gas a effetto serra (rispetto ai livelli del 1990), produzione di almeno il 20% (entro 2020) e del 27% (entro 2030) del fabbisogno energetico tramite fonti rinnovabili e miglioramento del 20% (entro 2020) e del 27% (entro 2030) dell'efficienza energetica degli edifici.

I risultati dell'analisi anagrafica scolastica evidenziano che solo il 58% degli edifici in Italia ha adottato alcune delle soluzioni per ridurre i consumi energetici. Questa percentuale è suddivisa tra misure per migliorare le prestazioni di involucro (serramenti con doppio vetro 62%, isolamento delle coperture 38%, isolamento delle chiusure verticali 19% o per il miglioramento degli impianti (zonizzazione dell'impianto di riscaldamento 64%, pannelli solari 46%). Inoltre, secondo un dato calcolato nel 2012, gli edifici scolastici in Italia hanno una superficie complessiva di 64 milioni di metri quadrati, il cui costo energetico era di 12,5 miliardi di euro, di cui circa il 70% spesi per riscaldamento e il restante 30% per energia elettrica (ENEA, 2013).

Un consumo così massivo di risorse può essere ridotto in modo significativo con interventi di riqualificazione energetica e, allo stesso tempo, con una gestione corretta dell'energia. Spesso infatti, il consumo energetico non è dovuto solo alla necessità di riscaldare o raffreddare gli ambienti scolastici, ma a innumerevoli fattori: mancanza di manutenzione, non conformità degli impianti alle norme vigenti, non utilizzo di energie rinnovabili e utilizzo non corretto dei sistemi di controllo della temperatura. Tutto ciò provoca solitamente un uso maggiore degli impianti che devono sopperire a tali mancanze portando come inutili conseguenze il sovrariscaldamento incontrollato degli ambienti e la diminuzione del comfort degli utenti. Sulla base di questi obiettivi, si inserisce inoltre una delle più recenti direttive riguardanti gli appalti pubblici: la Direttiva Europea 2014/24/UE che, tramite l'articolo 22 c. 4, esprime in modo chiaro l'introduzione del Building Information Modeling (BIM) all'interno delle procedure di appalto degli Stati Membri, considerando la metodologia e gli strumenti BIM come mezzi possibili da utilizzare negli appalti pubblici relativi a nuove costruzioni e a interventi su edifici esistenti.

2.1 Il patrimonio scolastico del comune di Melzo

All'interno dell'accordo tra enti tra Politecnico di Milano e Comune di Melzo è stato attivato un primo screening sugli edifici di proprietà della Città di Melzo attualmente utilizzati per le attività di scuole

dell'obbligo. Nella fig. 2 sono localizzate le quattro scuole su cui il comune intende intervenire. In figura, indicata in giallo, è stata poi aggiunta e posizionata la costruenda scuola primaria.

Si può notare che si tratta di scuole abbastanza datate, prevalentemente costruite tra gli anni '70 e '80 con tecnologie diverse (c.a. a vista e strutture a telaio con chiusure in muratura) tutte presentano importanti deficit per quanto riguarda il comfort interno e la gestione dei consumi.



	Anno di costruzione	Tecnologia costruttiva	Impianti	Superficie utile	Occupazione attuale	Occupazione ottimale	INDICE DI OCCUPAZIONE
Scuola secondaria VIA MASCAGNI	1975	Cls a vista con isolamento in intercapedine	Riscaldamento a radiatori e ad aria	5 736	405	600	0,63
Scuola primaria VIA BOLOGNA	1970	Struttura in ca e chiusure in muratura	Riscaldamento a radiatori	4 528	350	500	0,65
Scuola primaria VIA DE AMICIS	1935	Muratura portante senza isolamento	Riscaldamento a radiatori	2 412	347	400	0,88
Scuola secondaria VIA GAVAZZI	1980	Struttura in ca e chiusure in muratura	Riscaldamento a radiatori	1 974	189	250	0,79

Figura 2 – Localizzazione e dati principali del patrimonio scolastico del comune di Melzo

Lo studio del patrimonio edilizio scolastico è partito dall'analisi dei due istituti comprensivi siti in Melzo: il primo denominato G. Ungaretti comprendente una scuola dell'infanzia, due primarie e una secondaria inferiore; il secondo denominato P. Mascagni composto da una scuola dell'infanzia e una secondaria inferiore. Per ogni scuola sono state considerate l'occupazione attuale e la capienza massima di alunni in base alla superficie a disposizione. Da quest'analisi è stato calcolato l'indice di occupazione di ogni edificio, che dovrebbe essere compreso tra il 95 e il 105%, ma che per gli edifici in oggetto assume valori nettamente inferiori: tra il 60 e l'80%. Inoltre, alla capienza dei due istituti scolastici esistenti che ospitano attualmente 1666 alunni, si aggiunge anche quella della nuova scuola primaria attualmente in fase di costruzione prevista per 500 alunni.

Un altro dato importante per la successiva analisi e valutazione delle possibili strategie di intervento è stato lo storico dei consumi per energia elettrica, riscaldamento e acqua. In base ai dati raccolti è stato possibile quantificare i costi per alunno e capire quindi una prima redistribuzione degli alunni per ridurre i consumi partendo dall'occupazione ottimale degli spazi già a disposizione.

Spesa Annuale (acqua, elettricità, riscaldamento)	Via BOLOGNA	Via DE AMICIS	Via MASCAGNI	Via GAVAZZI	TOTALE
Media spese ultimi cinque anni	€ 96.683,50	€ 60.558,50	€ 106.278,25	€ 43.875,75	€ 307.396,00
Consumo per n° alunni (occupazione ottimale)	€ 193,37	€ 151,40	€ 177,13	€ 175,50	€ 697,40
Consumo per n° alunni (occupazione attuale)	€ 276,24	€ 174,52	€ 262,42	€ 232,15	€ 945,32
	143%	115%	148%	132%	136%

Tabella 1 – Media delle spese per i consumi di acqua, energia elettrica e riscaldamento delle scuole analizzate; consumi per alunno e percentuale di spesa aggiuntiva in relazione all’affollamento attuale

L’analisi del patrimonio edilizio e la metodologia proposta hanno quindi interessato tutti gli edifici scolastici presenti sul territorio melzese, con la sola eccezione della scuola Gavazzi poiché è quella che presenta maggiori problemi e l’amministrazione comunale ha già deciso di chiuderla. Lo scopo è quello di valutare l’efficienza energetica, le prestazioni residue e il livello di confort di ognuno, per poi metterli in relazione permettendo di fare delle valutazioni a livello complessivo. L’utilizzo del BIM in questo processo permette di realizzare, tramite la costruzione di un Building Energy Model (BEM), varie opzioni di retrofit energetico valutando immediatamente più soluzioni progettuali e consentendo al Committente di effettuare scelte strategiche di intervento, anche su larga scala, rispetto al patrimonio edilizio esistente, ricavando dati utili ai fini della valutazione economica e del ROI.

