



BIM to BEM

Workflow operativo e Superbonus 110%
nel contesto montano. Il caso studio di
una residenza sanitaria



Politecnico di Torino - Facoltà di Architettura
Corso di Laurea Magistrale
in Architettura Costruzione Città

BIM to BEM

Workflow operativo e Superbonus 110%
nel contesto montano. Il caso studio
di una residenza sanitaria

Relatore: *Anna Osello*
Correlatore: *Matteo Del Giudice*

Candidati: *Rosario La Barbera*
Anjeze Poda

Anno Accademico: 2021/2022

Abstract

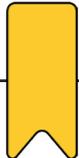
IT

La crisi climatica si è accentuata tanto da voler realizzare uno scenario futuro che non risulti soltanto idealizzato. Le problematiche che affliggono le nostre città spingono il mondo della progettazione a fare scelte attente allo sviluppo sostenibile. Tra i principali obiettivi vi è quello di diminuire il consumo e la produzione di CO₂. Secondo diversi studi, infatti, l'impatto degli edifici interessa circa il 70% dei consumi per riscaldamento e condizionamento. In questo contesto si inserisce la seguente Tesi che ha l'obiettivo di incrementare la performance energetica di un edificio esistente, avvalendosi della procedura BIM to BEM. Nella metodologia applicata sono state analizzate le criticità riscontrate nel processo di interoperabilità dei due software utilizzati in modo da consentire uno scambio ottimale dei dati. Gli scenari di intervento ipotizzati propongono componenti e interventi mirati grazie alle simulazioni energetiche eseguite e avvalendosi di strumenti e sovvenzioni resi disponibili dallo Stato, quali il Superbonus 110%. A livello normativo sono stati riportati il decreto "Baratono" D.M. n. 560 del 1 dicembre 2017, recentemente modificato nel D.M. n. 312 del 2 agosto 2021 e la norma UNI EN ISO 19650-1:2019.

EN

The climate crisis has intensified to such an extent that we want to create a future scenario that is not only idealised. The problems that afflict our cities push the world of design to make choices attentive to sustainable development. One of the main objectives is to reduce CO₂ consumption and production. According to several studies, in fact, the impact of buildings affects about 70% of consumption for heating and air conditioning. In this context, the following Thesis is inserted with the aim of increasing the energy performance of an existing building, using the BIM to BEM procedure. In the methodology applied, the critical issues encountered in the process of interoperability of the two software used were analysed in order to allow an optimal exchange of data. The hypothesized intervention scenarios propose components and targeted interventions thanks to the energy simulations carried out and using instruments and subsidies made available by the State, such as the Superbonus 110%. At the regulatory level were reported the decree "Baratono" D.M. n. 560 of 1 December 2017, recently amended in D.M. n. 312 of 2 August 2021 and the standard UNI EN ISO 19650-1:2019.

SOM- MARIO



01. INTRODUZIONE

| | |
|--|----|
| 01.1 Clima - Il peso che grava sul futuro delle nostre città | 12 |
| Impatto ambientale urbano | 13 |
| Il contesto montano | 14 |
| Ambiente montano e sostenibilità | 16 |
| Accessibilità | 18 |
| Il concetto di Resilienza | 19 |
| La situazione italiana | 22 |
| Possibili percorsi | 24 |
| 01.2 Progettazione integrata | 26 |
| Il BIM - innovazione tecnologica | 28 |
| 01.3 Aspetti normativi | 30 |
| Il PNRR | 32 |
| Gli incentivi statali | 33 |
| Superbonus 110% - Interventi trainanti e trainati | 35 |

| | |
|--|----|
| Ecobonus | 38 |
| Bonus facciate | 39 |
| Decreto Ministeriale numero 312 del 02/08/2021 | 40 |
| 01.4 Il caso studio | 42 |
| RSA Casa Cuore Immacolato di Maria | 44 |

02. METODOLOGIA

| | |
|---|----|
| 02.1 Modello architettonico - BIM | 48 |
| Livelli di fabbisogno informativo | 52 |
| 02.2 Interoperabilità | 58 |
| Formati di scambio | 59 |
| Formato IFC | 60 |
| Formato gbXML | 62 |
| Procedura seguita | 63 |
| 02.3 Modello energetico - BEM | 66 |
| Dal modello alla simulazione energetica | 68 |
| 0.2.4 Procedure BIM to BEM | 70 |
| Da Revit a Termolog | 77 |

03. RISULTATI

| | |
|-------------------|-----|
| 03.1 Analisi SWOT | 108 |
|-------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| 03.2 Gestione delle criticità nel processo d'interoperabilità | 109 |
| Modifiche apportate | 114 |
| 03.3 Scenari d'intervento | 118 |
| Stima economica interventi | 120 |
| Accesso agli incentivi | 128 |

04. CONCLUSIONI

05. RIFERIMENTI

01



Clima – Il peso sul futuro delle nostre città

01.1

La città rappresenta un tessuto urbano che funziona grazie alla sinergia e alla collaborazione di diversi fattori e sistemi che definiscono una rete complessa non soltanto a livello di servizi ma anche riguardo alla funzionalità stessa della città, che dipende fortemente dal cambiamento climatico. Perciò risulta fondamentale adottare misure che permettano alle città di rispondere a tali cambiamenti e ripristinare sul piano organizzativo l'ideologia generale, diffondendo una quotidianità differente, che possa essere attenta e sostenibile. L'aumento delle temperature, viene accentuato nei centri urbani a causa dell'intrappolamento del calore e ciò comporta la formazione dell'effetto isola di calore urbana, dovuta non soltanto a fattori fisici relativi alle strutture, come l'albedo, la capacità termica dei materiali di superfici edificate e di suolo, la forma, l'orientamento e la ventilazione delle costruzioni ma anche alle fonti dirette di produzione di calore come gli impianti di climatizzazione, il traffico, la produzione di gas serra e l'attività metabolica dei cittadini. Nelle ore notturne le città presentano problematiche legate alla dispersione termica con difficoltà ad allontanare il calore accumulato durante il giorno e conseguente inversione del flusso termico. La crescita urbana porta alla conformazione di un tessuto frammentato a li-

vello insediativo e ciò apporta consumi energetici e richiesta di linee di trasporto maggiori con conseguente aumento dell'inquinamento. Un fattore direttamente relazionato ai cambiamenti climatici e all'aumento demografico è quindi la produzione di CO₂.

D'altronde come ci insegna la storia l'aumento demografico in comune all'industrializzazione hanno apportato una crescita sempre maggiore della domanda di risorse con conseguenti difficoltà di gestione del rapporto domanda-offerta. Analogamente, all'interno delle nostre città e nello scenario globale, vanno sempre più a verificarsi situazioni di cattiva gestione del rapporto sostenuto dalle fonti energetiche e la richiesta totale di energia che viene formulata in continuazione. Chiaramente i consumi registrati da parte dei grandi centri urbani annotano valori di enorme peso e gravosità, pari circa al 70% delle emissioni di CO₂ in ambiente.¹ Nonostante l'utilizzo di fonti rinnovabili queste ricoprono una minima parte dei consumi effettivi e risulta quindi insufficiente per contrastare in modo considerevole i cambiamenti climatici. La gestione energetica diventa il fulcro nodale, non soltanto a livello ambientale generale, ma anche a livello del patrimonio edile, attraverso il quale si possono adottare strategie di intervento utili ad abbassare o quantomeno attenuare le emissioni, rendendo gli edifici strumenti di affronto e di resilienza. Aspetti di particolare interesse risultano essere

Impatto ambientale urbano

1. Net Zero Carbon Cities, Systemic Efficiency Initiative, 2021

2. Giuseppe Forino, Luigi Perini, Luca Salvati, Diffusione urbana e Cambiamento Climatico: percorsi di (in) sostenibilità a livello locale?, p.59, 2015

legati a fattori di densità e politica di gestione smart. In merito a quanto affermato precedentemente in riferimento alla frammentazione dei tessuti urbani, diversi studi dimostrano come una città più densa registri valori nettamente inferiori di emissioni di CO₂, chiaramente se correlati all'ottimizzazione degli spazi e della gestione di risorse e fonti energetiche.²

Il contesto montano

I territori montani sono maggiormente sensibili all'impatto ambientale provocato dai cambiamenti climatici. Il riferimento principale rispetto all'innalzamento delle temperature è evidente nella riduzione della copertura glaciale e numerosi studi definiscono come un ulteriore aumento termico futuro possa intaccare la disponibilità di acqua, soprattutto nel periodo estivo, la biodiversità e la copertura vegetale. Le Alpi rappresentano uno scenario adatto a dimostrare la possibilità di attuare interventi utili a moderare i cambiamenti climatici e a realizzare scenari di resilienza. A dimostrazione del differente peso dei cambiamenti climatici verificatisi in pianura e nelle zone montuose vi è l'altitudine che pare essere strettamente correlata all'aumento delle temperature; infatti, ad alte altitudini corrisponde un riscaldamento crescente.³ Tra le motivazioni rientrano un minore effetto sull'albedo grazie all'azione di neve e ghiacci, la mancata o minima presenza di particolato inqui-

nante e processi fisici relativi al vapore acqueo e ai flussi radiativi. Per quanto riguarda le Alpi europee tali differenze altitudinali sono meno evidenti ma ugualmente preoccupanti.⁴

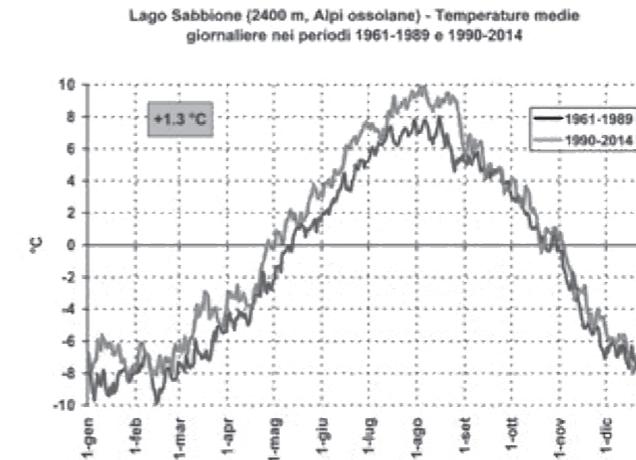


Fig.1_Luca Mercalli, Daniele Cat Berro, Cambiamenti climatici e impatti sui territori montani, p.46_ "Temperature medie giornaliere all'osservatorio di Oropa (1181 m, Alpi biellesi) calcolate sui periodi 1961-1989 e 1990-2014. Il periodo più recente ha rilevato un riscaldamento medio annuo di 1,2 C rispetto al precedente trentennio [...]", 2018

Secondo la valutazione eseguita nel 2014 da parte dell'IPCC*, sono previsti incrementi tra 1°C e 3-4°C,⁵ con gravi conseguenze sul patrimonio naturale alpino, nonché strumento fondamentale per l'assorbimento della CO₂ e il miglioramento della qualità dell'aria.

3-4-5. Luca Mercalli, Daniele Cat Berro, Cambiamenti climatici e impatti sui territori montani, pp.45-46-47

*IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

Ambiente montano e sostenibilità

6-7. Luca Mercalli, Daniele Cat Berro, Cambiamenti climatici e impatti sui territori montani, pp. 53-54, 2018

La montagna rappresenta uno scenario innovativo all'interno del quale poter applicare interventi mirati ad affrontare i cambiamenti climatici in modo sostenibile. In occasione della 97^a sessione plenaria del Comitato delle Regioni di Bruxelles, è stato approvato il progetto "Approcci regionali specifici ai cambiamenti climatici nell'Unione Europea sulla base dell'esempio delle regioni montane"⁶, in cui Luca Mercalli e Luciano Caveri hanno stilato una serie di considerazioni in merito. Particolare riguardo va fatto nei confronti della conformazione delle aree montuose che, se da un lato pongono dei limiti a livello morfologico, dall'altro permettono di porsi alla ricerca di sistemi innovativi in ambito sostenibile. L'applicazione di nuove tecnologie e metodologie ne permette l'applicazione non soltanto in ambito montano ma sovente anche in modo universale. Tra i fattori a cui dedicare particolare interesse rientrano anche la disponibilità di risorse rinnovabili, di risorse minerarie, i costi energetici elevati dovuti alla produzione di alimenti, l'inquinamento dell'aria, dell'acqua, del suolo, (dovuti in parte anche all'aumento dei rifiuti non biodegradabili) e l'aumento demografico. Dato l'elevato numero di considerazioni di cui tener conto, è importante la compartecipazione da parte dei diversi gradi istituzionali rappresentativi. A partire dal 2012 attraverso la piattaforma Climate-Adapt⁷ sono disponibili esempi di buone pratiche attuate sia a livello urbano e sia a livello montano, esprimendo processi di avvio all'adattamento climatico. In questo senso risulta importante porre l'attenzione verso soluzioni che mirino anche allo scenario futuro. Gli edifici devono dunque ottenere una massima efficienza energetica attraverso



l'introduzione di energie rinnovabili e ponderare l'utilizzo energetico secondo gli usi effettivi. Risulta utile limitare il consumo di suolo e mobilità favorendo il lavoro informatizzato da casa, in modo da rendere possibile anche il ripopolamento delle aree montane in concomitanza con il turismo. La consapevolezza del territorio comporta attenzione nei confronti della realizzazione di piani che si adeguino non solo alle esigenze del sito ma anche alle risorse ad esso annesse. Chiaramente tali scelte vanno ponderate e stimate secondo raccolte dati che permettano di interagire in modo attivo sui risultati ed efficacia attesi e poter prendere spunto per ulteriori miglioramenti. La gestione generale diventa quindi tanto importante quanto le scelte da effettuare in chiave sostenibile.

Sempre di più, nel corso degli ultimi anni, si è diffusa una maggiore consapevolezza riguardo i processi di progettazione, andando a sviluppare tematiche centrali come il concetto di accessibilità, da non intendere solo in termini di servizi ma in maniera generalizzata, guardando al contesto ambientale. In questo senso la tecnologia dell'architettura offre la possibilità di interagire attraverso specifiche conoscenze tecnico-scientifiche e poter rispondere in modo ottimale alle variazioni climatiche che si riversano sul contesto ambientale. L'accessibilità in chiave ambientale pone quindi l'attenzione verso lo sviluppo di un ambiente visto come risorsa con potenziale collettivo, aperto alla fruibilità generalizzata. Seppur sembri essere una tematica che tratta il territorio nel suo complesso generale e non specifico, l'accessibilità all'ambiente è invece costituita da numerose caratteristiche e fattori che giustificano in qualche modo le difficoltà riscontrate nel raggiungimento di tematiche con questo grado di articolazione. Il focus diventa quindi l'approccio, la consapevolezza del fine ultimo e l'interazione con i soggetti considerati attivi nel processo. Il mezzo che permette di raggiungere buoni risultati sono le persone: una migliore conoscenza e condivisione comporta maggiore collaborazione e crescita sociale e una progettazione inclusiva offre numerose potenzialità in merito. Un atteggiamento attento e conscio permette una visione multidimensionale, necessaria per il raggiungimento di obiettivi così complessi nell'ideologia quanto nella pratica. L'accessibilità porta l'individuo nella sua interazione con l'ambiente alla volontà consapevole di agire per l'inclusione.

In uno scenario caratterizzato da numerosi cambiamenti climatici e relative conseguenze ambientali dovute principalmente all'insufficienza delle risorse, l'aspetto energetico diventa centrale. Il concetto di resilienza si rifà alla capacità di risposta e adattamento nei confronti delle cause che pongono di fronte alle diverse difficoltà. La necessità di ridurre i fabbisogni energetici apre la visione su concetti di più ampio respiro, che si rifanno a questioni legate sia a livello urbano e di territorio e sia agli aspetti generativi dell'energia stessa, compresi la sua distribuzione, l'impiego ma anche il recupero e il riuso. Si tratta quindi di un processo complesso che prevede una riorganizzazione a livello istituzionale. A livello europeo sono state attivate iniziative che promuovono processi di autosufficienza e a impatto zero che partono dal singolo edificio per poi giungere a un livello più ampio, quello urbano, e poter estendere così il concetto di resilienza in campo energetico e ambientale su larga scala. La diffusione di tali iniziative considera uno scenario complesso che va quindi trattato sotto diversi punti di vista, non soltanto attraverso il singolo edificio. La densità urbana influenza direttamente l'aspetto energetico, combinando l'ambito gestionale con quello dei consumi. Bisognerebbe quindi adottare un approccio olistico che veda l'intervento anche nei confronti delle cause e degli effetti delle problematiche riscontrate e non focalizzarsi solamente sul contenimento delle seconde. L'approccio che pare essere maggiormente risolutivo è la progettazione rigenerativa che tende ad accomunare le attività che attenuano i cambiamenti climatici con quelli dedicati al mantenimento dello stato di salute dell'ecosistema.

8. Maria Teresa Lucarelli, Elena Musinelli, Laura Daglio (a cura di), Progettare Resiliente, p. 51, 2018

stema. Nel dettaglio si tratta di un approccio improntato alla biomimetica, mimare quindi la risposta del contesto naturale nei confronti dei cambiamenti del clima, in modo da intervenire e reagire mantenendo gli equilibri. I vantaggi concessi da un approccio rigenerativo permettono di migliorare i consumi energetici attraverso il recupero dei cicli di carbonio naturale. Così facendo va a instaurarsi un sistema basato sulla restituzione dell'equilibrio, fondato sull'idea che la complessità e la frammentazione del territorio rappresentino in realtà componenti di un unico insieme che cooperano per l'ottenimento della rigenerazione, non solo del singolo territorio ma di un sistema più ampio, comprendente numerosi territori. Tali concetti prendono forma attraverso l'attuazione della Responsive Architecture⁸ che tiene conto di una visione quanto più completa attraverso una progettazione che considera i fattori legati al microclima, alle componenti bioclimatiche e alle strutture degli edifici. L'interazione edificio-contesto-utenza permette quindi di avviare processi di adattamento e grazie ad essi è possibile affrontare il concetto di resilienza in modo pratico. Un concetto basilare è legato nello specifico alla resilienza energetica che diventa particolarmente sentita nei contesti di emergenza, dove la possibilità di rendere gli edifici autosufficienti dal punto di vista energetico diventa un obiettivo fondamentale da raggiungere, attraverso ad esempio, l'utilizzo di sistemi passivi che richiedano quindi un utilizzo energetico praticamente nullo. Dal punto di vista economico azioni rilevanti consisterebbero nell'investimento dei capitali guadagnati grazie al contenimento dei costi, in sistemi efficienti e resilienti.

La progettazione tecnologica include nei suoi processi il concetto di accessibilità e risulta conseguentemente legata a quello di resilienza in quanto entrambe legate alla contemporaneità e al contempo rivestono il ruolo di risposta alle condizioni ambientali attuali. L'adattamento e la capacità di reagire diventano gli aspetti principali per un'architettura condivisa, capace di ristabilire una condizione di equilibrio positivo generale.



La situazione italiana

Lo scenario nazionale è coinvolto nei processi di cambiamento climatico legati all'energia, ponendo l'attenzione anche nei confronti del retrofit energetico, che rappresenta una porzione importante in merito alla tematica trattata. Gli interventi che maggiormente concorrono al raggiungimento di risultati considerati ottimali all'interno del contesto attuale, si riferiscono al recupero, alla riqualificazione e alla rigenerazione degli edifici esistenti in quanto permettono di contenere maggiormente i consumi e migliorare la performance energetica del costruito. Ciò permette di ottenere complessivamente una maggiore qualità dell'ambiente e la capacità, da parte del contesto costruito, di rispondere alle variazioni e adattarsi in modo ottimale, dimostrando capacità di autosufficienza. Tali concetti si traducono in azioni che provvedono al miglioramento prestazionale dal punto di vista energetico e che deve essere in sinergia con l'aspetto climatico e ambientale. Per far sì che ciò si verifichi è fondamentale porre l'attenzione verso accorgimenti legati ad aspetti quali, ad esempio, l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili, l'accumulo termico passivo, l'esposizione solare ottimale e la ventilazione naturale, in accordo con tematiche di più ampia visione come la riduzione dei rischi climatici, lo sviluppo di una maggiore superficie permeabile, l'utilizzo dell'acqua piovana legato alla questione del ciclo dell'acqua e gli interventi antisismici. Solo così si può avviare un processo resiliente dal punto di vista energetico, chiaramente la visione complessiva deve considerare interventi ad ampio spettro e in modo diffuso a livello urbano. Il connubio città verde e tecnologia deve rifarsi all'idea di emissioni zero attraverso una progettazione attenta alla

concezione che raggruppa società, ambiente e territorio. Il contesto italiano offre approfondimenti e ricerca innovativa nella progettazione sostenibile e resiliente. I concetti chiave che portano alla formulazione di possibili orientamenti progettuali fanno riferimento ad aspetti quali la riduzione dei consumi energetici su scala urbana a cui associare un migliore efficienza energetica, la connessione tra architettura e il binomio ambiente-clima attraverso un approccio di causa e risposta, attenzione nella scelta di materiali e tecnologie ecologiche, l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili integrati nel costruito, l'accessibilità alle reti urbane ad energia pulita, il monitoraggio e la valutazione delle prestazioni energetiche in relazione al contesto ambientale e climatico. Va sottolineato come l'attenzione nei confronti del contesto dal punto di vista geografico e morfologico porti a sviluppare metodologie innovative in termini di rete di distribuzione energetica e ottenere così un approccio che risponda in modo ottimale in base alle caratteristiche del sito, oltre a sensibilizzare verso un'attenzione collettiva dell'impegno sostenibile. Diventano quindi parametri di particolare riferimento le volumetrie, la densità abitativa e la fisicità, in quanto richiedono una rielaborazione dei concetti sia che si tratti di un progetto ex-novo e sia riguardo a interventi di riqualificazione e di rigenerazione. Un impegno di tale portata comporta modifiche a livello di regolamenti e processi edilizi e progettuali, dirigendo gli ideali verso un'interazione reale e diversificata e interventi da adeguare ai diversi contesti. Il fine è quello di applicare una cultura progettuale sostenibile che permetta di accedere al concetto di resilienza in modo diffuso.

Possibili percorsi

9-10-11. Maria Teresa Lucarelli, Elena Musinelli, Laura Daglio (a cura di), Progettare Resiliente, pp. 62-63, 2018

Nella visione di un approccio attento risulta fondamentale trattare anche quegli aspetti che sovente, all'interno di un processo progettuale e di realizzazione architettonica, passano in secondo piano. Si tratta dei Rifiuti Solidi Urbani, considerati in realtà fonte ottimale di prodotti per l'edilizia. L'argomento viene ben esposto all'interno del concetto di Circular Economy, definito dalla Commissione Europea nel 2015.⁹ Lo scopo è quello di prevedere un riutilizzo dell'enorme quantità di rifiuti solidi prodotti, soprattutto se si considera che nel periodo compreso dal 2012 al 2025 si stima un raddoppio delle quantità in tonnellate annue.¹⁰ Tale rincaro è dovuto anche alla crescita dei Paesi in via di sviluppo. Ancora una volta diventa centrale l'aspetto resiliente, in quanto si pone come risposta all'attività dell'uomo, il quale contribuisce alla condizione di tensione ambientale. Basti pensare all'utilizzo, seppur ancora non soddisfacente, della plastica, impiegata nel riciclo, nella produzione di energia e negli impieghi edilizi a livello di isolanti termici, pannelli di rivestimento o aggregati per il calcestruzzo alleggerito, per un ammontare totale del 70% rispetto ai rifiuti plastici prodotti, secondo le stime UE del 2014.¹¹ Altra tipologia di risposta diventa ad esempio l'utilizzo di pavimenti drenanti che permettono non solo di evitare i danni dovuti alle importanti precipitazioni ma di sfruttare il quantitativo d'acqua incidente sul suolo e di veicolarlo filtrandolo nel sottosuolo. Caratteristiche che richiedono particolare attenzione da un punto di vista resiliente risultano essere legate alla capacità di autoriparazione. In questo senso la Delft Technical University ha sviluppato cementi autoriparanti per cisterne idriche: l'ambiente

umido permette a un particolare tipo di batterio presente al suo interno di produrre calcite in presenza di acqua. Particolarmente utili risultano essere anche i sistemi di sensori per un monitoraggio continuo e quindi affidabile del comportamento del costruito. Quelli citati vogliono essere semplici esempi di applicazione di un approccio che non vede la sostenibilità come fine a sé stessa ma che combina scelte attente all'ambiente e in connessione con essa attraverso processi di interscambio continuo e soprattutto positivo, mediante un sistema ambiente-territorio urbano articolato e complesso ma in grado di adattarsi e di rispondere in modo proficuo anche sul piano sociale.



Progettazione integrata

01.2

Il BIM si fonda su una progettazione di tipo trasversale, che permette di coinvolgere i vari settori disciplinari di interesse. In questo senso è utile pensare ad un approccio che consenta una visione olistica anche rispetto alla sostenibilità, in modo da integrare il concetto di impatto ambientale all'interno degli ambiti coinvolti nell'iter progettuale.

La metodologia BIM coinvolge quindi in maniera simultanea informazioni geometriche, economiche e tecniche del progetto. Così facendo si promuove il processo di univocità dei dati riferiti al modello in esame, mantenendo la rispettiva padronanza professionale in base al settore coinvolto. L'interrogazione delle informazioni permette l'accessibilità generalizzata da parte delle figure coinvolte, apportando vantaggi in diversi campi, quali l'introduzione dei dati ambientali con quelli dell'edificio considerato, l'inserimento dei dati da effettuare una sola volta, la mancata necessità di ripetere il lavoro, la padronanza dello stato di fatto anche in relazione al contesto e automazione a livello informativo.

In relazione a quanto descritto è possibile identificare costi di gestione progettuale più contenuti rispetto all'intero processo.

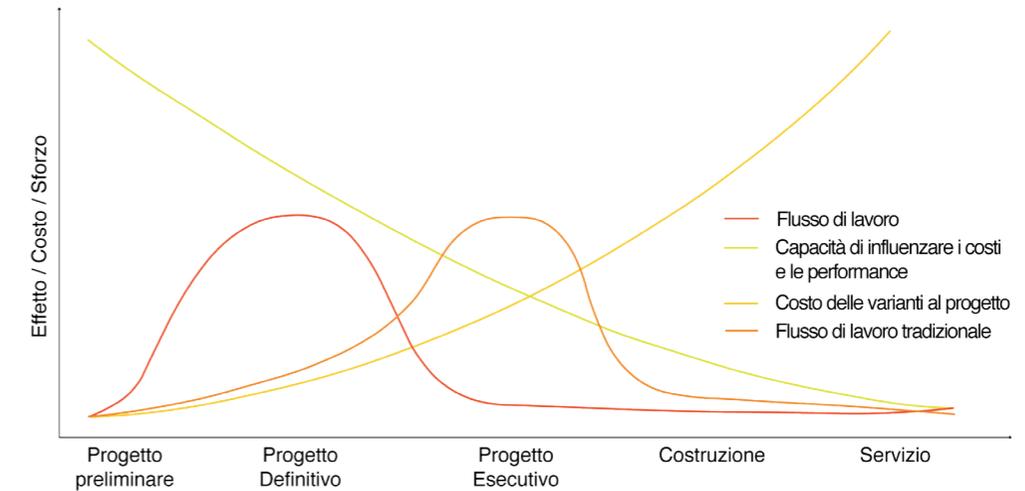


Fig.2_Diagramma di Mac Leamy

In questo senso il diagramma di MacLeamy mostra le caratteristiche della progettazione integrata e di quella tradizionale. Infatti, si evidenzia come nelle prime fasi la metodologia integrata consenta una riduzione dei costi maggiore rispetto a quella tradizionale. Questo è dovuto al maggiore impegno dal punto di vista progettuale nelle fasi iniziali del processo integrato, a differenza del processo tradizionale in cui il maggior dispendio di lavoro si verifica nelle ultime fasi della progettazione. La riduzione dei costi è da riferirsi non alla quantità di lavoro diversamente concentrata ma ad una maggiore precisione riscontrabile nelle diverse fasi dell'edificio.

Il BIM rappresenta una metodologia che mette in pratica processi di programmazione, progettazione, realizzazione e manutenzione, interessando l'intero ciclo di vita di un edificio. Comprende l'utilizzo di diversi software, utili alle varie fasi di sviluppo progettuale, coinvolgendo il settore edile, architettonico e strutturale e attuando così un approccio olistico nei confronti dell'edificio in esame. La collaborazione tra le diverse figure professionali interessate permette di avere informazioni sempre aggiornate riguardo ai vari aspetti dello stabile: dalla geometria, i materiali, la prestazione energetica, fino alla sicurezza, la manutenzione, la demolizione e la dismissione, attraverso un modello parametrico e dinamico. In questo modo si possono testare le caratteristiche dell'edificio ancora prima che questo venga realizzato e offrendo la possibilità di un approccio preventivo che ne migliori le prestazioni future grazie a un modello virtuale che viene definito as built. L'applicazione del BIM riscontra vantaggi principalmente nell'ambito di progetti pubblici o di grandi dimensioni, in quanto viene ampliata la necessità di una migliore gestione degli immobili e di considerare i tempi e le modalità di esecuzione anche per la vita futura dell'edificio attraverso il facility management. Il BIM offre quindi la possibilità di controllare, verificare e ridurre gli errori in fase di esecuzione. Le sue potenzialità sono altrettanto valide anche nel settore di progetti privati, specialmente se si ha la necessità di comprendere la gestione ottimale dello stabile e poter eventualmente intervenire per migliorarne la performance energetica. È possibile eseguire analisi energetiche che permettono di definire i vari consumi non solo in termini energetici ma anche eco-

nomici e valutare la migliore opzione attuabile dal punto di vista impiantistico e di involucro. Ciò su cui si basa tale metodologia è la condivisione di informazioni che rende il processo multidisciplinare e che risulta fondamentale per la gestione di grandi progetti vista la perdita di dati che può verificarsi in tali circostanze. Per far sì che tale processo funzioni in modo ottimale è fondamentale che si basi sul concetto di interoperabilità e per permettere ciò il dato deve risultare esportabile in formato aperto, strutturato e digitale. Questo aspetto conduce al concetto di OpenBIM, introdotta da BuildingSMART, che promuove la collaborazione tra le varie fasi progettuali basandosi su flussi di lavoro e formati aperti come il formato IFC (Industry Foundation Classes). La tecnologia 7D, che sta alla base della metodologia BIM, viene definita secondo sette dimensioni, che comprende, quindi, oltre alla dimensione 3D dedicata alla modellazione, l'analisi dei tempi (4D), l'analisi dei costi (5D), la gestione dell'edificio realizzato (6D) e la valutazione della sostenibilità (7D). Ciò comporta la possibilità di ottenere diverse restituzioni attraverso il modello parametrico, in base al settore di interesse.

Aspetti normativi

01.3

Il quadro normativo e legislativo italiano, attraverso i diversi aggiornamenti degli ultimi anni, ha permesso una più rapida diffusione del BIM. Sicuramente un contributo sostanziale viene rivestito dall'Unione Europea che stimola l'adozione della digitalizzazione in diversi ambiti industriali, tra cui quello delle costruzioni. Una svolta avviene con il DM 560/2017, anche detto decreto "Baratono",¹² che definisce l'introduzione obbligatoria dell'uso dei metodi e strumenti elettronici per gli appalti pubblici con importo pari o superiore a 100 milioni. L'articolo 6 del decreto prevede il decorso di cinque fasi che vedono l'obbligatorietà anche per appalti pubblici con importo via via inferiore, giungendo già quest'anno a cifre pari o superiori a 15 milioni, e concludendo con il 2025, interessando appalti di importo inferiore a 1 milione. Le tematiche d'interesse riguardano anche le indicazioni verso la formazione di un linguaggio condiviso e il conseguente ambiente di condivisione dei dati, con sistemi di sicurezza per l'accesso, la tracciabilità, la successione storica, la conservazione e l'accessibilità alle informazioni. Nel 2018 viene emanata la norma ISO 19650¹³ sugli standard BIM, la prima su scala globale, che definisce quindi regole internazionali per l'utilizzo della metodologia. In particolare, vengono trattate le informazioni e la loro gestione

a livello manageriale. La norma è stata tradotta in italiano nella UNI EN ISO 1950:2019,¹⁴ suddivisa in due parti, che prevedono in un primo luogo gli aspetti generali del BIM riguardanti il flusso di informazioni all'interno del Project Management, articolata secondo la produzione delle informazioni, i requisiti a livello informativo e gerarchico, le metodologie di consegna delle informazioni e infine la gestione e produzione delle stesse a livello collaborativo; in secondo luogo viene definita l'articolazione della commessa e i protagonisti coinvolti, stabiliti in base alle informazioni prodotte. Nello specifico vengono determinate le otto fasi di gestione delle informazioni di una commessa: valutazione di fattibilità, invito a presentare offerte, offerte, incarico, mobilitazione, produzione collaborativa di informazioni, consegna del modello informativo, chiusura della commessa. La norma ISO ha quindi la precedenza sulle eventuali norme di livello nazionale e in particolare va collegata alla UNI 11337,¹⁵ considerata un allegato nazionale che fa riferimento alla questione applicativa. In particolare, la UNI 11337 è divisa in 6 sezioni, ciascuna delle quali tratta le diverse fasi della messa in pratica della metodologia BIM ed è applicabile a qualsiasi tipologia di edificio e processo, sia questo di costruzione ex novo, di riqualificazione o di conservazione.