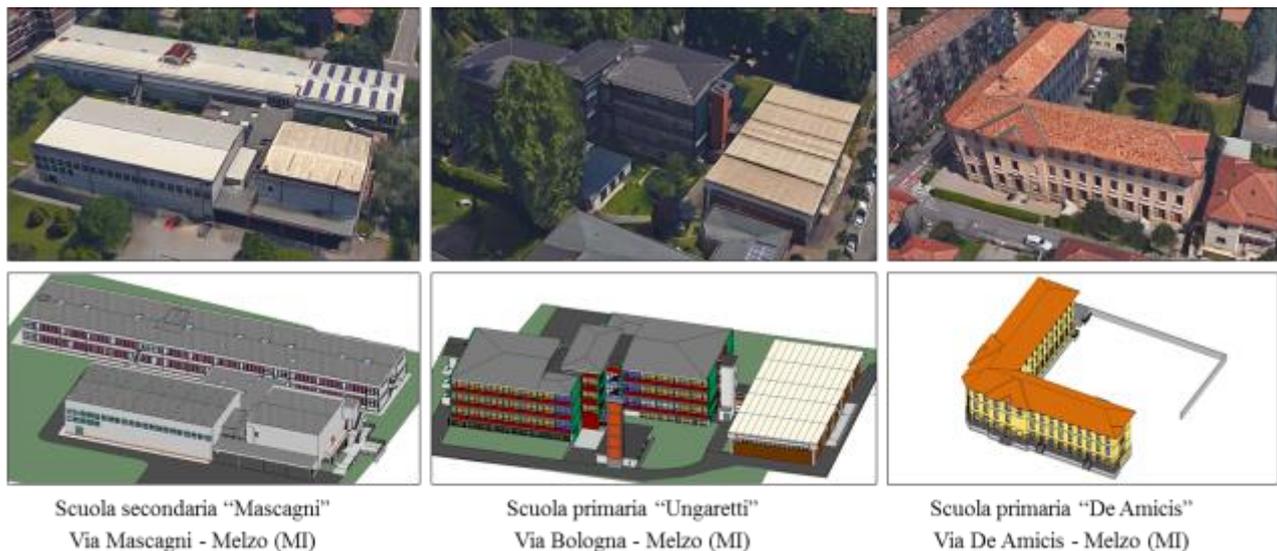


Figura 3 – Foto (sopra) e modello (sotto) delle scuole analizzate

3. Modellazione BIM per la valutazione delle strategie di intervento

Il primo aspetto da considerare nella modellazione degli edifici nuovi ed esistenti è quello relativo al Livello di Dettaglio (LOD) e di Informazione (LOI) degli elementi del modello (AIA, 2008). Il secondo aspetto è relativo all’interoperabilità tra i software. Gli utilizzatori devono rapportarsi a strumenti diversi a seconda delle loro necessità, ma i software non hanno sempre la possibilità di dialogare facilmente tra loro: questo aspetto ha portato numerosi enti alla ricerca della compatibilità e interoperabilità tra i diversi programmi. Con Building Energy Modeling (BEM) si intende l’utilizzo di software per prevedere il fabbisogno energetico di un edificio. Il processo rappresenta la simulazione virtuale del comportamento energetico, considerando l’involucro edilizio, le fonti di consumo (impianti presenti) e le fonti di energia rinnovabile (Di Giuda, 2016).

La prima parte del lavoro ha riguardato la realizzazione dell'archivio documentale delle scuole. Questa fase del lavoro consiste nella richiesta dei documenti agli enti e loro consultazione, per poi procedere con la scansione e archiviazione digitale di tutto il materiale cartaceo raccolto negli anni dal proprietario dell'immobile e/o dai suoi gestori-manutentori: disegni di progetto, relazioni di calcolo, contratti e contabilità lavori, certificazioni, autorizzazioni e idoneità degli enti competenti (ASL, VV.F., CONI, ...).

Sono stati digitalizzati tutti i documenti conservati negli archivi del comune di Melzo, cercando di quantificare i documenti mancanti. Tutte le informazioni mancanti infatti andranno integrate per consentire la progettazione di specifici interventi che siano effettivamente efficaci per l'edificio in oggetto. La figura 4 mostra i risultati e le carenze relativi alle diverse sezioni della documentazione esaminata, in alcuni casi accorpate per una migliore sintesi dei dati. In particolare sono state evidenziate carenze sia per quanto riguarda il progetto architettonico (mancanza di un consistente numero di tavole di progetto, sezioni e prospetti dell'edificio) e per il progetto strutturale (relativamente a questa categoria risulta completamente assente il progetto strutturale, mentre è presente il collaudo statico delle strutture in calcestruzzo armato). Per quanto riguarda gli elaborati relativi agli impianti essi sono relativamente completi, in quanto sono stati archiviati disegni, relazioni e dichiarazioni di conformità di tutti gli impianti elettrici del complesso scolastico (impianti eseguiti di recente come adeguamento per la certificazione di conformità dell'impianto), mentre mancano quasi completamente gli elaborati relativi agli impianti meccanici (tavole dell'impianto di ventilazione e posizionamento/funzionamento dei macchinari UTA). I progetti dell'impianto antifurto-antintrusione e dei due impianti ascensori presenti nell'edificio risultano completi e aggiornati, mentre è completamente assente il progetto dell'impianto fotovoltaico realizzato negli ultimi anni ma non ancora pervenuto all'amministrazione. Altri documenti presenti ma non in modo completo sono il certificato di Prevenzione Incendi (la scuola risulta in linea con il 50% degli edifici scolastici che sono sprovvisti di C.P.I. e N.O.P. per prevenzione incendi. Il certificato di collaudo dell'impianto di spegnimento non è stato rilevato, in quanto non è presente tale impianto nell'edificio in oggetto, come nel 27% degli edifici scolastici italiani). Per quanto riguarda le manutenzioni sono stati rilevati i documenti relativi agli interventi, le richieste e le risposte dagli enti interessati riguardanti la sostituzione di terminali impiantistici e gli interventi di adeguamento e rifacimento della copertura, ma è stata riscontrata la totale mancanza di un piano annuale o pluriennale di manutenzione. Risulta presente il certificato di omologazione della centrale termica, come nel 39% degli edifici censiti. Sono stati trovati e archiviati i certificati di agibilità relativi ai complessi scolastici e le omologazioni di palestre e mense. Nel materiale fornito dal Comune però, non sono stati rilevati il piano di emergenza e il documento di valutazione del rischio.

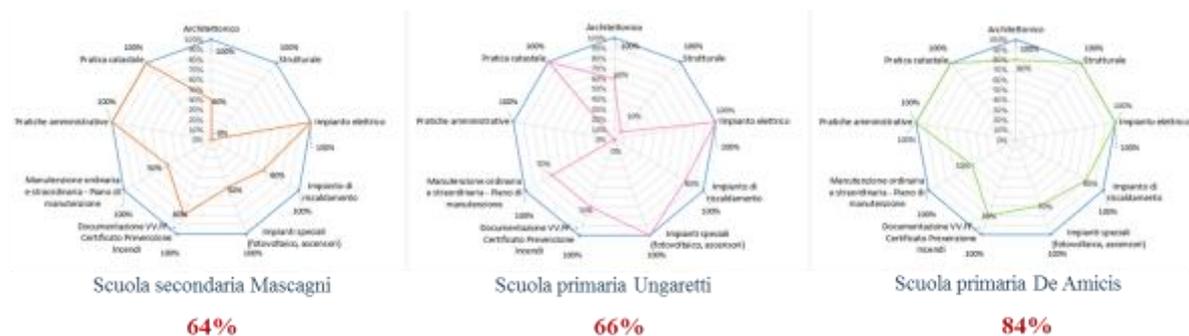


Figura 4 – Documentazione presente per le tre scuole, suddivisa per disciplina

Una volta strutturato l'archivio documentale è stato realizzato il modello dello stato di fatto con l'obiettivo di creare un modello virtuale che potesse essere la copia esatta dell'edificio reale. Sul modello BIM sono state effettuate le verifiche normative sulle Unità Ambientali (verifica della gestione e dell'occupazione degli spazi), sui percorsi e le vie di fuga, sugli Elementi Tecnici (trasmissioni, finiture, prestazioni residue, ecc.) e per ogni

elemento sono stati inseriti i requisiti normativi e le specificazioni del committente per definire gli obiettivi di riqualificazione energetica e di adeguamento normativo. La realizzazione del modello BIM-based si compone principalmente di due fasi: modellazione e parametrizzazione. La fase di modellazione è costituita dalla creazione di tutti i tipi e successivo inserimento degli elementi tecnici nel modello. La modellazione degli oggetti ricostruisce virtualmente le stratigrafie rilevate o, in caso di informazioni mancanti, le deduzioni effettuate tramite consultazione degli elaborati progettuali disponibili e le ipotesi delle tecnologie.



Figura 5 – Foto (sopra) e modello (sotto) di alcune parti dell’edificio

Per ogni tipologia di elemento tecnico rilevato è stato creato il corrispettivo nel software di modellazione e successivamente modellati per ottenere la ricostruzione virtuale dell’edificio. La fase di parametrizzazione riguarda invece la sistematizzazione delle informazioni raccolte all’interno del modello tridimensionale BIM dell’edificio. Il modello diventa la materializzazione delle informazioni che sono legate all’elemento tecnico o al sistema a cui sono riferite. Ogni elemento del modello viene “informato” con tutti i parametri e le caratteristiche dell’elemento reale. Ad esso possono quindi essere associati i valori delle prestazioni rilevate, le certificazioni, le schede tecniche dei materiali utilizzabili nella progettazione di un intervento e tutto ciò che è utile per la successiva gestione e manutenzione.

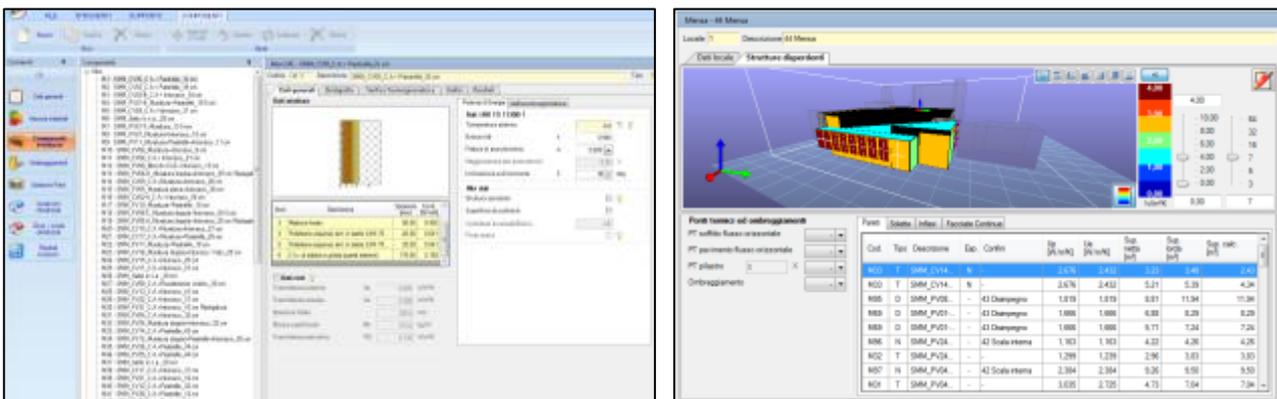


Figura 5 – Alcune schermate del software di modellazione e simulazione energetica (Edilclima)

La simulazione energetica viene eseguita utilizzando il modello virtuale dell’edificio, in cui devono essere impostati i parametri relativi agli elementi tecnici, ai componenti delle reti impiantistiche e agli elementi spaziali del modello. In particolare su edifici esistenti permette di confrontare il dato estratto dalla simulazione con i dati reali di consumo, avvicinandosi sempre più al modello d’uso dell’edificio (Energy.gov).