12-13-14-15. <https://www.smartspacce.it/it/bim-normativa-italiana-guida/>

II PNRR

La pandemia Covid-19 ha generato uno scenario particolarmente difficoltoso dal punto di vista economico e per tentare di contrastare e agevolare il processo di ripresa, l'Unione Europea, ha stilato il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.¹⁶ L'utilizzo di questo documento permette agli Stati membri di accedere ai fondi Next Generation EU (NGEU) e ottenere sovvenzioni e prestiti da indirizzare in diversi ambiti in base agli obiettivi, o come vengono definite a livello legislativo missioni, stilate nel Piano. Di particolare interesse risulta essere la sezione dedicata a Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica, ovvero il passaggio da processi di produzione e consumo insostenibili per il pianeta a sistemi che consentano la crescita economica attraverso metodologie sostenibili da parte dell'ambiente. Ciò comporta la realizzazione di città più verdi e digitali, che vedono l'impiego del 31,05%¹⁷ dell'importo totale destinato all'Italia. Il periodo di attuazione del Piano è previsto dal 2021 al 2026. L'Italia, unitamente ad altri paesi, potrà accedere a un prefinanziamento, che nel nostro caso risulta essere pari al 13%¹⁸ dell'importo totale, corrispondente quindi a 25 miliardi di euro. Al termine di ogni anno appartenente al pacchetto di attuazione 2021-2026, la Commissione dell'Unione Europea, si accerterà che i piani siano stati rispettati, in modo da avviare le pratiche relative ai bonifici in arrivo da Bruxelles e permettere agli Stati membri di usufruire dei finanziamenti. L'obiettivo finale è quello di rendere l'Italia un paese sostenibile, digitale e inclusivo, sostenendo la produttività e la crescita economica.

Gli incentivi statali

A livello nazionale, nello specifico, il PNRR prevede l'attuazione del Superbonus 110%,¹⁹ istituito nel Decreto Rilancio, con lo scopo di ridurre le emissioni entro il 2030 e fornire sostegno economico al settore delle costruzioni. Il Piano comprende una serie di interventi mirati all'efficientamento energetico degli edifici attraverso ristrutturazioni che permettono la detrazione fiscale dell'importo delle spese sostenute per gli interventi. La ristrutturazione deve possedere determinate caratteristiche per essere definita ammissibile ed essere classificata come ristrutturazione profonda, che comporti quindi il miglioramento di almeno due classi energetiche o il passaggio alla classe energetica immediatamente più alta. La certificazione energetica degli edifici va inviata all'Enea entro novanta giorni dal termine dell'intervento in allegato all'attestato di prestazione energetica. Alcuni degli interventi compresi si riferiscono agli interventi sui sistemi di condizionamento dell'aria, gli interventi trainanti, tra cui rientra l'isolamento termico di superfici opache e la sostituzione di impianti termici, e una volta eseguito almeno uno degli interventi trainanti possono essere svolti gli interventi trainati a cui appartengono la sostituzione degli infissi, le schermature solari, i sistemi fotovoltaici e altri; sono previsti anche interventi per la riduzione del rischio sismico, quest'ultimo, definito Super Sismabonus, prevede una copertura del 14% dell'importo in dotazione. Il Super Ecobonus vede un periodo di attuazione dal 1° luglio 2020 al 30 giugno 2022, con eccezione per l'edilizia pubblica che rimane attiva fino al 31 dicembre 2022. Può essere inoltre richiesto un prolungamento di sei mesi per lavori relativi a condomini o edilizia

16-17-18-19. <https://www.forumpa.it/economia/pnrr-piano-nazionale-di-ripresa-e-resilienza-cosa-e-cosa-prevede-missioni-risorse-progetti-e-riforme/>

residenziale pubblica che abbiano ricevuto almeno il 60% dei lavori entro i termini definiti. Per quanto riguarda, in particolare, interventi complessi relativi all'edilizia residenziale pubblica la proroga è applicabile fino a giugno 2023 o fino a dicembre 2023 in caso entro giugno siano stati completati il 60% dei lavori. L'Ecobonus è applicabile ad un massimo di due unità abitative, ad eccezione degli interventi destinati alle porzioni comuni che prevedono agevolazioni in merito e non dipendono dal quantitativo di unità possedute. Per quanto riguarda invece il Super Sismabonus non ci sono limiti sul numero di abitazioni di intervento ma gli edifici devono appartenere alle zone sismiche 1,2,3. Nello specifico, il funzionamento a livello economico prevede la possibilità da parte dell'impresa esecutrice dei lavori, di esercitare uno sconto del 100% del valore della fattura in modo che il beneficiario non debba coprire alcuna spesa effettiva. Così facendo l'impresa si vedrà riconosciuta un credito d'imposta pari al 110% rispetto allo sconto applicato. In alternativa vi è la possibilità da parte del beneficiario di sostenere direttamente le spese degli interventi e poter usufruire della detrazione fiscale.

20. <https://www.lavoripubblici.it/news/superbonus-110-pnrr-proposta-proroghe-commissione-europea-26300>

Il Superbonus²⁰ comprende una serie di interventi fini alla riqualificazione energetica dell'edificio che vengono classificati in trainanti e trainati. I primi vengono definiti essenziali per poter fruire della detrazione al 110%. Gli interventi trainati, invece, per poter essere messi in atto devono essere successivi ad almeno uno degli interventi considerati trainanti. Appartengono a quest'ultimi gli interventi sulle superfici opache verticali, orizzontali e oblique, quali riferite all'isolamento termico dell'involucro dell'edificio considerando almeno il 25% della superficie disperdente dell'immobile. Tra questi rientrano anche gli interventi relativi alla coibentazione del tetto. Tali operazioni fanno riferimento ad alcuni massimali di spesa in base alla tipologia di unità immobiliare:

- 50.000 euro per edifici unifamiliari o per unità immobiliari appartenenti ad edifici plurifamiliari, purché siano indipendenti dal punto di vista funzionale e che siano provvisti di accesso/i autonomi dall'esterno.
- 40.000 euro nel caso di edifici composti da due a otto unità immobiliari, moltiplicando la somma per il numero di unità di intervento.
- 30.000 euro nel caso di edifici composti da più di otto unità immobiliari, moltiplicando la somma per il numero di unità di intervento.

Tra gli interventi trainanti sono compresi anche la sostituzione degli impianti con nuove soluzioni che siano almeno di classe A, il cui massimale è calcolato a 20.000 euro nel caso di edifici con parti comuni fino a un massimo di otto unità immobiliari, altrimenti 15.000 euro

al di sopra delle otto unità immobiliari. Per gli edifici unifamiliari o unità immobiliare collocate in edifici plurifamiliari con accessi indipendenti dall'esterno, vigono le stesse regole a livello di classe di prodotto degli impianti ma con un massimale di 30.000 euro.

Come accennato precedentemente, gli interventi trainati devono essere eseguiti congiuntamente con almeno uno degli interventi trainanti, tra cui rientrano l'isolamento termico, la sostituzione degli impianti di climatizzazione e gli interventi antisismici. In particolare, vige la considerazione che gli interventi trainati debbano essere eseguiti nel periodo di tempo previsto dalla realizzazione degli interventi trainanti. Quindi i lavori che rientrano nell'elenco degli interventi trainanti devono far fede solamente al periodo di attuazione previsto dalla legge mentre per i lavori trainati va tenuto in considerazione la coincidenza con il periodo di tempo in cui gli interventi trainanti vengono eseguiti. Gli interventi previsti prevedono l'installazione di impianti fotovoltaici e i sistemi di accumulo integrati in tali impianti. Il massimale di spesa è di 48.000 euro mantenendo un limite di 2.400 euro per ogni kW di potenza nominale dell'impianto solare fotovoltaico, per ciascuna unità immobiliare. In caso di comunità energetiche rinnovabili che si presentano sotto forma di condomini o enti non commerciali con l'installazione di impianti fino a 200 kW, il bonus è applicabile soltanto fino alla potenza massima di 20 kW. Per quanto riguarda la potenza in eccesso la spesa eccedente può fare riferimento alla detrazione ordinaria con massimale fissato a 96.000 euro per l'intero impianto. Anche l'installazione delle infrastrutture per la

ricarica di veicoli elettrici, nella quantità di un elemento per unità immobiliare, rientra tra gli interventi trainati detraibili al 110% se eseguito congiuntamente con un intervento di isolamento termico. In questo caso il massimale di riferimento è di 2.000 euro per edifici unifamiliari, 1.500 euro per condomini da due a otto unità immobiliari e 1.200 euro per edifici con un numero superiore a otto unità immobiliari.

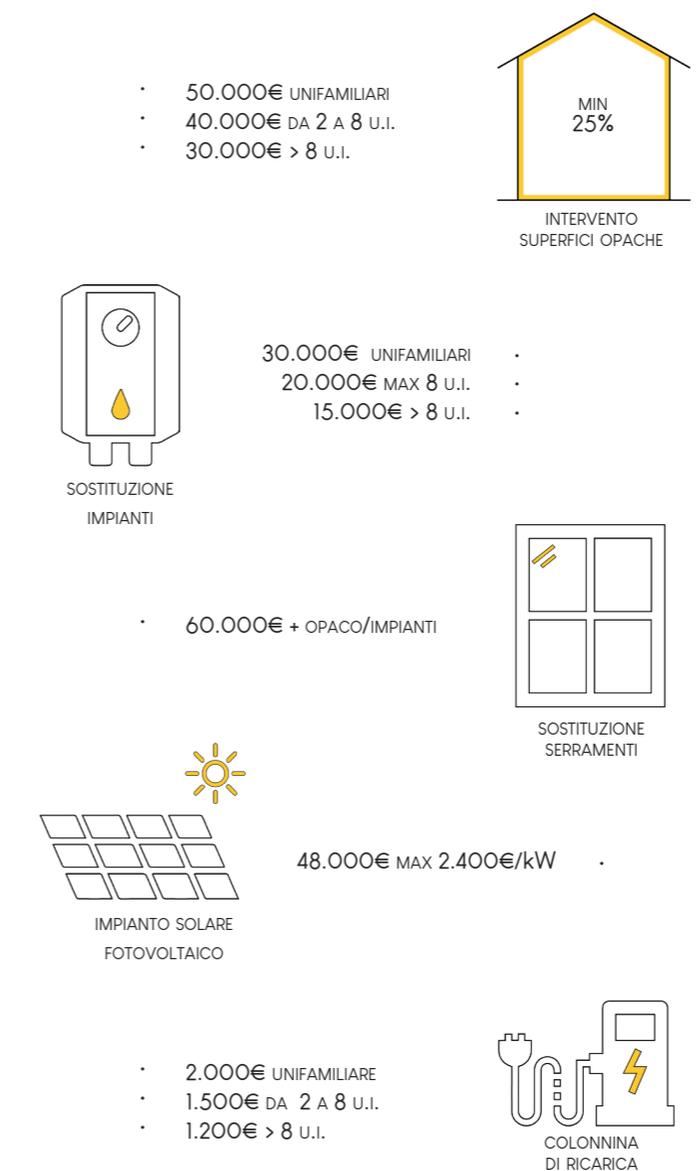


Fig.3_Schema riassuntivo interventi relativi al Superbonus 110%

Ecobonus

21.<https://www.ediltecnico.it/speciale/detrazione-65-percento-ecobonus-riqualificazione-energetica/>

L'Ecobonus²¹ è applicabile agli edifici residenziali, non residenziali e misti. Si tratta del complesso di interventi mirati alla riqualificazione energetica a cui appartengono: la riduzione del fabbisogno energetico per riscaldamento, il miglioramento dal punto di vista termico dell'edificio, l'installazione di pannelli solari e la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale. Sono detraibili percentuali differenti in base agli interventi eseguiti. In particolare, per quanto riguarda i serramenti e gli infissi, le schermature solari, le caldaie a biomassa e le caldaie a condensazione di classe A, i massimali di spesa sono di 60.000 euro nei primi due casi e 30.000 euro per le restanti due, con detrazione al 50%. Invece in relazione alla riqualificazione energetica generale e ai microgeneratori, il massimale di riferimento è di 100.000 euro, mentre per la coibentazione dell'involucro e i collettori solari la spesa massima ammissibile è di 60.000 euro, per poi passare a un massimale di 30.000 euro per le caldaie a condensazione di classe A con sistema di termoregolazione avanzato, i generatori di aria calda a condensazione, le pompe di calore e i generatori ibridi. Le varie voci appena elencate sono tutte detraibili al 65%

Bonus Facciate

22.<https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/introduzione-bonus-facciate>

Il Bonus Facciate²² permette di intervenire sull'aspetto estetico degli edifici. La detrazione permessa è del 90% senza riferimenti a massimali di spesa. La possibilità di accedervi è definita dall'attuazione di interventi di recupero o restauro della facciata esterna di edifici esistenti senza limitazioni per ciò che riguarda l'appartenenza catastale dello stabile di riferimento. L'unica condizione da osservare fa riferimento all'appartenenza degli immobili alle zone A e B, indicate nel decreto, o nelle zone a queste assimilabili secondo normative regionali e comunali. Appartengono alla zona A gli agglomerati urbani di carattere storico, artistico e di pregio ambientale o da parti di essi, comprese le aree circostanti considerate appartenenti agli agglomerati. La zona B interessa i territori totalmente o parzialmente edificati, diversi dalle zone A. Per considerarsi parzialmente edificata, la superficie coperta degli edifici esistenti deve essere uguale o superiore al 12,5% della superficie fondiaria della zona. Inoltre, il bonus è applicabile solo per le porzioni di facciata visibili da strada o da suolo pubblico. Gli interventi che appartengono al bonus si riferiscono alla sola pulitura o tinteggiatura esterna delle strutture opache della facciata, dei balconi, degli ornamenti o dei fregi (inclusi quelli di pulitura o tinteggiatura), delle strutture opache che interessano l'aspetto termico o comunque oltre il 10% della superficie disperdente lorda dell'edificio.

23. <https://www.ingenio-web.it/31608-pubblicato-il-decreto-bim-ecco-le-nuo-ve-scadenze-per-la-digitalizzazione-degli-appalti-pubblici>

Il decreto numero 312 del 02/08/2021²³ si pone come modifica del decreto numero 560 del 01/12/2017, attraverso il quale vengono introdotti metodi e strumenti di modellazione elettronica nell'ambito dell'edilizia. Si tratta del cosiddetto decreto BIM, non regolamentare, che si pone all'interno del contesto delle costruzioni, della modellazione e dell'ambito gestionale degli stessi. Lo scopo principale è quello di trattare il contesto pubblico rendendolo sempre più digitale in modo da poter usufruire di richieste dettagliate da parte della committenza e sviluppare una catena di connessione con i vari settori coinvolti. L'approccio potrebbe portare alla formulazione di istruttorie semi-automatiche per la classificazione dei nuclei abitativi nell'edilizia privata, in modo da essere destinate agli operatori economici in maniera più efficiente, questo anche in vista dei lavori pubblici. Le modifiche apportate ad alcuni articoli del decreto Baritono fanno riferimento:

- Alla dizione di modelli informativi, derivanti dalla norma ISO EN UNI 19650, che in caso di gara si dovranno rifare al piano di gestione informativa e sottoposto alla stazione appaltante.
- Al dettaglio della definizione di atto organizzativo visto come esposto del processo di gestione e controllo delle varie fasi.
- Al passaggio dalla dizione di "modello" a "modello informativo".
- L'utilizzo facoltativo della strumentazione e della metodologia elettronica in campo edile purché questi vengano inseriti a livello informativo nella programmazione.
- All'importo dei lavori e all'intervallo di tempo dedicati all'esecuzione degli stessi.
- All'obbligo di utilizzo delle procedure informative solo sopra la soglia del milione di euro.
- All'elaborazione del capitolato informativo, essenziale per la definizione dei proce-

dimenti riguardo alla modellazione e alla gestione informativa.

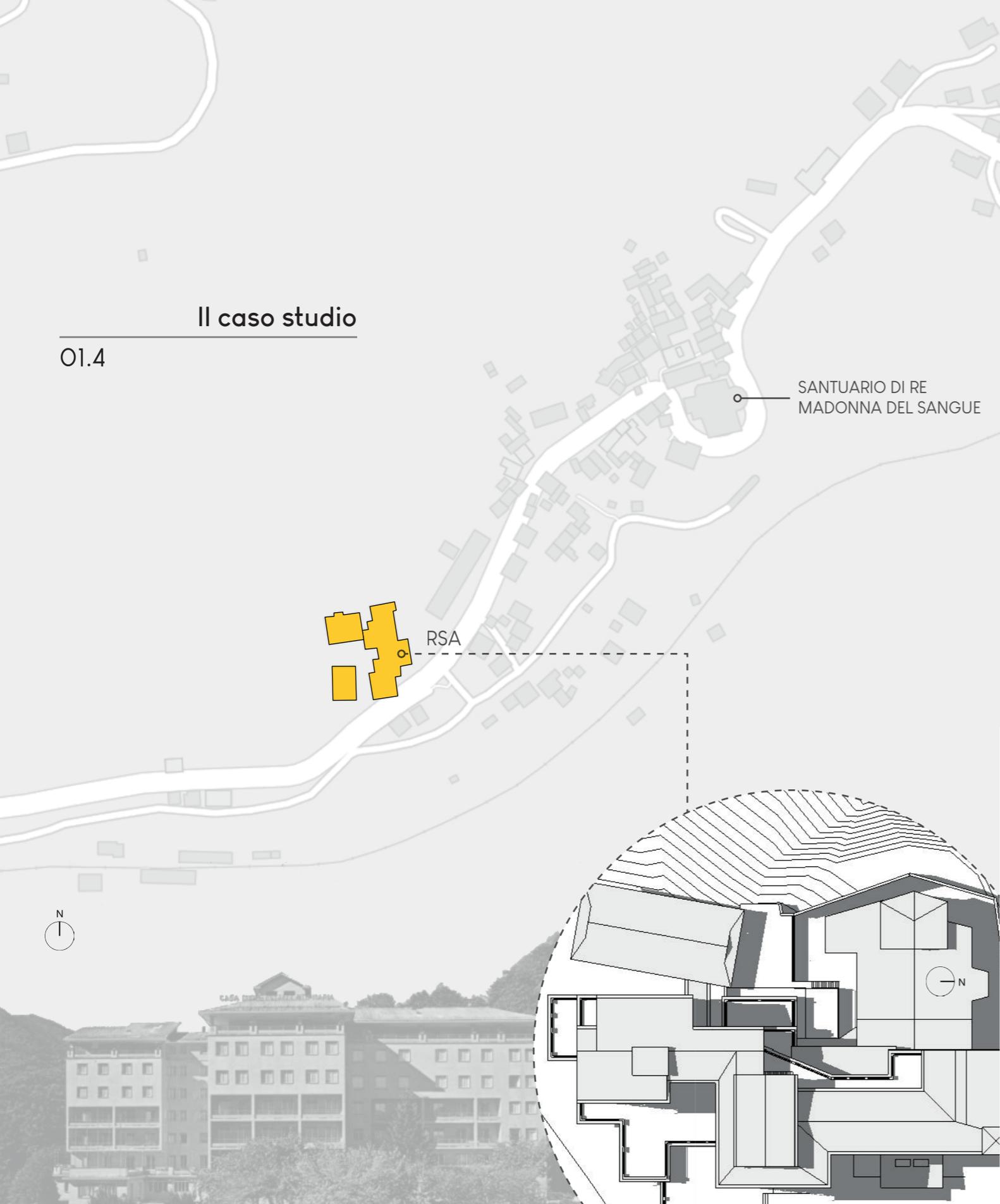
Così facendo sono state richiamate le specifiche tecniche come da Regolamento UE n.1025/2012:

- Le norme tecniche europee, che in Italia prendono il nome di UNI EN oppure UNI EN ISO e che non sono previste ma vanno citate nell'eventualità che queste diventino obbligatorie.
- Le norme tecniche internazionali, in Italia come UNI ISO, ad esempio le norme UNI EN ISO 19650 che trattano l'ambito metodologico e gestionale attraverso strumentazione tecnologica avanzata.
- Le norme tecniche nazionali, che si occupano degli aspetti non trattati dalle UNI EN e UNI EN ISO e che prendono il nome di UNI in Italia; le norme UNI 11337 introducono il capitolato informativo.

Nel caso non sia possibile l'utilizzo di specifiche tecniche possono essere adottati documenti normativi la cui validità sia comprovata, così come previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni. Viene inoltre introdotto l'aspetto legato alla gestione smart attraverso una modellazione informativa che comprenda sia le fasi di cantiere e sia l'utilizzo di strumentazione per la realtà aumentata. Ulteriori punti di riscontro sono gli aspetti legati alla tracciabilità e alla sicurezza. Nel primo caso viene puntualizzato il mantenimento dell'interoperabilità dei modelli nel tempo e la tracciabilità dei materiali ma anche delle fasi di produzione e montaggio in modo digitale, con lo scopo di avere maggiore controllo riguardo i costi e il ciclo di vita dello stabile nell'ottica di un approccio sostenibile. Per quanto riguarda la sicurezza si prevede l'ausilio di strumentazione digitale per il controllo della sicurezza in cantiere nelle diverse fasi, dalla verifica alle prestazioni e al monitoraggio.

Il caso studio

01.4



La scelta del caso studio nasce dalla volontà di proporre uno studio di applicabilità dei recenti incentivi messi a disposizione da parte dello Stato nel caso di una realtà come quella trattata. L'intenzione di eseguire un efficientamento energetico dello stabile nasce dalla proposta avanzata da parte delle Sorelle che vivono e gestiscono la struttura, le quali ci hanno offerto ospitalità durante il sopralluogo permettendoci di cogliere, in seguito al rilievo, le diverse caratteristiche e le complessità della struttura. L'edificio è particolarmente articolato dal punto di vista geometrico e dei volumi ma attraverso un'attenta modellazione è stato possibile comprenderne maggiormente la segmentazione e poter organizzare al meglio la valutazione energetica. Ciò ha permesso di ipotizzare diversi scenari di intervento in base agli incentivi fruibili, accostando un calcolo approssimativo degli investimenti e relativi guadagni e ritorni economici temporali. Si è tentato quindi di rendere il passaggio dal programma di modellazione Revit a quello di analisi energetica Termolog in qualche modo interattivo e immediato, almeno per quanto riguarda l'applicabilità dei vari incentivi disponibili, attraverso una correlazione di dati offerti da Termolog e trattati in associazione a quelli resi disponibili da Revit, all'interno del quale è stato realizzato un abaco di applicabilità. La possibilità di rendere il processo BIM to BEM un ciclo e non un percorso lineare e fine a sé stesso è l'obiettivo che ci ha permesso di articolare un punto di partenza per raggiungere tale scopo, mettendo in relazione i rispettivi programmi utilizzati a livello di dati forniti, nella speranza che possa essere un punto di partenza per ottenere un processo interattivo.

RSA Casa Cuore Immacolato di Maria

Il caso studio si colloca nel Comune di Re, nel Verbano-Cusio-Ossola, un paese sito in Valle Vigezzo, a soli 7 km dal confine con la Svizzera. Si tratta della Casa Cuore Immacolato di Maria, una residenza per anziani che nasce come luogo di accoglienza degli ammalati in cui il Monsignor Luigi Novarese svolse gli Esercizi spirituali a partire dal 1960. Sarà solo nel 2011 che la struttura prenderà il nome di Residenza Sanitaria Assistenziale. La realizzazione della struttura fu resa possibile dalle offerte di molti membri del Centro Volontari della Sofferenza in modo da rendere possibile la partecipazione degli ammalati agli Esercizi spirituali.

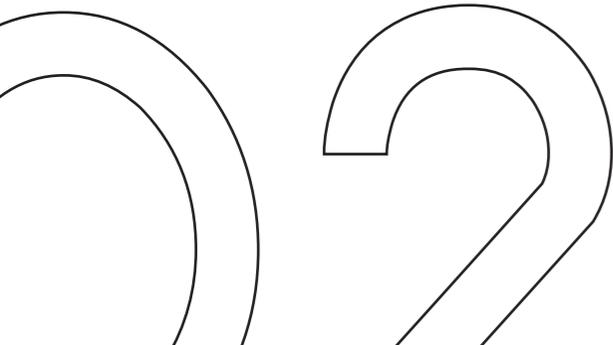
Lo stabile si compone di 8 piani, sviluppato su una superficie complessiva di 9.000 m², a cui vanno aggiunti i 6.000 m² del parco, che si articola nella porzione retrostante e ad Ovest dello stabile. Dato lo scopo che portò alla realizzazione della struttura vi è stato il particolare impegno di realizzare accessi e percorsi privi di barriere architettoniche. All'interno troviamo la disponibilità di disporre di 230 posti letto, una Cappella, l'Aula Magna, la Cripta, il Salone che viene utilizzato non solo per il soggiorno ma anche per gli incontri, un Pronto Soccorso, due refettori, un bar interno, la cucina, la dispensa, la lavanderia, il garage, i vari salottini, una biblioteca e una libreria.

La volontà di realizzare la struttura iniziò già a partire dal 1953 e nel corso degli anni, fino all'effettiva inaugurazione avvenuta l'11 ottobre 1959, i lavori subirono diverse fasi di fermo dovute alla mancanza di mezzi, sovente in concomitanza con la scarsa se non man-

cata disponibilità di fondi. Nel 1960 iniziarono le varie attività di esercizio e nel 1962 la FIAT donò la statua del Sacro Cuore, diventata il simbolo rappresentativo della struttura.

Fig.4_Antonio Giorgini, RSA Sacro Cuore Immacolato di Gesù. Nel mondo la prima Casa sorta per gli esercizi spirituali degli ammalati, p.14, 2010







Modello architettonico

02.1

BIM

La realizzazione di un modello BIM porta alla definizione di un risultato ad elevato grado di dettaglio, ottenendo un riscontro affidabile e preciso. Tra i primi aspetti da considerare vi sono sicuramente la geometria, la collocazione geografica ma anche la tipologia occupazionale e la tipologia di materiali impiegati nell'edificio. L'esecuzione del modello architettonico può essere ottenuta attraverso l'impiego di diversi software. Nel caso in questione è stato utilizzato Revit che permette di ottenere una revisione istantanea di ogni intervento e modifiche effettuate, avendo riscontro di tali trasformazioni anche rispetto all'aggiornamento degli abachi e dei computi. Il software offre la possibilità di operare al suo interno in modo distinto a seconda del settore di appartenenza: *Architettura*, per quanto riguarda la realizzazione del modello dal punto di vista volumetrico dettagliato, *Strutture* per quanto concerne lo sviluppo strutturale dello stabile e *Sistemi*, correlato al MEP, acronimo che sta ad indicare Mechanical, Electrical e Plumbing, ovvero l'insieme dei sistemi impiantistici. Revit lavora secondo uno schema organizzato gerarchicamente attraverso l'impostazione della famiglia, la quale conserva dati che non sono soltanto geometrici, raggruppando elementi con descrizione comune. All'interno della stessa

segue una successiva suddivisione che caratterizza diverse tipologie di famiglia: le famiglie di sistema, quelle caricabili e quelle locali. Per quanto riguarda la definizione del modello architettonico questa viene semplificata dall'importazione del file DWG, da cui si potrà erigere l'involucro e la distribuzione interna oltre alle varie caratteristiche geometriche. Il modello in questione è di tipo parametrico e le informazioni contenute al suo interno sono molteplici. Come precedentemente accennato, l'informazione relativa ai materiali impiegati nell'edificio è utile alla descrizione delle caratteristiche termo-fisiche, attribuiti nella finestra di proprietà per ciascun elemento, in aggiunta alle diverse caratteristiche dello stesso. Aspetto importante ai fini della determinazione delle informazioni quanto più complete e per le successive analisi effettuate sull'edificio, è la distinzione dei *Vani* e dei *Locali*. Ciò che distingue i due e che quindi comporta la scelta di utilizzare i vani piuttosto che i locali, è la tipologia di dati che, nel primo caso, si riferisce alle caratteristiche termiche e fisico tecniche e nel secondo alla geometria. Tali informazioni diventano rilevanti nell'esecuzione e definizione di un pacchetto di dati che funga da base per le opportune valutazioni energetiche. In stretta relazione a questo sorge la necessità di comprendere il grado di interoperabilità tra il software di modellazione e quello di analisi energetica che, in questo caso, risulta essere Termolog. Il livello di interoperabilità raggiunto tra i due permette di comprendere non solo la veridicità dei risultati ottenuti ma anche la loro fedeltà e valenza.



Con la norma europea UNI EN 17412-1,²⁴ viene introdotto il termine di Livello di Fabbisogno Informativo. Si tratta quindi di una norma UNI, come definito da Vienna Agreement, ammessa dal comitato CEN-CENLEC e specificata dal Comitato tecnico CEN/TC 442. Si può considerare l'affermarsi del LOIN (Level of Information Needed) come un'evoluzione del LOD (Level of Detail); si tratta di un passaggio necessario data la presenza di numerosi concetti controversi che spesso causavano situazioni ambigue nell'attuazione delle richieste esposte all'interno dei LOD. Una prima problematica è causata dall'interpretazione stessa dell'acronimo LOD, identificato sia come Level of Detail e sia come Level of Development. Ciò comporta una distinzione precisa tra livello di dettaglio e livello di sviluppo, i quali prevedono nel primo caso, l'informazione a livello quantitativo all'interno di un "contenitore" di informazioni, mentre il secondo considera l'evoluzione dell'informazione e quindi la stabilità del dato durante le varie fasi affrontate. Un ulteriore aspetto poco chiaro riguarda la finalità dei LOD, facendo una distinzione sul riferimento al modello o ai singoli oggetti che compongono il modello stesso.

Quindi l'assunto della normativa è quello di comunicare i motivi e i metodi di adozione di un determinato livello di fabbisogno informativo. Sovente, infatti, si ricade nell'errore di produrre un esubero di informazioni utili, perciò, il livello di fabbisogno informativo si propone di eludere tali problematiche ponendo come scopo la necessità di informazioni che l'oggetto dovrà garantire in base ai requisiti stabiliti e non focalizzandosi quindi sulle caratteristiche dell'oggetto come in avveniva in precedenza.

Un'ulteriore particolarità è dovuta al fatto che non dovranno più essere utilizzati acronimi, in questo caso LOIN, ma Livello di Fabbisogno Informativo o Level of Information Needed dovrà sempre essere scritto per esteso.²⁵

Nel dettaglio, il Livello di Fabbisogno Informativo, si articola secondo quante e quali informazioni devono appartenere all'oggetto basandosi su quattro aspetti: scopo, scadenze, attori (autori e destinatari), strutture di scomposizione (identificazione dell'oggetto dal punto di vista semantico, spaziale o funzionale). Chiaramente questa non è una distinzione netta che permette di collocare l'oggetto in questione all'interno di compartimenti predefiniti ma permette di inquadrare in modo generale l'oggetto in sé e le relative connessioni ad esso implicate, andando a definire un quadro di caratteristiche.

Il Livello di Fabbisogno Informativo si ottiene combinando tre tipologie di informazione: informazioni geometriche (forma, grandezza, dimensione e posizione), informazioni alfanumeriche (caratteri, cifre e simboli) e documentazione (relativa a un soggetto definito). Per ciascuna tipologia vengono disposti gli aspetti da prendere in considerazione. Le informazioni geometriche devono riferirsi a parametri quali:

Dettaglio: varia a seconda dello scopo. Ad esempio, nel caso di una porta, per la verifica delle interferenze è sufficiente inserire l'apertura mentre per una visualizzazione tridimensionale comunicativa è necessario definire la porta nelle sue caratteristiche (materiale, maniglia, ecc.)

24-25. <https://www.ingenio-web.it/29519-nuova-norma-uni-en-17412-1-dai-lod-al-livello-di-fabbisogno-informativo>

Dimensionalità: le dimensioni spaziali utili alla caratterizzazione dell'oggetto (1D, 2D, 3D).

Posizione: posizione e orientamento possono essere di tipo assoluto rispetto al sistema di riferimento o griglia oppure relativa, quindi rispetto ad un altro oggetto.

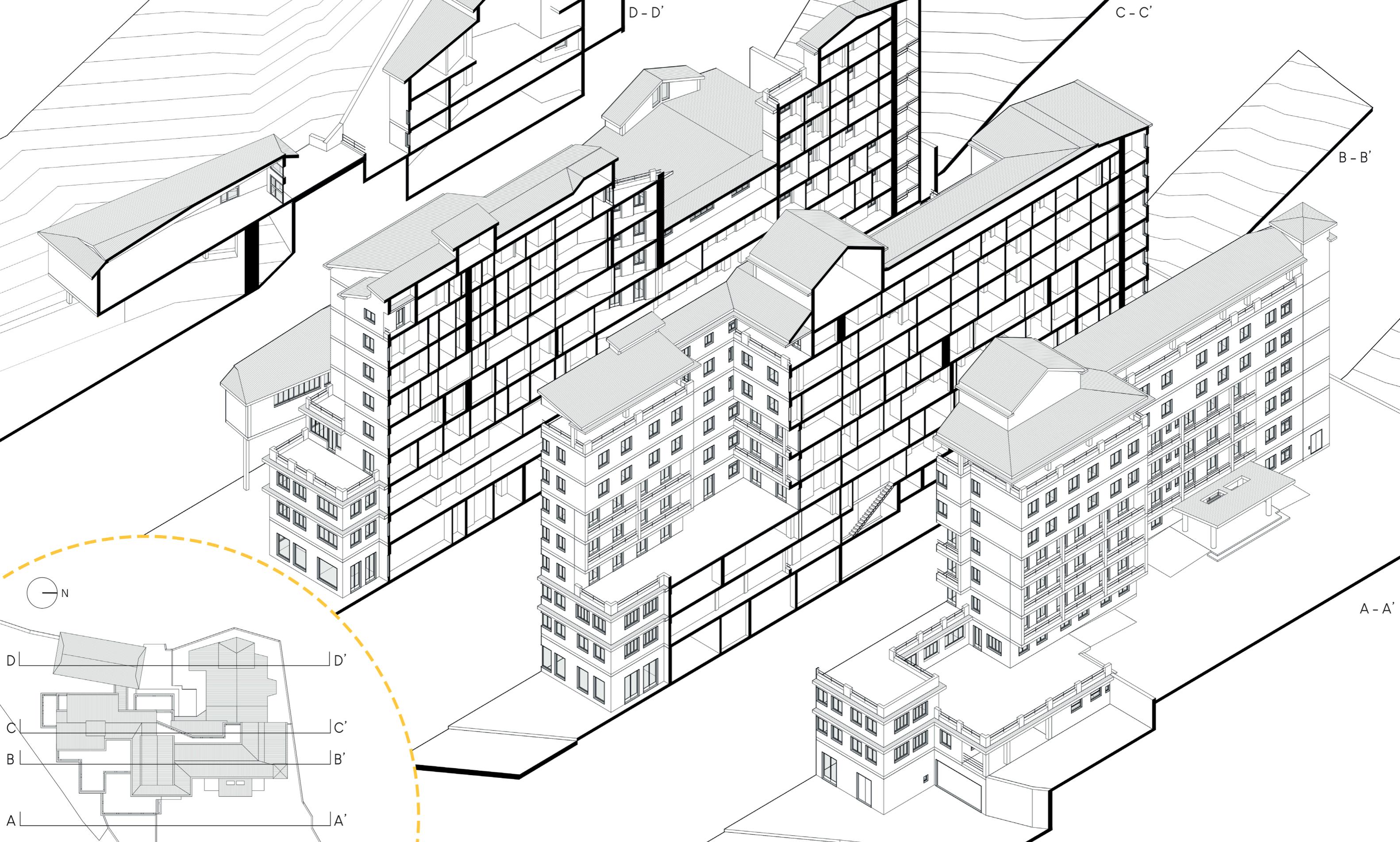
Aspetto: può variare dalla rappresentazione simbolica (tubi rossi e azzurri per indicare il passaggio di acqua calda o fredda), alla tematizzazione (materiali impiegati), fino all'aspetto realistico (textures).