Per svolgere l’analisi energetica di un edificio è possibile operare con software che analizzano sia l’intero edificio (software di simulazione semplificata), sia sull’edificio costituito dai singoli elementi tecnici dell’involucro e dei sistemi impiantistici (software di simulazione dettagliata). I primi vengono solitamente

utilizzati nelle prime fasi della progettazione (studio di fattibilità e progetto preliminare), per esempio per decidere quale forma, orientamento o percentuale di superficie vetrata utilizzare nell'edificio che si sta progettando. Questi software eseguono un'analisi energetica per masse utilizzando valori di trasmittanza termica o tipologia di impianti a scelta tra quelli predefiniti nel programma. I software di simulazione dettagliata invece, vengono utilizzati solitamente dalla fase di progettazione definitiva in poi, fino alle analisi su edifici esistenti. Essi considerano la forma e geometria precisa dell'edificio, i corretti valori calcolati delle trasmittanze termiche dei componenti opachi e trasparenti e la corretta tipologia di impianti presenti, con lo scopo di effettuare una valutazione precisa e dettagliata del sistema integrato edificio - impianto. La scelta della tipologia di software utilizzato per i casi studio di questo lavoro di ricerca, è ricaduta sulla seconda categoria, in quanto la prima non consente di eseguire analisi dettagliate e specifiche sul sistema.

Design Optioneering delle diverse ipotesi di intervento

Il modello BIM based risultante dal processo di modellazione e taratura all'interno del software di simulazione energetica risulta quindi completamente rispondente al comportamento reale dell'edificio, considerando, non soltanto le tecnologie e la tipologia di impianto, ma i consumi reali e i modelli d'uso dei singoli edifici. Questo passaggio è di notevole importanza in quanto solo su un modello che simula in modo preciso la realtà dell'edificio e dell'impianto è possibile definire delle strategie di intervento che possano dare un panorama verosimile sia dei costi di investimento per l'efficientamento energetico sia dei possibili risparmi e ritorni economici sul medio periodo, in relazione alla tipologia di intervento scelta.

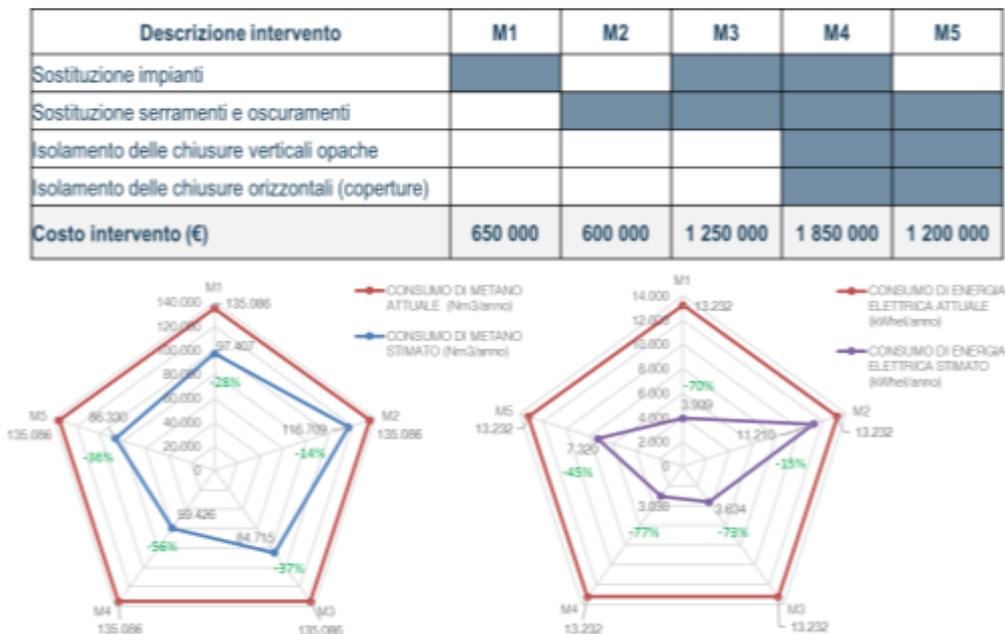


Figura 6 – Design Optioneering con indicazione dei costi, dei consumi attuali e dei consumi riferiti agli interventi proposti per una delle scuole analizzate

Alla Committenza sono stati quindi proposti alcuni scenari, derivati da un processo di Design Optioneering che ha visto la simulazione in progress di diversi interventi, con diverse combinazioni possibili degli stessi. In particolare è stata proposta la sostituzione degli impianti, o di parti di essi, cercando di tarare e zonizzare i vari ambienti; la sostituzione dei serramenti e dei sistemi di oscuramento (in tutti i casi si sono rivelati gli elementi più deboli del sistema involucro); l'isolamento delle chiusure verticali opache e l'isolamento delle coperture (questi ultimi interventi più onerosi considerando le opere provvisoriale necessarie per la loro realizzazione).

In figura 6 sono indicate cinque combinazioni dei quattro interventi proposti, strutturati secondo un costo e un risparmio progressivo. Dai grafici si può notare che più gli interventi aumentano di costo più ci saranno risparmi sui consumi annuali sia di consumo di metano che di energia elettrica. Le valutazioni della committenza non sono tuttavia legate all'ottenimento del maggior risparmio in assoluto ma dal migliore intervento che garantisce un ritorno sull'investimento ottimale per la pubblica amministrazione.

Nell'ottica di intervenire su tutto il patrimonio di proprietà del comune di Melzo le varie opzioni di Design Optioneering consentono una programmazione e una pianificazione più dettagliata e consapevole per la stesura del Piano triennale delle Opere Pubbliche.

4. Impostazione e gestione con metodologia BIM della gara con offerta economicamente più vantaggiosa

Una procedura BIM based è stata utilizzata anche per la progettazione e la redazione di un bando di gara con offerta economicamente più vantaggiosa per l'appalto integrato su progetto definitivo della costruzione della nuova scuola primaria per 500 alunni indicata in figura 1 con il colore giallo, per un importo lavori pari a 5.000.000 €. Il progetto è stato realizzato con metodologia BIM, ovvero utilizzando un sistema di progettazione integrato. Il progetto BIM conteneva quindi tutte le informazioni grafiche e prestazionali all'interno del database associato agli oggetti del modello. È stato quindi possibile estrarre tutti gli elaborati del progetto posto a base di gara (sia tavole grafiche che documenti quali, ad esempio computi e capitolato prestazionale) direttamente dal modello BIM. Dal modello sono state ricavate anche le schede offerta, che compongono la "linee guida per la compilazione dell'offerta" allegata al disciplinare di gara.

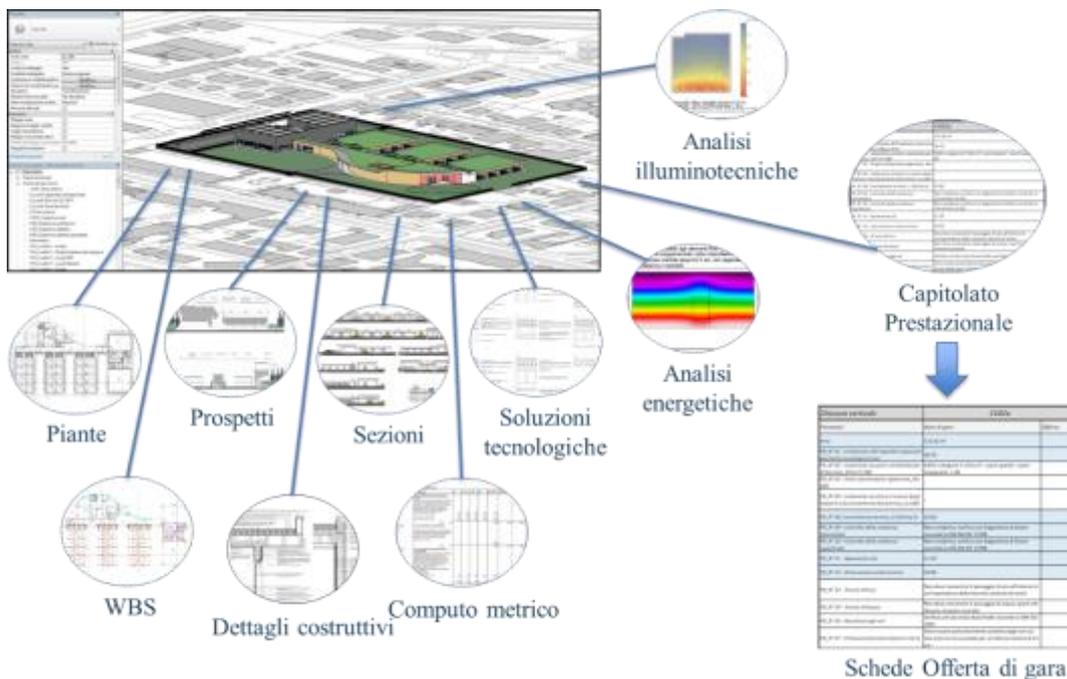


Figura 7 – Elaborati derivati dal modello BIM-based della nuova scuola primaria di Melzo. Dalle schede del capitolato prestazionale sono state create le schede offerta di gara

Analizzando il progetto oggetto dell'appalto si sono quindi individuate le parti che potevano essere oggetto di migliorie. In particolare l'attenzione si è concentrata sulle prestazioni dell'involucro, sulle prestazioni delle macchine impiantistiche, sull'igiene e la gestione delle risorse durante la fase di uso dell'edificio. Un altro aspetto importante è stata la manutenibilità dei materiali e delle soluzioni tecnologiche offerte e la manutenzione programmata di elementi architettonici e impiantistici.

4.1 Criteri di valutazione e attribuzione dei punteggi

I criteri di valutazione delle offerte sono stati suddivisi in quattro categorie principali, in relazione alle modalità di valutazione da parte della commissione. tutti i valori caratterizzati da un indice numerico, definiti criteri quantitativi, sono valutabili esclusivamente con formule matematiche, esplicitate nel disciplinare di gara. Alcuni esempi sono: contenimento dei consumi energetici, prestazioni (termiche, acustiche, di resistenza, ecc.) dei materiali o delle soluzioni tecniche proposte, quantità di rifiuti e loro gestione (riuso, riciclo, smaltimento), costo di utilizzo e manutenzione. I metodi di calcolo, le formule e i criteri di ponderazione dei punteggi sono stati esplicitati nel bando e nel disciplinare di gara e la Stazione Appaltante ha organizzato incontri con le imprese per fornire tutte le informazioni necessarie a far sì che il confronto sia competitivo e leale, senza discriminazioni. In questa sede si è preferito evitare l'uso di criteri di valutazione su dati riassuntivi di riepilogo (ad esempio i dati riepilogativi della certificazione energetica) poiché di difficile verifica. Nel caso infatti in cui si voglia valutare un dato di riepilogo è bene richiedere il dettaglio dei dati di input. Nella figura 8 sono indicati con il colore verde e costituiscono 32 punti su 80. Tutti i criteri non immediatamente identificabili attraverso un dato numerico, ma riconducibili alle modalità di valutazione dei criteri quantitativi identificando delle "classi di qualità" sono stati definiti criteri qualitativi riconducibili a classi qualitative. Le classi di qualità sono definite in relazione ad esigenze tecniche (ad esempio la manutenibilità delle soluzioni previste per la finitura di pavimenti, rivestimenti, condizioni di consegna, servizio successivo alla vendita, assistenza tecnica fornita, ecc.). Le classi di qualità possono essere definite anche in relazione alle esigenze della Stazione Appaltante. Vanno esplicitate nel disciplinare di gara le modalità di valutazione, le classi di qualità e i relativi punteggi. Nella figura 8 sono indicati con il colore rosso e costituiscono 16 punti su 80.

Vi sono alcuni parametri importanti per la definizione dell'offerta economicamente più vantaggiosa ma che non possono rientrare nelle classi definite in precedenza. Rientrano in questo punto tutti i casi in cui non è possibile definire delle classi qualitative oggettive. Per la valutazione dei criteri qualitativi di natura soggettiva è indispensabile definire in modo molto preciso e puntuale l'oggetto della valutazione e le modalità con cui essa verrà effettuata. Rientrano in questo punto le valutazioni in merito al pregio tecnico, alle caratteristiche estetiche e funzionali, le caratteristiche sociali, l'organizzazione del personale e quant'altro non riconducibile ai punti a) b) e d). Si è cercato di limitare il più possibile i punti dei requisiti qualitativi di natura soggettiva, in figura 8 sono indicati con il colore azzurro e sommano a 25 punti. Un'ultima categoria è costituita dai requisiti aggiuntivi: rientrano in questa categoria il possesso di certificazioni, attestazioni di requisiti ulteriori rispetto a quelli strettamente necessari per la partecipazione alla gara. Tra questi troviamo il rating per la legalità, il possesso di certificazioni di rispetto ambientale (ad esempio UNI ISO 14001), di gestione della Salute e Sicurezza sul Lavoro (ad esempio OHSAS 18001), ecc. il possesso di un marchio di qualità ecologica dell'Unione europea (Ecolabel UE) in relazione ai beni o servizi oggetto del contratto. Deve essere esplicitato se la richiesta di possesso di uno o più degli attestati, viene fatta per l'Impresa Appaltatrice, per l'intero raggruppamento o è richiesta ai fornitori (ad esempio per i materiali aventi impatto maggiore sull'ambiente) e alle imprese esecutrici. Devono essere esplicitati i relativi punteggi e come le modalità di calcolo. Nella tabella riportata sono indicati i criteri e i sub criteri, con l'attribuzione dei relativi punteggi.