Comportamento parametrico: definisce se forma, posizione e orientamento sono creati per essere dipendenti o meno dal contesto in cui sono inseriti. Il comportamento parametrico può essere completo, parziale o non richiesto e per capire ciò bisogna far riferimento alla tipologia di geometria adottata che può essere esplicita (confini non modificabili - geometrie BREP del formato IFC non parametrico), costruttiva (IFC parametrico estruso), parametrica (forme che permettono di riconfigurare l'oggetto).

Tali aspetti di parametricità vanno considerati ad esempio durante la realizzazione del modello tra diversi ambiti, come possono essere quello architettonico e quello strutturale. Le informazioni alfanumeriche vengono definite attraverso l'identificazione che permette la riconoscibilità dell'oggetto attraverso codifiche, indici, numerazioni, ecc. (ID). Fatto ciò, bisogna definire il contenuto, articolandolo secondo gruppi di informazioni, che permettano di stabilire la necessità di determinate categorie di informazioni rispetto a

definiti oggetti a seconda della fase affrontata.

La documentazione può presentarsi secondo diverse tipologie e forme, può trattarsi di manuali, rapporti, fotografie, documenti firmati, ecc. e avere la possibilità di collegamento diretto ad informazioni geometriche o alfanumeriche tramite link, allegati, QR-code. Infine, bisogna considerare l'aspetto relativo alla verifica e validazione che fa riferimento alla corretta specificazione e utilizzo dei livelli di fabbisogno informativo attraverso un piano in cui vengono riportate le diverse informazioni richieste. I vantaggi si riferiscono alla coerenza di schemi e modelli nella loro rappresentazione lungo l'intero processo. Tale norma si propone quindi come integrazione della definizione delle proprietà della norma UNI EN ISO 23386, la definizione degli schemi di dati UNI EN ISO 23387 e la definizione delle strutture di dati nella ISO 12006:3.

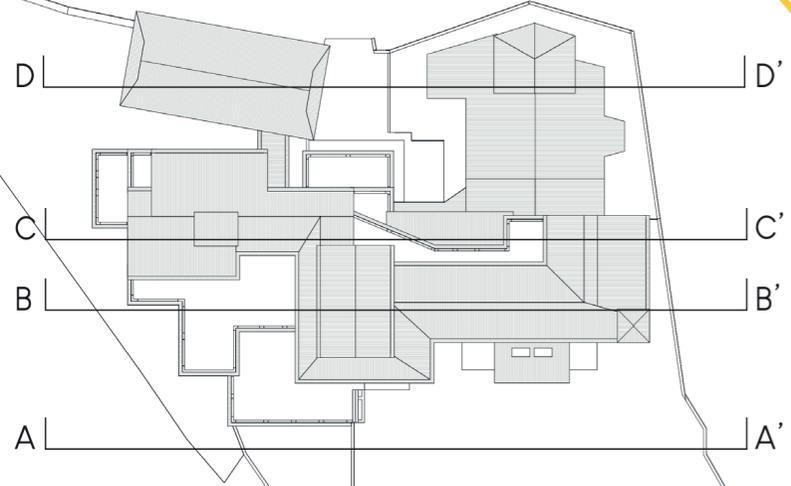


D - D'

C - C'

B - B'

A - A'



Interoperabilità

02.2

Con il termine interoperabilità, si intende la capacità di interscambio e di interazione dei dati fra sistemi differenti. L'obiettivo è di rendere il passaggio dei dati il più possibile affidabile e con il minimo margine d'errore, uniformando in questo modo il workflow e facilitando l'automazione. Con riferimento al Bim, l'interoperabilità rappresenta il punto centrale della metodologia, il cui lavoro è basato sulla possibilità di far collaborare le diverse discipline dalla fase di progettazione, realizzazione, sino alla manutenzione dell'edificio. Alla base di questa metodologia, infatti, l'attenzione viene posta su:

- collaborazione
- condivisione
- interoperabilità

Questo è possibile mediante formati di scambio Open Bim basati su standard aperti come, ad esempio, l'IFC. L'Open Bim indica un approccio innovativo volto alla cooperazione tra le diverse figure professionali coinvolte riunite nel settore AEC (architetti, ingegneri e costruttori). L'IFC e il gbXML sono formati globalmente riconosciuti, consentono l'interoperabilità tra software compatibili con i formati di scambio standardizzati, rendendo il processo il più possibile efficiente.

L'IFC e il gbXML rappresentano i formati maggiormente utilizzati.

I formati di scambio permettono il trasferimento di dati e geometrie necessari alla realizzazione di un formato fruibile indipendentemente dal programma di partenza utilizzato, consentendo in questo modo l'interoperabilità con i vari software d'interesse, in diversi campi d'impiego. Il suo utilizzo è maggiormente impiegato per calcoli di efficienza energetica, verifiche strutturali ed impiantistiche dell'edificio oppure nel caso in cui ci si trovi di fronte a un progetto che prevede la partecipazione di diverse figure professionali. Così facendo è possibile procedere agli aggiornamenti dei file in tempo reale, visionando eventuali modifiche o migliorie effettuate in tutti i campi disciplinari coinvolti.

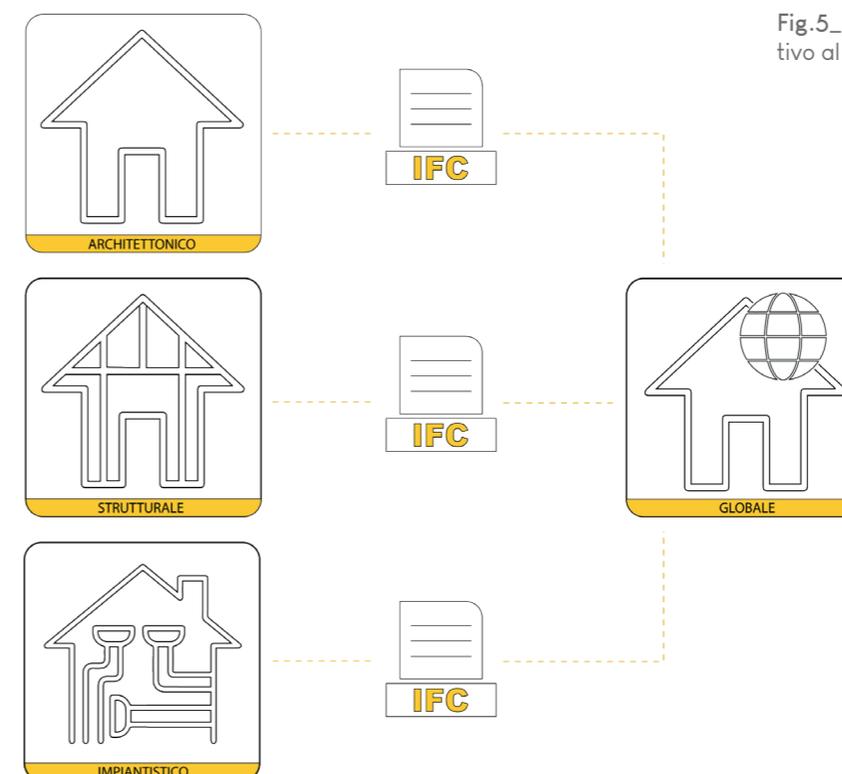


Fig.5_Schema esemplificativo relativo al modello IFC correlato

Formato IFC

26. <https://www.iso.org/standard/51622.html>

La necessità di standardizzare il formato IFC nasce dalla norma ISO 16739:2013²⁶ che rappresenta uno standard internazionale aperto e definisce le informazioni e i dati necessari all'intero ciclo di vita dell'edificio. L'ente che stabilisce gli standard di riferimento è BuildingSmart. La struttura di questo formato è gerarchica e consente una maggiore flessibilità nella creazione degli elementi, in quanto, ogni oggetto creato porta con sé le caratteristiche necessarie per descrivere una classe. Gli elementi generati avranno con sé un'informazione relazionata al tipo (*Type*) di oggetto creato (ad esempio IFCWindow che specifica che l'elemento creato è una finestra), alle proprietà fisiche e termiche e alle relazioni che l'oggetto creato avrà con altri elementi presenti all'interno del modello. Gli oggetti Host ne sono un esempio, in quanto ospitano al loro interno altri elementi come nel caso, a titolo esemplificativo, dell'elemento *Muro*, in grado di ospitare al suo interno altre famiglie quali porte e finestre. In quanto gerarchico, lo schema IFC prevede una lettura dall'alto verso il basso.

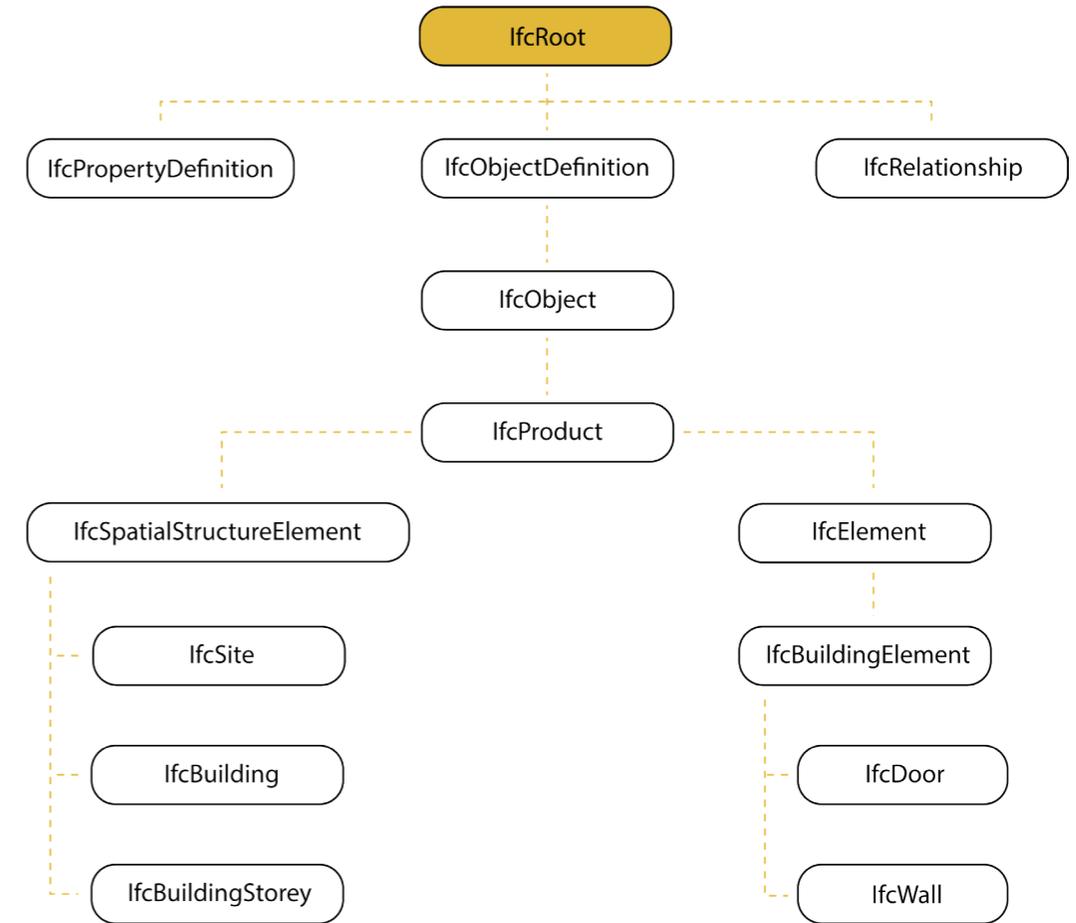


Fig. 6_Rielaborazione schema gerarchico IFC. BuildingSMART

Formato gbXML

Questo tipo di formato nasce a fine degli anni '90 negli USA e viene sviluppato da Green Building Studio. A differenza del formato precedentemente descritto, è nato per facilitare lo scambio delle informazioni da un ambiente di lavoro BIM verso i software di analisi/simulazione energetica. Il gbXML quindi è focalizzato all'ambito energetico e a differenza dell'IFC necessita la creazione di vani o locali direttamente all'interno del modello architettonico. La creazione di questi elementi permette la definizione delle superfici e dei volumi necessari per procedere con le analisi energetiche. Definiti questi, vi è la possibilità di identificare, in base alle necessità, tutte le superfici che delimitano il locale/vano riconoscendo superfici interne/esterne, quelle delimitanti, gli elementi d'involucro, le stratigrafie e le caratteristiche ad esse associate, quindi tutto ciò che viene a contatto con il locale/vano creato. Le informazioni vengono identificate con l'esportazione. Nelle più recenti versioni di Revit, è possibile verificare i volumi, così come le superfici del modello attraverso la visualizzazione dell'esportazione in forma grafica

Procedura seguita

Il formato scelto è l'IFC, utilizzato per procedere con i dovuti controlli e verifiche del modello, consentendo una minor perdita di dati utili. Per procedere all'esportazione del modello, nella scheda *File*, al comando *Esporta*, è possibile selezionare la voce IFC. Comparirà una finestra nella quale sarà possibile specificare la cartella di salvataggio dell'esportazione e indicare il tipo di configurazione del formato selezionabile dal menu a tendina alla voce *Configurazione attualmente selezionata*. I vari schemi di esportazione presenti sono i seguenti:

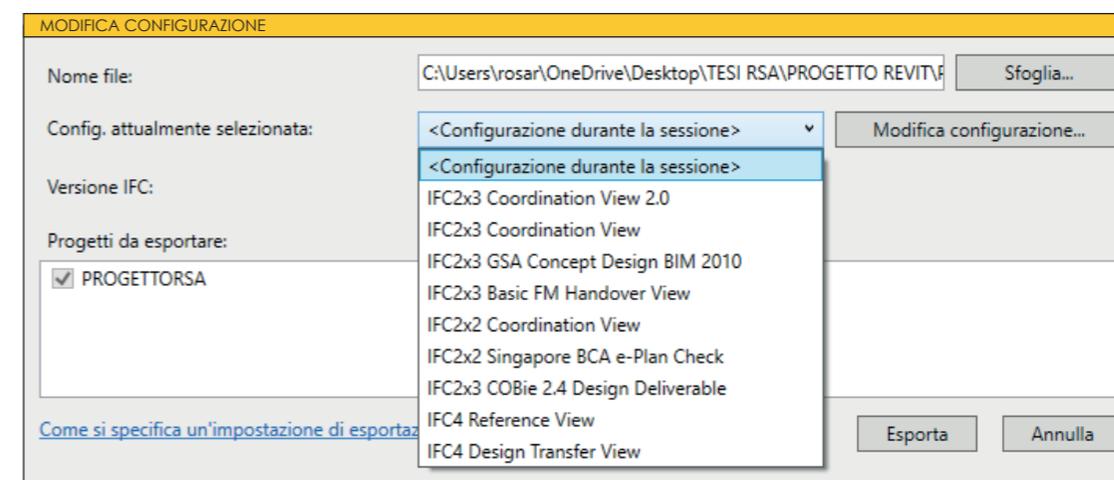
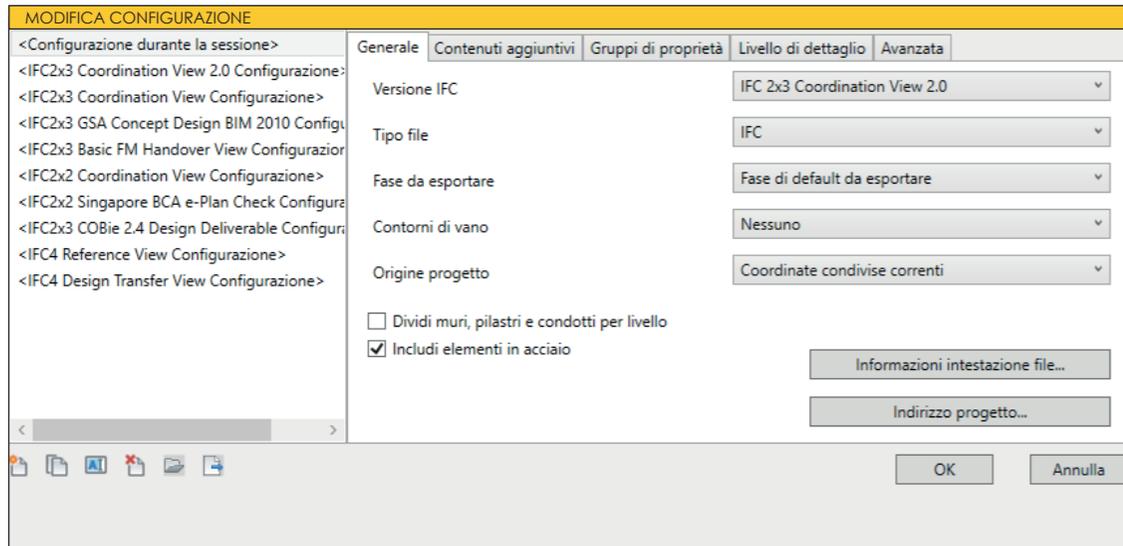


Fig.7_ Esportazione IFC. Revit

Cliccando la voce *Modifica configurazione*, è possibile modificare alcune caratteristiche attraverso le schede di selezione presenti.