Cod.	CRITERI DI VALUTAZIONE	Peso	Cod. sub	SUBCRITERI	Peso subcrit.
A.1	Trasmittanza involucro	10,0	A.1.1	Serramenti	5,9
			A.1.2	Chiusura verticale	1,3
			A.1.3	Chiusura verticale pref. (palestra/mensa)	1,7
			A.1.4	Copertura palestra/mensa	1,1
A.2	Requisiti materiali offerti	10,0	A.2.1	Distanza Località di prod. materiali offerti	3,0
			A.2.2	Limitazione ingombro delle partizioni interne	3,0
			A.2.3	Grado di manutenibilità dei materiali offerti	4,0
A.3	Requisiti ambientali	5,0	A.3.1	Cert. UNI EN ISO 14001 impresa affidataria	2,0
			A.3.2	Cert. UNI EN ISO 14001 prodotti prevalenti	3,0
B.1	Funzionamento impianto	12,0	B.1.1	Pompe di Calore (PdC1, PdC2)	6,0
			B.1.2	Unità di Trattamento Aria	6,0
B.2	Componenti Impianto	2,0	B.2.1	Distanza centro manutenzione (PdC)	2,0
B.3	Incremento en. rinnovabili	4,0	B.3.1	Pannelli solari fotovoltaici (S x ε)	4,0
B.4	Utilizzo intelligente delle risorse	7,0	B.4.1	Sistemi di gestione e riduzione del consumo di energia elettrica (solo illuminazione)	4,0
			B.4.2	Sistemi di gestione e riduzione del consumo di acqua	3,0
C.1	Sicurezza	2,0	C.1.1	Certificazione OHSAS 18001 impresa	2,0
C.2	Soluzioni costruttive, Gestione cantiere	13,0	C.2.1	Dettagli costruttivi	6,0
			C.2.2	Layout di cantiere (Fasi scavi e strutture)	4,0
			C.2.3	Gestione rifiuti/Sfridi (D.lgs. 152/06) con part. riferimento allo smaltimento rifiuti speciali	3,0
D.1	Man. parte Edile	5,0	D.1.1	Man. programmata parte edile	5,0
D.2	Man. parte Impianti	10,0	D.2.1	Man. programmata parte impianti	10,0



Figura 8 – Criteri e subcriteri dell'offerta tecnica con l'indicazione delle categorie di attribuzione dei punteggi

Per determinare la graduatoria delle offerte è stato scelto di utilizzare il metodo aggregativo compensatore (AVCP, 2011). Questo metodo consente di confrontare le offerte con il progetto posto a base di gara e di valutarne le migliori relative. Per quanto riguarda gli elementi di valutazione di natura quantitativa, o quelli riconducibili a elementi di natura quantitativa, il punteggio viene valutato attraverso interpolazione lineare tra il coefficiente pari ad uno, attribuito ai valori degli elementi offerti più convenienti per la stazione appaltante, e coefficiente pari a zero, attribuito ai valori degli elementi offerti pari a quelli posti a base di gara.

Controlli automatici assicurano che: se l'offerta è peggiorativa o identica, a livello qualitativo o prestazionale, al progetto posto a base di gara, il punteggio corrisposto all'offerta sarà pari a zero per il sub criterio; ciò indica che la soluzione offerta è inadeguata e, dunque, non valutabile e non accettabile dalla commissione.

4.2 Svolgimento della gara e risultati

Pur essendo strutturato con metodologia BIM su modello BIM-based il bando è stato gestito come un'offerta tradizionale, per evitare di appesantire il processo e obbligare le imprese ad utilizzare strumenti non ancora pienamente consolidati. Le offerte dovevano essere redatte sulle schede offerta derivate dal modello o su modelli forniti dalla Committenza, per permettere un confronto puntuale su tutti i temi. Per quanto ha riguardato gli aspetti più oggettivi, con parametri numerici, le schede offerta sono poi state ricaricate all'interno del modello BIM.

Durante la fase di pubblicazione della gara la stazione appaltante ha organizzato degli incontri con le imprese per illustrare la metodologia BIM che ha caratterizzato l'impostazione del progetto, per spiegare i criteri e i subcriteri del bando e per rispondere alle domande in merito alle formule riportate nelle linee guida e alle modalità di valutazione delle offerte. Gli incontri si sono rivelati particolarmente costruttivi poiché le imprese sono riuscite a cogliere lo spirito innovativo del processo proposto e hanno avuto gli strumenti per proporre delle offerte adeguate alle richieste (Di Giuda, 2016).

Un grande supporto è stato dato affiancando al bando e al disciplinare di gara le “linee guida per la compilazione dell’offerta tecnica”, in cui erano descritti i documenti costituenti l’offerta tecnica, la spiegazione di ogni criterio e subcriterio, le formule utilizzate per la definizione dei pesi, l’elenco degli elementi tecnici oggetto di valutazione, le modalità di valutazione di ogni singolo elemento, le tabelle di definizione delle classi di qualità, le formule per la riparametrazione dei punteggi. Alla gara hanno partecipato dieci imprese, la numero 3 però non ha consegnato tutta la documentazione necessaria a comprovare i requisiti di partecipazione per questo non ha superato la prima fase. Sono state analizzate quindi le offerte di nove imprese.

I risultati sono stati significativi. Nella figura 9 sono indicati i punteggi e gli sconti dell’offerta economica e temporale. Si nota facilmente come le offerte tecniche poco strutturate (9 e 10) hanno puntato su sconti molto alti di costi e tempi. Rispetto agli sconti medi su appalti simili si evidenzia come la maggior parte delle imprese ha offerto sconti sotto il 10%. Questo sottolinea l’efficacia del metodo proposto in quanto l’offerta tecnica è stata strutturata in modo preciso e vincolante per l’offerente.

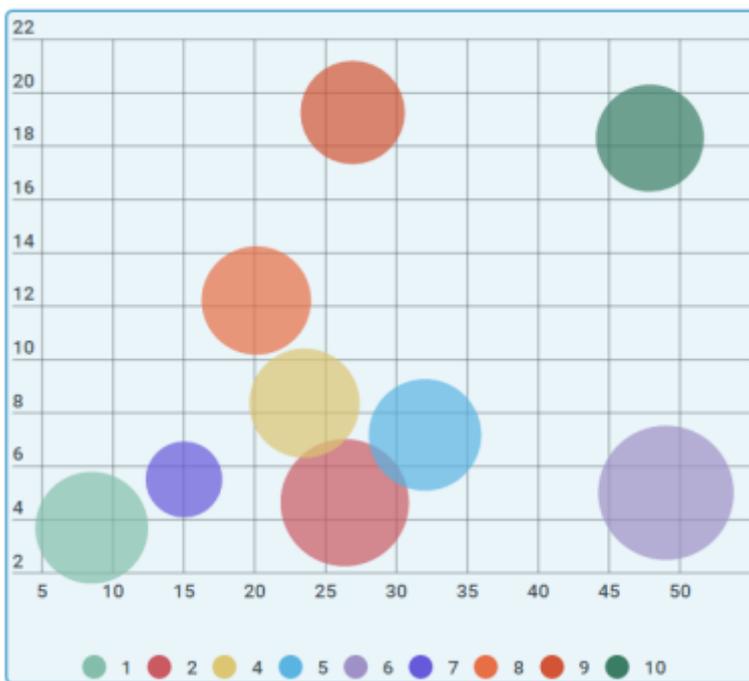


Figura 9 – Risultati della gara della nuova scuola di Melzo. Sulle ascisse è indicato lo sconto dell’offerta temporale, sulle ordinate lo sconto dell’offerta economica, mentre la grandezza della bolla indica il punteggio dell’offerta tecnica.

Un approfondimento delle offerte tecniche ha portato ad una valutazione dei costi sul ciclo di vita. In figura 10 sono indicati i presunti costi di gestione per i primi 50 anni di vita dell’edificio, calcolando i costi di gestione (acqua, riscaldamento ed elettricità) e i costi per mantenere in efficienza gli impianti. La linea verde superiore indica i costi di gestione previsti dal progetto definitivo posto a base di gara. Tutte le offerte sono migliorative e si collocano al di sotto della stessa. È evidente però che lo sconto iniziale è poco significativo rispetto ai costi sul ciclo di vita di gestione dell’edificio. L’offerta 6 infatti, che si è aggiudicata l’appalto, ha proposto uno sconto economico del 5% investendo in modo significativo sulle prestazioni dei materiali e dei componenti offerti. Nel costo di ciclo di vita a 50 anni risulta infatti la più conveniente.

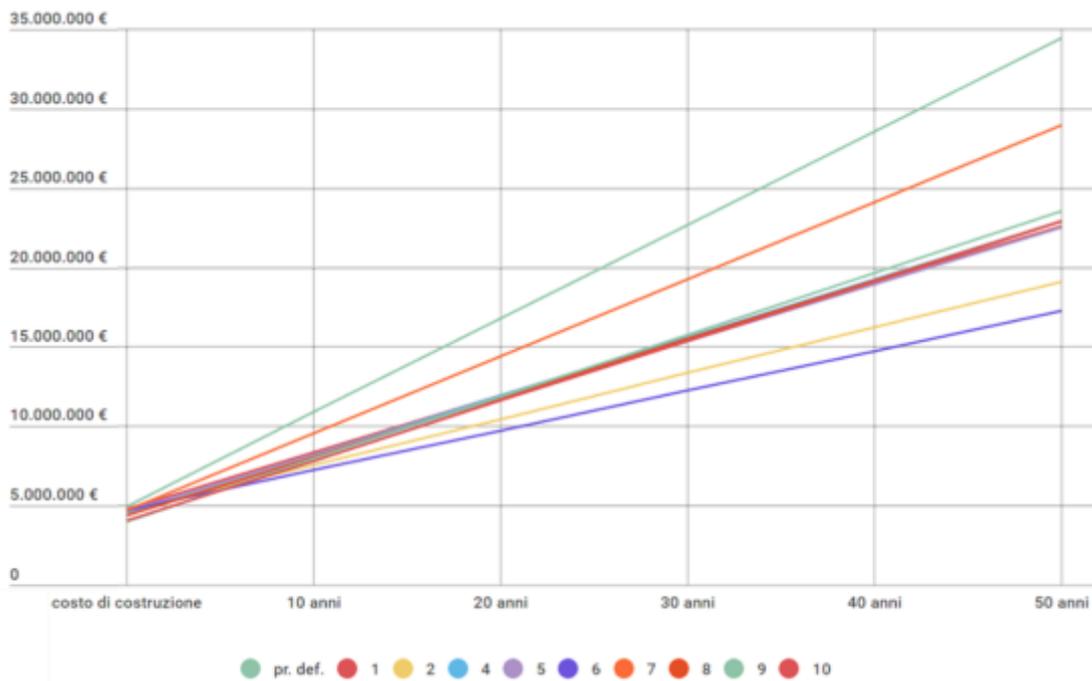


Figura 10 – Valutazione del costo di ciclo di vita delle offerte tecniche presentate per la nuova scuola primaria di Melzo

5. Conclusioni

La modellazione informativa per la valutazione del patrimonio scolastico di Melzo ha seguito due percorsi paralleli, per gli edifici esistenti e per la nuova scuola con l'obiettivo di fornire alla Committenza uno strumento efficace di pianificazione e di supporto decisionale. La metodologia BIM ha consentito di creare modelli delle scuole esistenti, utili per le simulazioni dei diversi interventi e per il calcolo dei costi e delle ottimizzazioni dei consumi possibili, secondo diversi scenari. Mettere a sistema i diversi modelli ha consentito all'amministrazione di avere una panoramica completa della situazione degli edifici ad uso scolastico e di poter scegliere in modo consapevole su quali edifici investire. La sperimentazione della gara per la nuova scuola ha portato risultati importanti sia per definire un nuovo approccio informativo alle gare con offerta economicamente più vantaggiosa, sia per le offerte tecniche ricevute e analizzate. L'offerta è stata impostata con l'obiettivo di raccogliere tutte le schede tecniche dei materiali e dei componenti della nuova scuola, con prestazioni migliorative rispetto a quanto posto a base di gara, costruendo, sostanzialmente, un allegato al contratto d'appalto. La committenza è stata dotata di strumenti e metodi di modellazione informativa che hanno ottimizzato i processi e hanno implementato le capacità decisionali della stessa, fornendo scenari alternativi con calcolo dei costi e di valutazioni sul ciclo di vita degli edifici.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare Francesco Paleari e Marco Schievano per l'importante contributo sulla gestione della modellazione BIM e della gestione del processo di archiviazione. Gli autori vogliono inoltre menzionare in particolare il collega Paolo Piantanida del dipartimento DISEG del Politecnico di Torino per l'importante apporto sullo studio degli impianti e sulla taratura dei modelli in relazione alle condizioni reali. Si ringrazia inoltre Mauro Maggioni per le valutazioni delle diverse ipotesi di intervento.