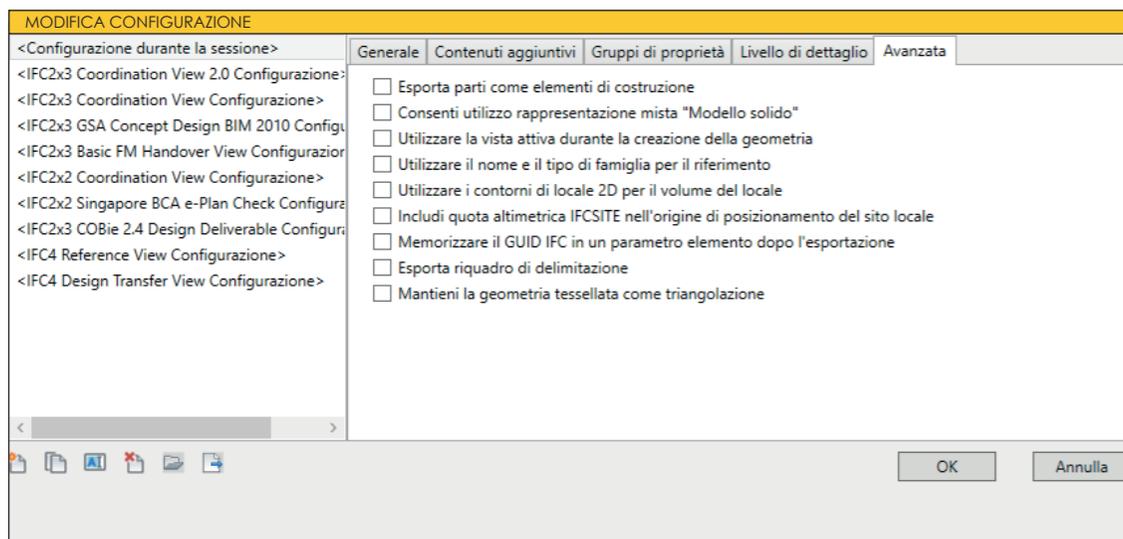
Una volta ultimati tutti i passaggi necessari alla configurazione del tipo d'importazione si può procedere al salvataggio del file.



Terminata la modellazione in ambiente Bim, il modello è stato depurato dalle diverse problematiche riscontrate, attraverso l'utilizzo di specifici visualizzatori quali Bim Collab e LogicalBimViewer. Il Manuale di Termolog ha consentito di evitare alcune tipologie di errori. Nonostante non sia stato risolutivo nei diversi problemi riscontrati, ha rappresentato una buona base di partenza per l'impostazione geometrica del modello importato.

Le verifiche eseguite, grazie all'utilizzo dei visualizzatori e del software di analisi energetica, sono necessarie per la risoluzione della maggior parte delle problematiche riscontrate. Si procede quindi per tentativi nella loro risoluzione.

Fig.8-9_Modifica configurazione di esportazione IFC. Revit



Modello energetico - BEM

02.3

La definizione del modello BEM per la realizzazione dell'analisi energetica prevede l'impostazione delle proprietà geometriche e termo-fisiche dell'edificio. Tali informazioni rappresentano i dati necessari al calcolo. Un ulteriore step centrale è rappresentato dall'individuazione dell'esatto posizionamento geografico del fabbricato, delle particolarità tecniche dell'involucro e dell'estensione degli ambienti climatizzati. Si tratta quindi di un modello parametrico ma distinto dal modello BIM in quanto i dati contenuti all'interno dei due software vengono elaborati in modo differente, restituendo un prodotto che mette in evidenza caratteristiche contestualizzate in base all'obiettivo preposto.

Così facendo si definisce un flusso che propone due modelli dissociati, determinando quindi una criticità dovuta a un processo non più lineare seppur da considerare comunque valido a livello gestionale, di tempo impiegato e risultati ottenuti. Il calcolo consente di generare i fabbisogni energetici e in funzione di questo il software elabora scenari di intervento con lo scopo di incrementare l'efficientamento energetico dello stabile anche in termini di costi impiegati e risparmio guadagnato.



Fig.10_Schema del workflow

Dal modello alla simulazione energetica

27.TermoLOG

Le diverse variabili che contribuiscono a formare lo scenario reale in cui si instaura l'edificio portano alla definizione di regimi di riferimento che possono essere di tipo statico o dinamico. La prima tipologia restituisce risultati in relazione al fabbisogno di energia primaria rispettivamente per periodo di riscaldamento e di raffrescamento. Il regime dinamico comporta l'utilizzo di valori di temperatura in condizione di attenuazione (UNI 52016),²⁷ assumendo quindi medie di riferimento e archi temporali più precisi, alla scala sub-oraria, considerando anche l'utilizzo effettivo che viene fatto da parte dell'utenza. I calcoli relativi alla simulazione energetica sono stati realizzati in regime stazionario mentre per quanto riguarda la diagnosi si è proceduto in regime dinamico. Tale differenza è dovuta alla tipologia di informazioni richieste e risultati attesi.

I dati richiesti per la simulazione stazionaria si riferiscono alla collocazione geografica a livello di comune di appartenenza dell'edificio in esame, alla sua composizione geometrica sommaria e la definizione degli impianti presenti. Le informazioni valutate per la simulazione dinamica si riferiscono al comportamento dell'edificio, alle caratteristiche dei materiali e le condizioni esterne sia a livello di possibili schermature fisiche e/o naturali e sia a livello di illuminazione. Chiaramente un'analisi di questo tipo comporta una conoscenza minuziosa dell'edificio sia dal punto di vista costruttivo e sia da quello impiantistico. La necessità di definire tali dati nasce dalla volontà di comprendere il comportamento dell'edificio e poter intervenire sullo stesso in modo efficace ai fini dell'efficientamento energetico.

Una valutazione energetica comporta una progettazione mirata e l'avvicinamento a un approccio olistico che permette di guardare al singolo caso con occhio critico e senza generalizzare. L'Italia, infatti, risulta avvantaggiata rispetto a quest'ultimo aspetto in quanto presenta alta varietà di conformazioni territoriali e ciò non facilita la standardizzazione delle casistiche.





Procedure BIM to BEM

02.4

La procedura BIM to BEM prevede come punto di partenza un modello BIM che possa fruire da input per la definizione del modello BEM. Il passaggio da un modello all'altro, sebbene consenta un buon trasferimento di informazioni geometriche, riporta alcune problematiche riguardo alla perdita di dati. L'esportazione del modello BIM è stata fatta in formato IFC, un formato di scambio che permette di ottenere il miglior rapporto in termini di transito di dati necessari alla definizione del modello energetico, ottenendo un risparmio anche a livello di tempo e automazione del processo. I benefici che si possono trarre dal modello BEM rispetto all'ambito energetico offrono la possibilità di monitorare e valutare anche aspetti considerati complessi a causa di determinate caratteristiche costruttive, basti pensare ad edifici storici o stabilimenti esistenti realizzati da diversi anni. La valutazione energetica preliminare consente di individuare gli aspetti che richiedono maggiore attenzione e poter intervenire attraverso operazioni che offrano soluzioni che incrementino l'efficienza energetica dell'edificio mediante scenari che monitorano la relazione tra intervento e costo. Sebbene le potenzialità siano numerose, il flusso di informazioni che passa dal BIM al BEM non è completamente automatico visto il verificarsi della

perdita di dati. Infatti, alcune informazioni energetiche vanno inserite manualmente nonostante siano già presenti all'interno del modello BIM.

Uno step fondamentale è la creazione di un modello architettonico semplificato che permetta di ridurre le criticità e di agevolare la comunicazione tra i software. Inizialmente sono state eseguite delle prove di esportazione per comprendere quali fossero effettivamente i dati esportati. Dopodiché sono stati realizzati alcuni parametri condivisi da assegnare al modello. Nonostante i parametri siano stati trascritti correttamente nella *PropertySet (Pset)*, alcuni di essi non vengono esportati nel formato IFC. Nello specifico, nel caso in esame, si tratta di *IfcWindowStyle*, benché sia mappato correttamente all'interno delle impostazioni di Revit.

La realizzazione di un modello energetico EAM (Energy Analysis Model) parte da un modello BIM che contiene informazioni basilari quali la collocazione del modello, le caratteristiche dell'involucro e le volumetrie degli ambienti riscaldati e no. Una volta eseguito il passaggio dal software BIM al software BEM, vengono determinati dati aggiuntivi e definito il modello energetico attraverso il quale poter determinare le prestazioni energetiche dell'edificio.

WORK- FLOW FOR INTERO- PERABI- LITY

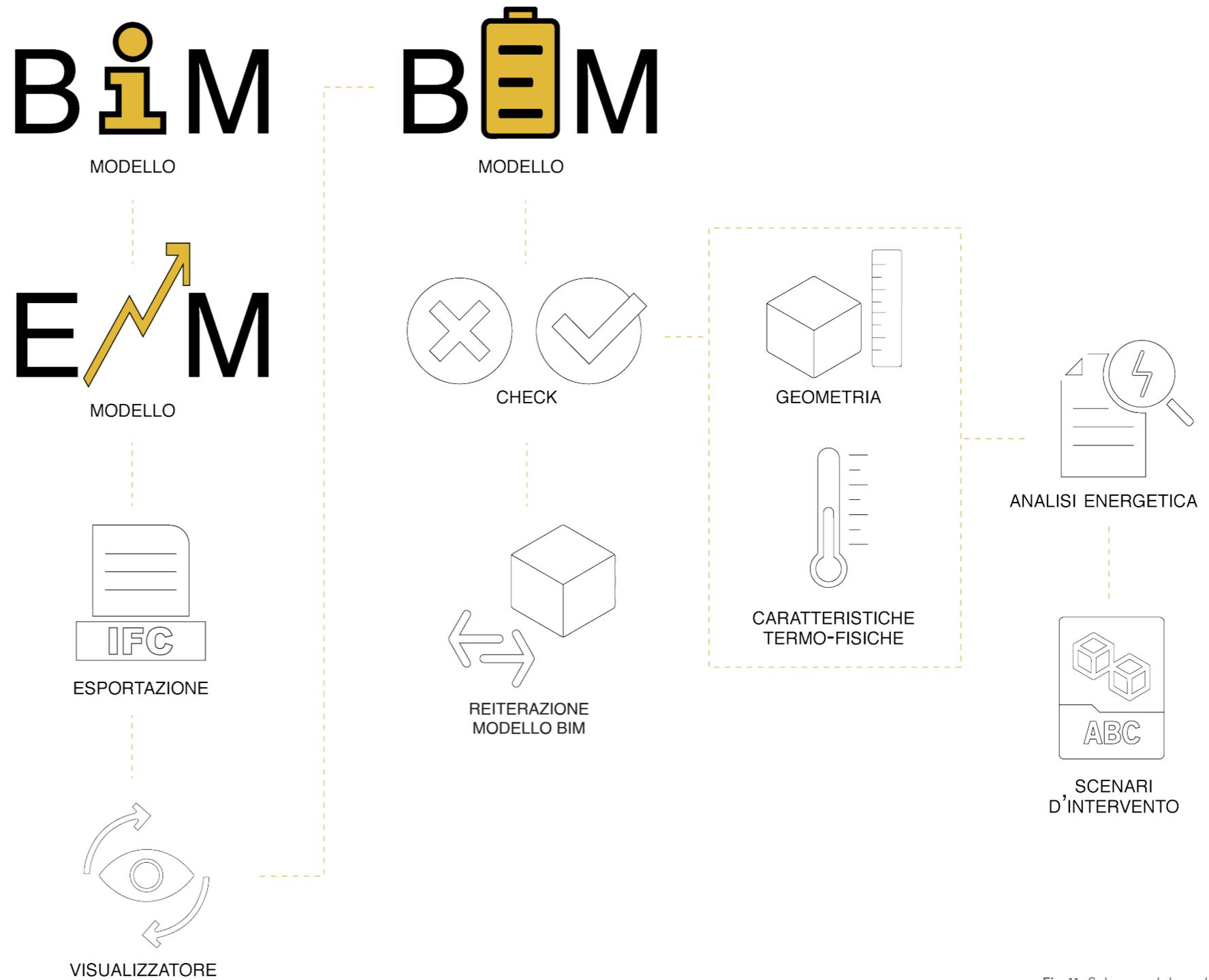
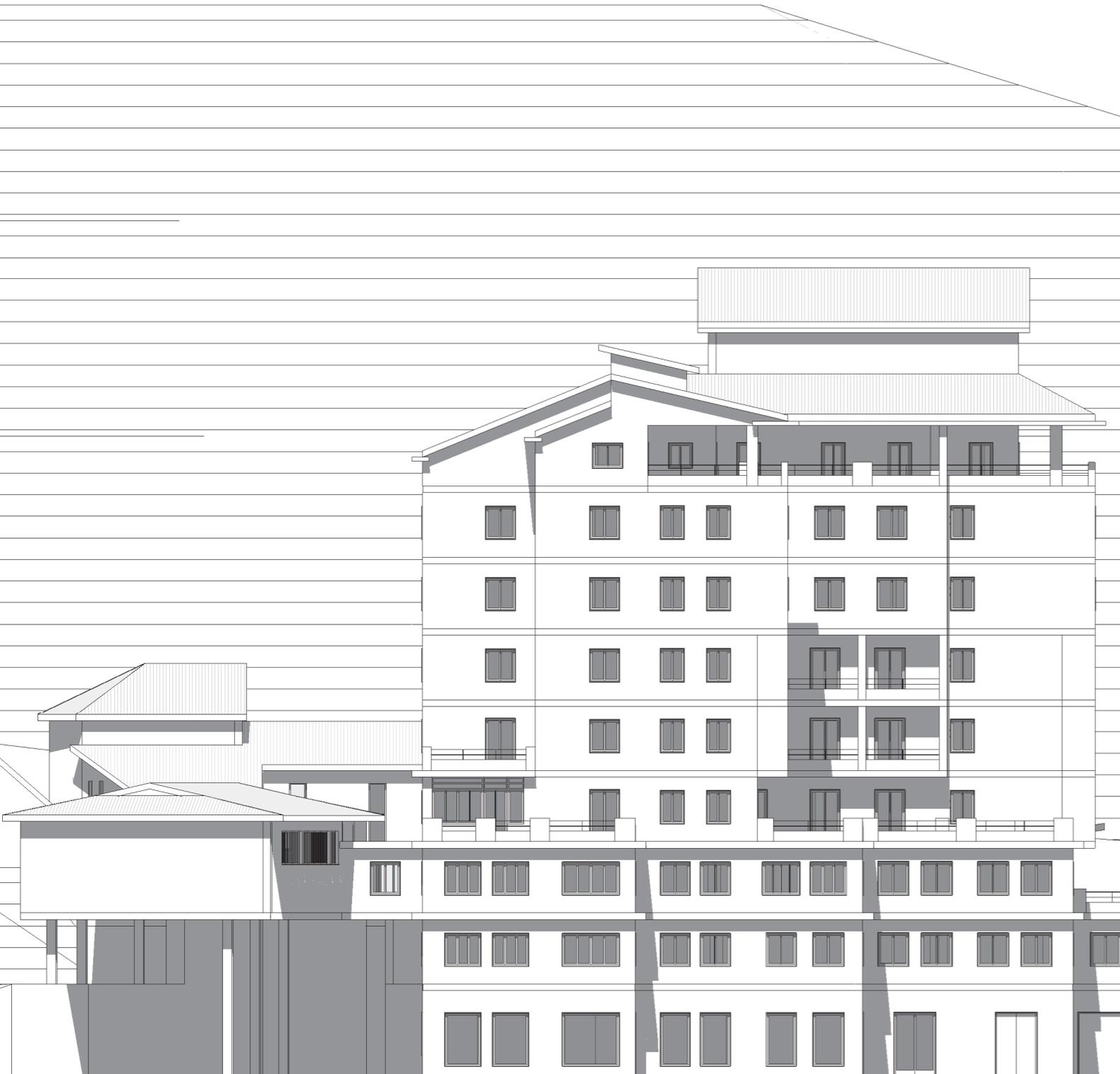


Fig.11_Schema del workflow in relazione all'interoperabilità

ARCHITETTONICO DETTAGLIATO



ARCHITETTONICO SEMPLIFICATO



Il caso studio, come precedentemente descritto, si presenta particolarmente articolato e si colloca su territorio montano. Il terreno lavora quindi su più livelli, caratteristica che è stata omessa nella realizzazione del modello semplificato. Ulteriori semplificazioni eseguite sul modello riguardano l'esclusione dei parapetti, dei pilastri e delle scale.

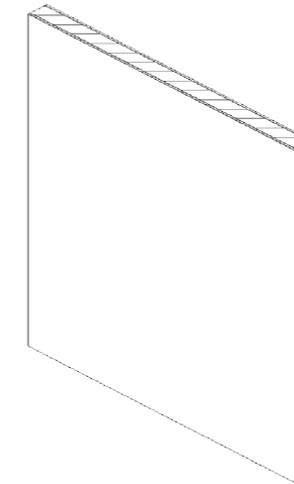
Per la modellazione architettonica è stato scelto il software Revit 2020, un prodotto Autodesk che offre larga compatibilità con altri programmi utilizzati nel settore edile. Per quanto riguarda invece l'ambito energetico è stato selezionato TermoLOG 11, un prodotto di Logical Soft che permette di importare file esportati in formato IFC e che combina strumenti per la modellazione parametrica con quelli di diagnosi e simulazione energetica dinamica. TermoLOG consente di operare per singoli moduli oppure attraverso l'integrazione di più essi e stila diverse applicazioni, tra cui la redazione di APE, APE Smart, l'impiego di criteri di riferimento quali CasaClima e i Criteri Ambientali Minimi, ma anche aspetti progettuali legati a nZEB, alle pratiche e alle linee guida ENEA, oltre ai vari bonus fiscali. In aggiunta vengono considerati anche i settori impiantistico e di contabilizzazione, rispettivamente a livello di progetto e pratiche e di contabilizzazione e ripartizione delle spese.

Un'attenta analisi svolta durante il sopralluogo ha permesso di comprendere l'edificio nella sua interezza e nelle sue caratterizzazioni. La modellazione architettonica è un processo che richiede una conoscenza approfondita del modello reale, sia nella sua composizione a livello stratigrafico e sia a livello informativo e comportamentale, definendo aspetti legati all'ambito energetico. Per una modellazione considerata efficiente ai fini dello scopo preposto risulta necessario applicare un filtro alle informazioni raccolte, in modo da ottenere un modello che risponda alle esigenze definite in partenza e al livello di informazioni necessarie. Successivamente all'importazione del file CAD dei vari piani dell'edificio, l'impronta

principale da impostare su Revit per ottenere una base guida nella modellazione sono i livelli, considerati fondamentali nella creazione dei vari piani, quindi delle geometrie e degli spazi funzionali, in quanto direttamente collegati per associazione ai vari livelli. All'interno del software vi è la possibilità di fruire di due tipologie di Nord: il Nord reale e quello di progetto. Il primo consente la collocazione esatta dell'edificio nello spazio mentre il secondo permette di ruotare e lavorare su diversi orientamenti senza modificare l'ubicazione esatta del modello. La scelta di utilizzare come riferimento il Nord reale, selezionato alla voce *Acquisisci coordinate* nella sezione *Gestisci*, è dovuta all'esecuzione delle successive simulazioni energetiche, le quali necessitano dati geo-referenziati per ottenere risultati validi. La stratigrafia dei muri, del tetto, dei solai e delle varie componenti dell'edificio è stata realizzata selezionando i materiali dall'elenco dei materiali AEC,²⁸ i quali comprendono le caratteristiche termo-fisiche necessarie per le successive analisi energetiche. Di seguito vengono riportate alcune stratigrafie.

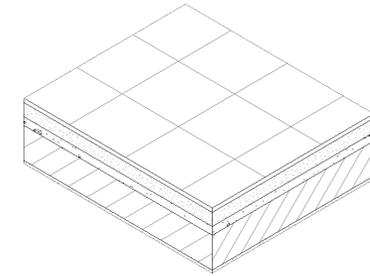
Chiusura verticale interna

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| M_IN | |
| Intonaco | 10mm |
| Mattone forato | 80mm |
| Intonaco | 10mm |
| | |
| Spessore totale | 10cm |
| Massa Termica | 7.41kJ/K |
| Resistenza termica (R) | 0.3704(m ² K)/W |
| Coeff. di scambio termico (U) | 2.7000 W/(m ² K) |



Partizione interna orizzontale

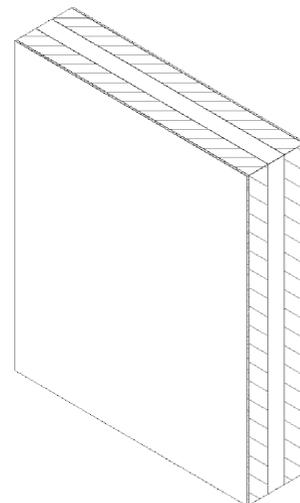
| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| P_VI | |
| Piastrelle | 15mm |
| Sottofondo | 70mm |
| Calcestruzzo | 40mm |
| Pignatta | 160x250x420mm |
| Intonaco | 15mm |
| | |
| Spessore totale | 30cm |
| Massa Termica | 34.03kJ/K |
| Resistenza termica (R) | 0.5970 (m ² K)/W |
| Coeff. di scambio termico (U) | 1.6853 W/(m ² K) |



Per quanto riguarda i serramenti, questi sono stati realizzati attraverso la creazione di famiglie caricabili, ciascuna delle quali contenente i diversi tipi di finestre esistenti.

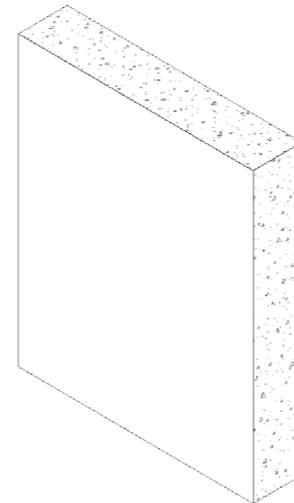
Chiusura verticale esterna

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| M_ES | |
| Intonaco | 10mm |
| Mattone forato | 120mm |
| Intercapedine d'aria | 100mm |
| Mattone forato | 120mm |
| Intonaco | 10mm |
| | |
| Spessore totale | 36cm |
| Massa Termica | 24.47kJ/K |
| Resistenza termica (R) | 0.7059 (m ² K)/W |
| Coeff. di scambio termico (U) | 1.4167 W/(m ² K) |



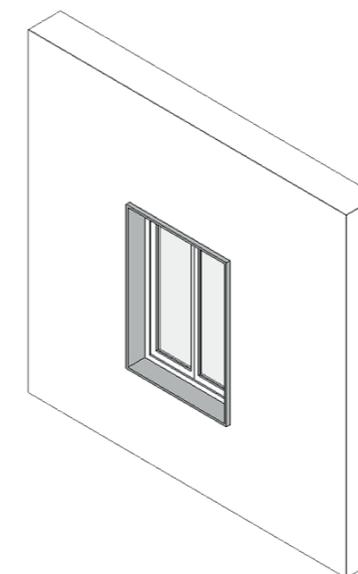
Chiusura verticale esterna

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| M_CA | |
| Calcestruzzo armato | 300mm |
| | |
| Spessore totale | 30cm |
| Massa Termica | 42.12kJ/K |
| Resistenza termica (R) | 0.2868 (m ² K)/W |
| Coeff. di scambio termico (U) | 3.4867 W/(m ² K) |



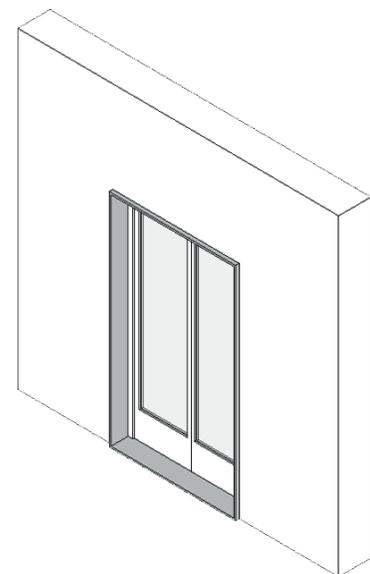
Finestra

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Serramento a doppia anta | |
| Telaio in ferro | 70mm |
| Vetro singolo | 4mm |
| | |
| Dimensioni | 110x155cm |
| Area | 1.71m ² |
| Resistenza termica (R) | 0.1602 (m ² K)/W |
| Coeff. di scambio termico (U) | 6.2439 W/(m ² K) |



Porta finestra

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Serramento a doppia anta | |
| Telaio in ferro | 70mm |
| Vetro singolo | 4mm |
| | |
| Dimensioni | 140x210cm |
| Area | 294m ² |
| Resistenza termica (R) | 0.1492 (m ² K)/W |
| Coeff. di scambio termico (U) | 6.7018 W/(m ² K) |



La creazione dei vani è un passaggio necessario per la definizione degli ambienti climatizzati e no. Ciò permette successivamente al software energetico di identificare le entità utili all'analisi a livello plano-volumetrico.

La creazione dei parametri condivisi permette loro di essere utilizzati in diversi progetti, velocizzando il processo e realizzando un pacchetto in informazioni standard predefiniti. Essi vengono assegnati ai progetti o alle famiglie e si presentano sotto forma di file di testo indipendenti. È preferibile quindi utilizzare parametri condivisi, data la loro versatilità, rispetto ai parametri di progetto.

Il fondamento dell'applicazione del Superbonus 110% prevede un salto di almeno due classi energetiche in seguito all'attuazione degli interventi migliorativi previsti da normativa. Perciò successivamente alle opportune analisi energetiche e alla verifica della condizione imposta, è stato creato, in ambiente Revit, un sistema di convalida e controllo rispetto ai vincoli imposti dalla normativa. Sono state quindi realizzate alcune tabelle avvalendosi di parametri condivisi e no.

In un primo momento, attraverso una base catastale di riferimento contenente dati plano-volumetrici, si è data una validità delle informazioni riportate, rispetto a quelle calcolate nel modello realizzato, considerando un margine d'errore del 10%. Questo è stato reso possibile attraverso la creazione di Vani raggruppati in Zone che rispecchiassero in maniera del tutto analoga i subalterni individuati a livello catastale. Una volta ultimato questo passaggio si è avviato il controllo dei dati attraverso la re-

alizzazione di un abaco con la presenza di specifici campi: livello, zona, area, volume. Oltre alla presenza dei campi citati, vi è stata la necessità di creare dei *Parametri calcolati* di aree e volumi dei rispettivi subalterni al fine di procedere all'introduzione di un *Formato condizionale*. Attraverso il suo utilizzo è stato possibile effettuare un check delle informazioni riportate attraverso la colorazione delle rispettive caselle che tenessero in considerazione un'oscillazione del valore inserito nell'ordine del 10%.

| SUPERFICIE E VOLUME SUBALTERNO 1 | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|---------|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| LIVELLO | AREA | ZONA | VOLUME | AREA SUBALTERNO CONDIZIONE 10% | VOLUME SUBALTERNO CONDIZIONE 10% |
| ZONA TERMICA SUBALTERNO1 | 1374.67 m ² | ZT_Sub1 | 3972.60 m ³ | - | - |

| SUPERFICIE E VOLUME SUBALTERNO 2 | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|---------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| LIVELLO | AREA | ZONA | VOLUME | AREA SUBALTERNO CONDIZIONE 10% | VOLUME SUBALTERNO CONDIZIONE 10% |
| ZONA TERMICA SUBALTERNO2 | 8429.22 m ² | ZT_Sub2 | 28015.39 m ³ | 9723 m ² | 26000 m ³ |

| SUPERFICIE E VOLUME SUBALTERNO 3 | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|---------|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| LIVELLO | AREA | ZONA | VOLUME | AREA SUBALTERNO CONDIZIONE 10% | VOLUME SUBALTERNO CONDIZIONE 10% |
| ZONA TERMICA SUBALTERNO3 | 1380.54 m ² | ZT_Sub3 | 3852.60 m ³ | 1504 m ² | 3500 m ³ |

Fig.12-13-14_Tabella relativa alle superfici e ai volumi dei subalterni. Revit

Nel secondo abaco, in modo analogo, è stato eseguito un controllo sui totali di area e volume non considerando più i subalterni.

Fig.15_Tabella relativa alla superficie e al volume totale dell'edificio. Revit

| SUPERFICIE E VOLUME TOTALE | | | |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------|
| AREA | AREA TOTALE CONDIZIONE 10% | VOLUME | VOLUME TOTALE CONDIZIONE 10% |
| 11184.43 m ² | 11227 m ² | 35840.59 m ³ | 33472 m ³ |

Vista l'impossibilità di creare un abaco con la selezione di più elementi quali muri, pavimenti, tetti e finestre, per procedere alla verifica del totale delle superfici disperdenti si è proceduto per step, al fine di calcolare i totali parziali delle voci elencate. Per l'elemento *Muro*, i campi necessari al calcolo del totale parziale di superficie disperdente sono i seguenti: *Famiglia* e *Tipo*, *Area*, *Funzione*. Quest'ultima è utile per identificare se la funzionalità delle pareti sia esterna o interna. Al fine del calcolo è stato applicato un filtro sulla voce *Funzione* per mostrare in tabella solo le murature esterne presenti nel progetto. Con la creazione del parametro condiviso *Superficie disperdente* è stato possibile escludere alcune murature dal calcolo dei totali.

Fig.16_Tabella relativa alle pareti esterne disperdenti. Revit

| PARETI ESTERNE DISPERDENTI | | | | |
|----------------------------|--------------------------|------------------------|----------|-------------------------------------|
| FAMIGLIA | FAMIGLIA E TIPO | AREA | FUNZIONE | SUPERFICIE DISPERDENTE |
| MURO DI BASE | MURO DI BASE: M_ES | 4185.84 m ² | ESTERNO | <input checked="" type="checkbox"/> |
| MURO DI BASE | MURO DI BASE: M_ES_AM | 277.82 m ² | ESTERNO | <input checked="" type="checkbox"/> |
| MURO DI BASE | MURO DI BASE: M_ES_CH | 584.31 m ² | ESTERNO | <input checked="" type="checkbox"/> |
| MURO DI BASE | MURO DI BASE: M_ES_NR_35 | 277.50 m ² | ESTERNO | <input checked="" type="checkbox"/> |

Per quanto riguarda i tetti, la creazione dell'abaco ha seguito in maniera analoga quel-

la dei muri, ad esclusione della voce *Funzione* che non risulta presente nei parametri preimpostati all'interno di Revit. Nel caso specifico, ai fini del calcolo, la presenza del sottotetto non riscaldato ha indotto a tenere in considerazione solo il solaio posto all'ultimo piano. La creazione dell'abaco *Solai disperdenti* allo stesso modo è coerente con la creazione di quella dei muri. La possibilità di escludere alcuni elementi attraverso la creazione del parametro condiviso *Superficie disperdente* precedentemente descritto per l'elemento muro, si compone di un semplice flag. La possibilità di spuntare o meno la casella permette l'inclusione o esclusione di tali elementi che, al fine del calcolo energetico, potrebbero risultare utili o non necessari. Per portare a termine il calcolo delle superfici disperdenti parziali, con l'abaco *Serramenti* si conclude la prima parte della creazione delle tabelle necessarie al calcolo dei totali. In questa sezione i campi presenti per le Finestre riguardano: *Famiglie* e *Tipo*, *Altezza* e *Larghezza*. Per il calcolo delle aree, è stato creato un parametro condiviso realizzato all'interno dell'editor *Famiglie*.

Terminato il processo di creazione degli abachi riferita agli elementi sopracitati, è stata definita una tabella utile alla verifica della superficie minima d'intervento e all'indicazione delle Classi Energetiche Ante e Post intervento. La selezione di un campo ipotetico tra gli elementi elencati (muri, pavimenti, tetti, finestre) è servito come base per la creazione dell'abaco, al quale sono stati aggiunti differenti parametri calcolati relativi a:

SUPERBONUS 110%

| PARETI m ² | PARETI D'INTERVENTO m ² | PARETI €/m ² | PARETI D'INTERVENTO € | SERRAMENTI m ² | SERRAMENTI D'INTERVENTO m ² | SERRAMENTI €/m ² | SERRAMENTI D'INTERVENTO € | PAVIMENTI m ² | COPERTURA m ² | TOTALE DISPERDENTE m ² | SUPERFICIE D'INTERVENTO ≥ 25% | CLASSE ENERGETICA ANTE | CLASSE ENERGETICA POST | SALTO DUE CLASSI |
|--------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| 5325.47 | 5188.26 | 60 | 311295.6 | 1233.234 | 1015.45 | 450 | 456952.5 | 4187.71 | 304.79 | 11051.204 | 6203.71 | D(7) | B(5) | 5 |

Fig.17_Tabella relativa all' applicazione del Superbonus 110% sulle superfici d'intervento in relazione alla verifica del valore minimo al 25% e al superamento di almeno due classi energetiche

- Superfici disperdenti dei singoli elementi,
- Superficie d'intervento ipotetica,
- Costo al m² per superficie d'intervento
- Totale superficie disperdente
- Superficie d'intervento minima accettabile (attraverso l'utilizzo di un formato condizionale)
- Classe energetica ante
- Classe energetica post (formato condizionale)

Il meccanismo di creazione di tali tabelle è risultato alquanto artificioso. Infatti, le limitate capacità offerte dall'ambiente Revit nella creazione degli abachi, rende complesso il metodo adottato. L'impossibilità di inserire gli elementi all'interno di uno stesso abaco rende il percorso di verifica delle superfici disperdenti piuttosto macchinoso, evitando però, al contempo, di far riferimento ad altri software per il controllo. Ovviamente la verifica è stata realizzata per la superficie disperdente minima necessaria d'intervento, indispensabile per l'accesso al Superbonus 110%.