Si ringrazia l'arch. Giovanna Rubino, responsabile dell'ufficio tecnico del comune di Melzo per la documentazione cartacea fornita relativamente allo stato di fatto delle scuole analizzate e la Dott.ssa Nadia Chindamo e Gioia per l'analisi della situazione del patrimonio scolastico nel suo complesso e per i confronti sul tema dell'occupazione e degli spazi.

Bibliografia

- Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. Paleari, Francesco. 2016. From BIM to BEM for the management of the existing school buildings, back to 4.0: Rethinking the digital construction industry. Maggioli editore. 19-28. ISTeA. Milano, dal 30 giugno al 1 luglio 2016. Milano: Maggioli Editore.
- Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. Piantanida, Paolo. Tagliabue, Lavinia Chiara. Rinaldi, Stefano. De Angelis, Enrico. Ciribini, Angelo Luigi Camillo. 2016. Progressive energy retrofit for the educational building stock in a Smart City. 484-489. IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Piscataway, NJ. Trento, dal 12 al 15 settembre 2016.
- Tagliabue, Lavinia Chiara, Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. De Angelis, Enrico. Ciribini, Angelo Luigi Camillo. 2016. Valutazione parametrica delle prestazioni energetiche, ambientali ed economiche di sistemi di involucro, Parametric Assessment of energy, environmental and economic performances of building envelope technologies. Colloqui.AT.e 2016 MATER(i)A Materials, Architecture, technology, Energy/Environment, Reuse, Interdisciplinarity, Adaptability. Matera, dal 12 al 15 ottobre 2016. Convegno ArTec, Roma, Gangemi Editore
- Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. Paleari, Francesco. Schievano, Marco. 2015. Modellazione BIM del patrimonio scolastico esistente per la pianificazione degli investimenti, BIM modeling of the existing school heritage for investment planning. Sostenibilità ambientale, economia circolare e produzione edilizia. Maggioli Editore. 29-48. Dal 24 al 25 settembre 2015. Milano: Maggioli Editore.
- Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. Piantanida, Paolo. 2015. BIM and energy efficient retrofitting in school buildings. 6th International Building Physics Conference for a Sustainable Built Environment, IBPC. Torino, dal 14 al 17 giugno 2015.
- Legge 11 gennaio 1996, n. 23 - Norme per l'edilizia scolastica.
- Legge 9 gennaio 1991, n. 10 - Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- Bahar, B. Berrin, S. D. Cuneyt, D. 2012 "Energy efficient retrofit methods at the building envelopes of the school buildings".
- Directive 2010/31/EU of The European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), Official Journal of the European Union, 18.6.2010, L. 153/13.
- Cumo F. Fogheri A.M. Agnoli S. Centi, G. Romeo, C. 2013. Lay-out di progetto di riqualificazione energetica di un edificio della PA ad uso scuola. ENEA.
- Desideri, U. Proietti, S. 2002. Analysis of energy consumption in the schools of a province in central Italy", Energy and buildings. Vol. 34, pp. 1003-1016
- Directive 2014/24/EU of The European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing directive 2004/18/EC, Official Journal of the European Union, 28.3.2014, L. 94/65.
- AIA Document E202-2008, Building Information Modeling Protocol Exhibit.
- Jeong, W. Kim, J.B. Clayton, M.J. Haberl, J.S. Yan, W. 2014. Translating Building Information Modeling to Building Energy Modeling Using Model View Definition. The Scientific World Journal. Volume 2014, 21 pages
- Zanni, D. Righi, A. Dalla Morra, T. Peron, F. Romagnoni, P. 2015. The Energy improvement of school buildings: analysis and proposals for action. Energy Procedia. Vol. 82, pp. 526-532.
- The CIC Research Group and the PSU. 2011. BIM Project Execution Planning Guide.
- Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. Paleari, Francesco. Schievano, Marco. 2015. BIM modeling for the existing school heritage for investment planning. Conference ISTeA - Environmental sustainability, circular economy and building production, pp. 29-48.
- Autorità Nazionale Anticorruzione (2014) Procedure di affidamento perfezionate di importo superiore o uguale a 40.000 euro.
- Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di lavori, servizi e forniture (2013) Relazione annuale 2012.
- Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di lavori, servizi e forniture (2011) il criterio di aggiudicazione dell'offerta economicamente più vantaggiosa
- Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di lavori, servizi e forniture (2011), determinazione n. 7 del 24 novembre 2011, Linee guida per l'applicazione dell'offerta economicamente più vantaggiosa nell'ambito dei contratti di servizi e forniture, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 291 del 15 dicembre 2011
- Autorità Nazionale Anticorruzione (2016), proposta di Linee guida in materia di offerta economicamente più vantaggiosa
- Cantone, Raffaele. 2014. Comunicato del Presidente del 24 novembre 2014.

- Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. 2014. La Direttiva Europea 2014/24/EU sull'uso del BIM.
- Pittelli, Paola. 2014. Il miglior rapporto qualità/prezzo: il nuovo concetto europeo di offerta economicamente più vantaggiosa, AVCP
- Eastman, Charles. Teicholz, Paul. Sack, Raphael. Liston, Kathleen. edited by Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. 2016. il BIM Guida completa al Building Information Modeling per Committenti, Architetti, Ingegneri, Gestori immobiliari e imprese, HOEPLI
- ITACA (2013) Guida operativa per l'utilizzo del criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa negli appalti di lavori pubblici di sola esecuzione.
- Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. 2015. Verifica dei progetti e metodologia BIM, Ingegneri, nuove tecnologie, materiali, sistemi, processi, numero 1, Maggioli Editore
- Direttiva 2014/24/UE. 2014. Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 sugli appalti pubblici e che abroga la direttiva 2004/18/CE, L 94/65 Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 28.3.2014
- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture, Pubblicato nella Gazz. Uff n. 91 del 19 aprile 2016
- Di Giuda, Giuseppe Martino. Villa, Valentina. Loreti, Luca. 2015. Il BIM per la gestione di una gara con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa - BIM to manage public procurement with award criterion Most Economically Advantageous Tender, Istea.