La presenza delle informazioni relative alla certificazione energetica dello stato di fatto e di quella relativa al post-intervento necessitano, invece, dell'utilizzo di un software di analisi energetica per l'identificazione della classe d'appartenenza o del semplice inserimento del dato mancante. L'informazione relativa alla certificazione è stata introdotta attraverso l'utilizzo di un parametro di progetto visualizzabile all'interno delle informazioni di progetto. L'impossibilità di creare un parametro condiviso di tale informazione non permette la visualizzazione del dato all'interno del file IFC. Dunque, vi è la necessità di definire un ulteriore modello riferito alle sole masse che consenta l'inserimento di un parametro condiviso per la visualizzazione del dato.

Prima di compiere l'esportazione è possibile selezionare le informazioni da esportare attraverso le varie configurazioni del file in formato IFC. In seguito a numerose prove di esportazione la versione che permette di ottenere il maggior numero di informazioni utili, eliminando quelle che vengono considerate superflue ai fini dell'analisi energetica, è IFC 2x3 coordination view 2.0 attraverso la quale è automaticamente spuntata la voce esporta gruppi di proprietà IFC comuni.

Effettuando l'importazione su TermoLOG i principali dati di riferimento risultano essere quelli climatici, quelli di involucro, quelli impiantistici e quelli relativi all'utenza. Il primo step è stato quello di visualizzare il modello esportato in formato IFC attraverso visualizzatore, utilizzandone due tipologie in modo da ottenere un confronto tra i due ed eventuali problematiche riscontrabili a livello di geometria e di corretta esportazione dei dati necessari. Il primo visualizzatore considerato è BIMcollab (BIM Collaboration Format), una piattaforma cloud in grado di connettere eventuali problematiche provenienti dal software BIM che, in questo caso, è Revit. In particolare, dal menu a sinistra è possibile selezionare categorie di informazioni e automaticamente il modello si colorerà secondo la legenda ad essa appartenente, consegnando informazioni a seconda delle caratteristiche considerate. Le colorazioni sono editabili manualmente e a seconda della categoria possono essere presenti diverse voci con altrettante relative colorazioni. A titolo esemplificativo, di seguito, una prova di visualizzazione eseguita per la voce di informazioni relativa alla categoria *Insieme di proprietà (elementi esterni)*. Le porzioni colorate di rosso indicano la presenza di errori che, in questo caso, si riferiscono alla mancata assegnazione alle pareti della proprietà esterno. Ne consegue che le porzioni di colore verde soddisfano le informazioni interrogate. Ciò significa che il visualizzatore offre l'opportunità di interagire in maniera diretta ed intuitiva con il modello a seconda delle impostazioni definite su Revit, selezionando dal menu a tendina l'ambito di interesse.

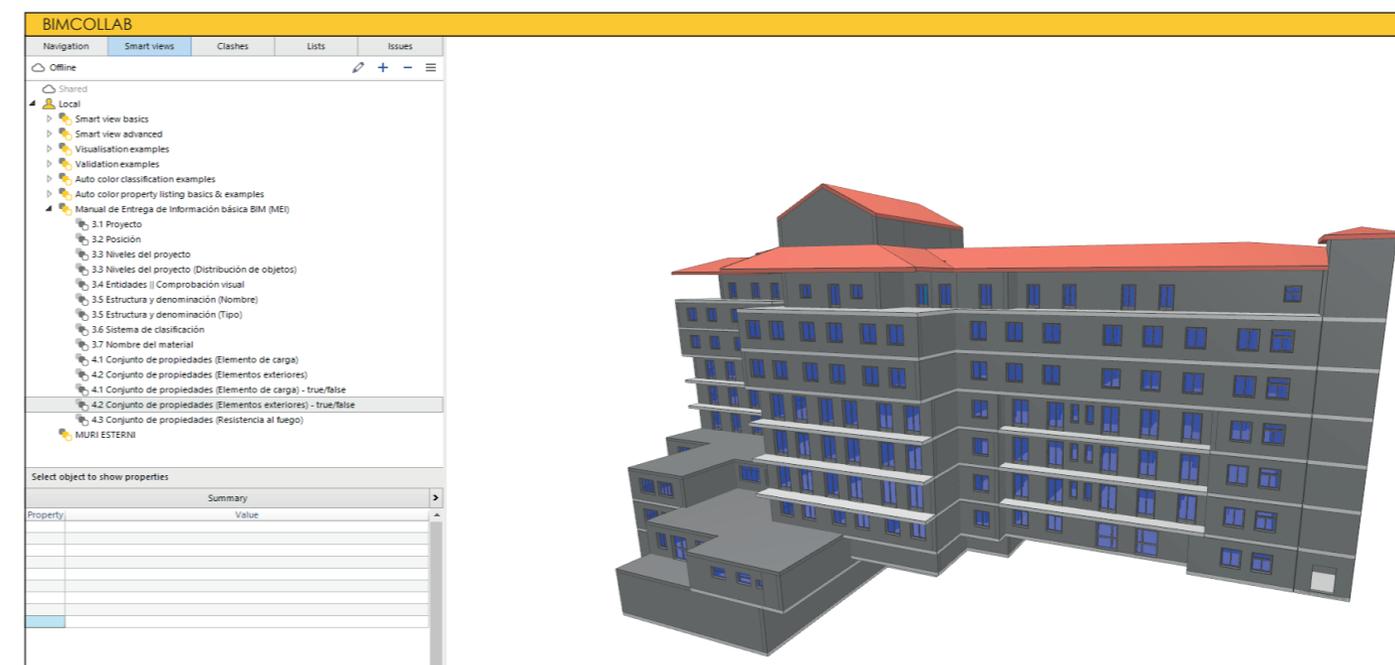
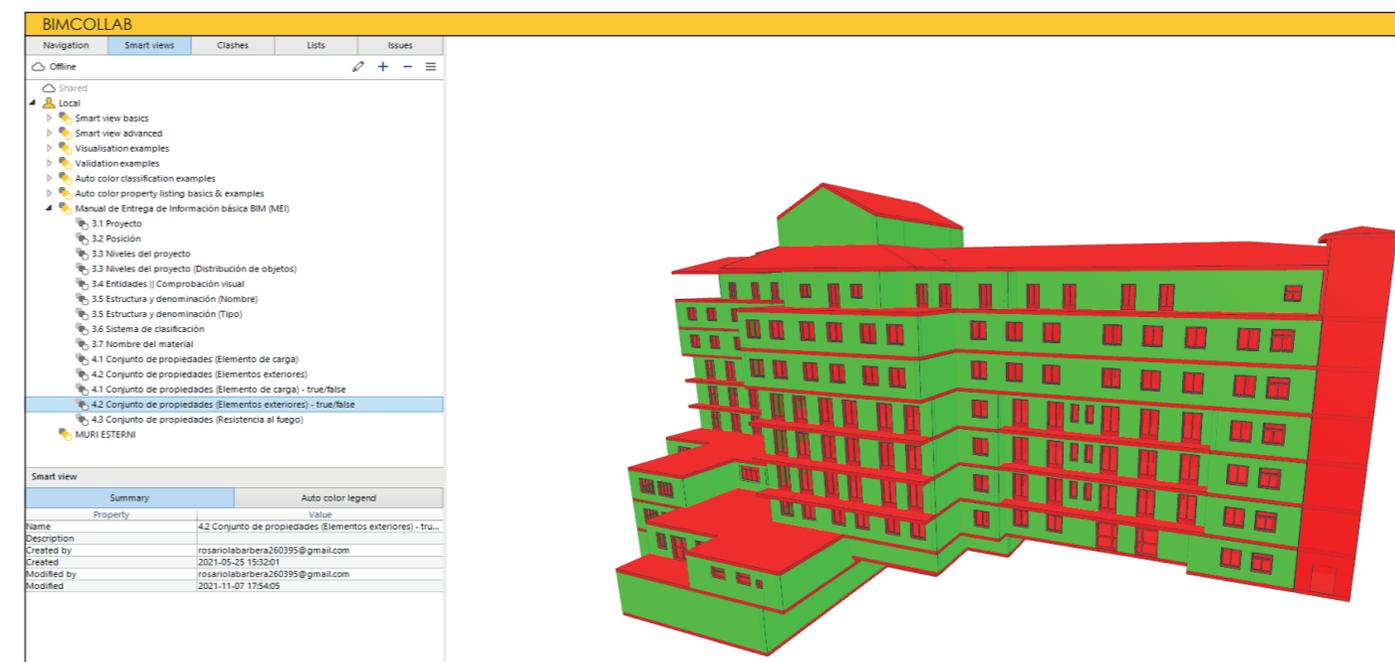


Fig.18-19_Visualizzatore BimCollab. In alto una visualizzazione generica del modello IFC. In basso una visualizzazione del modello in relazione alla condizione imposta



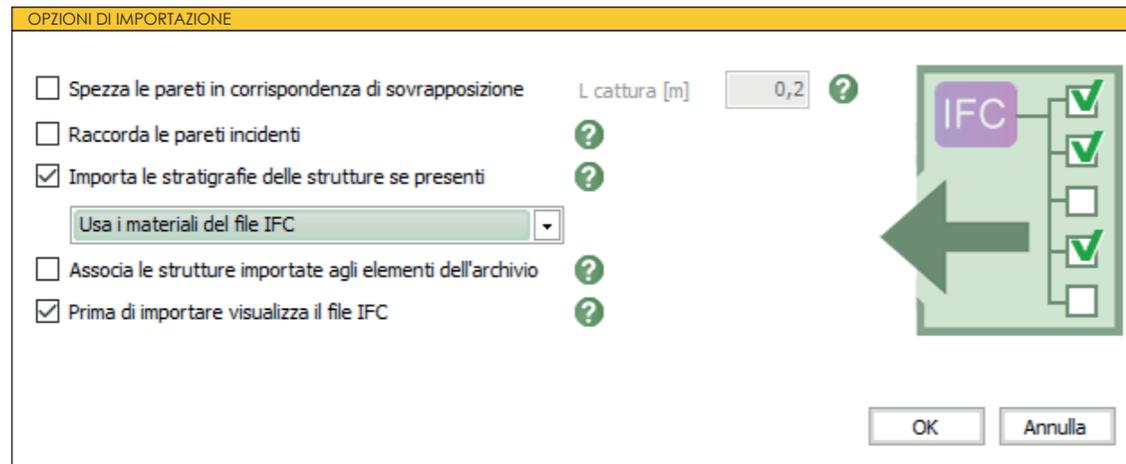


Fig.22_Scheda relativa alle opzioni di importazione del formato IFC. TermoLOG

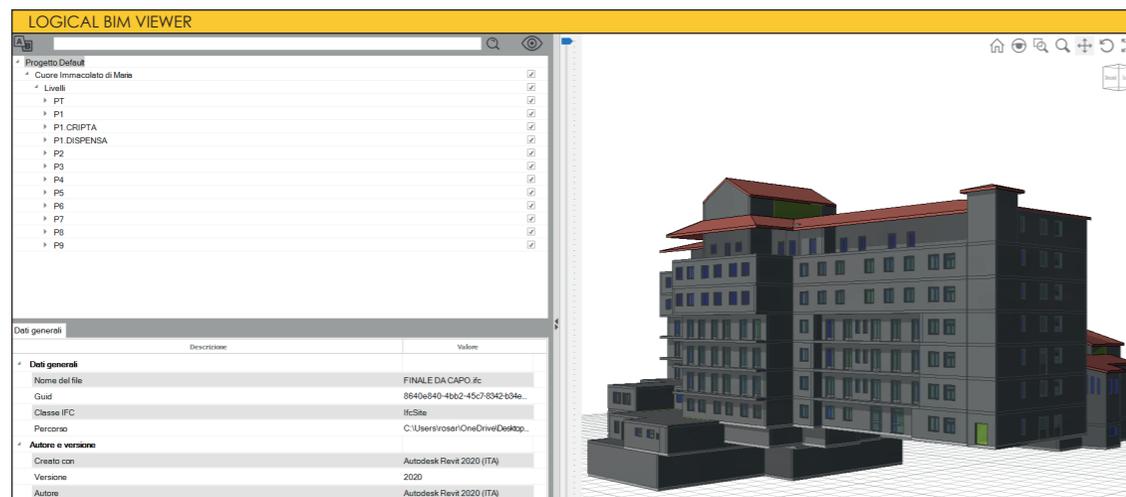


Fig.23_Visualizzazione del modello generale su Logical BIM Viewer

Dalla finestra di sinistra, in alto, sono selezionabili le voci di interesse mentre al di sotto sono riscontrabili i dati relativi alla selezione (dati generali, proprietà, quantità, materiali)

che sul modello è evidenziato in giallo. All'interno del visualizzatore il livello di dettaglio è conforme con quello del modello architettonico generato da Revit, caratteristica che si perderà nel software energetico.

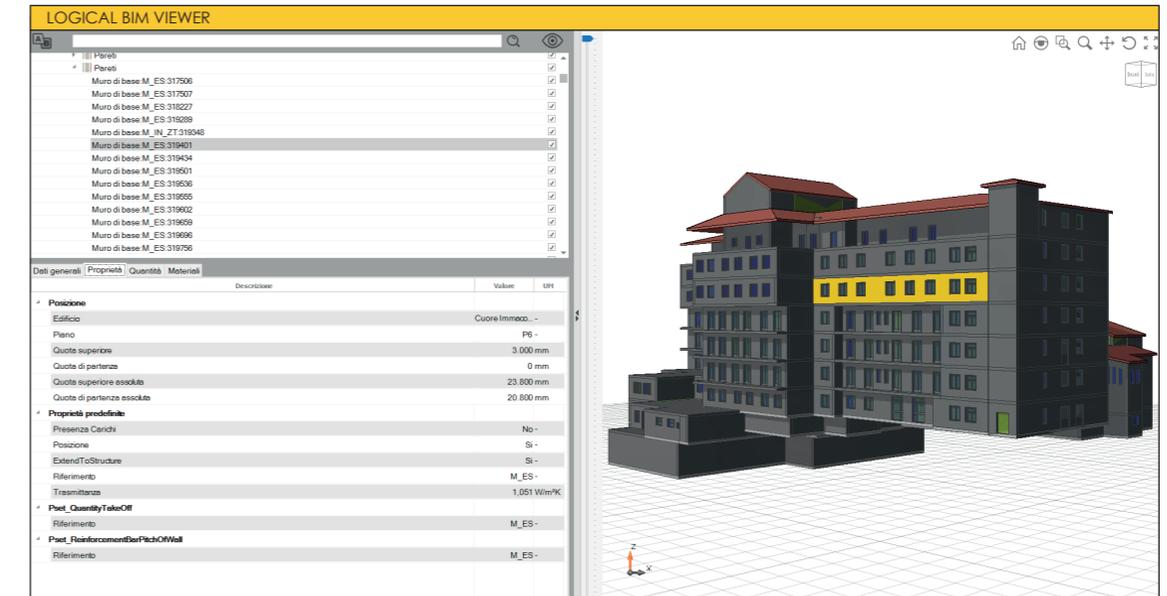


Fig.24_Visualizzazione della condizione imposta sul modello. TermoLOG

Una volta chiuso il visualizzatore è stata selezionata la casella 3D per riscontrare eventuali problematiche presenti a livello geometrico. Queste sono state ovviate attraverso la reiterazione del modello, passaggio che verrà approfondito nel capitolo successivo. Dalla sezione *Relazione* si può riscontare come la geo-localizzazione del modello avvenga in maniera automatica ad esclusione dell'indirizzo, il quale verrà inserito manualmente successivamente. Vanno inseriti a questo punto i dati mancanti, tra cui il *Tipo di Intervento* e la *Destinazione prevalente*. Un passaggio fondamentale in questa sezione è la selezione del tipo di servizi presenti all'interno dello stabile, quali:

- Climatizzazione invernale (centralizzato, autonomo, assente)
- Climatizzazione estiva (centralizzato, autonomo, assente)
- ACS (centralizzato, autonomo, assente)
- Ventilazione meccanica (presente, assente)
- Illuminazione (presente, assente)
- Trasporto persone o cose (presente, assente)
- Sistemi di automazione e controllo degli edifici (BACS) (presente, assente)

Segnalando la presenza di un servizio il software aggiungerà le relative schede di riferimento. Sul lato destro è presente il menu a scomparsa *Normativa e impostazioni di calcolo* nel quale è possibile compilare i dati relativi a:

- Normativa
- Impostazioni di calcolo
- Geometria
- Allegati

I servizi sono stati selezionati come segue.



Fig.25_Servizi presenti all'interno dell'edificio. TermoLOG

Nella sezione *Zone* si ha la possibilità di creare un nuovo edificio, unità immobiliari, zone climatizzate, locali e ambienti confinanti. In modo automatico TermoLOG riconosce l'edificio creato ma non le differenti zone climatizzate definite in ambiente Revit, raggruppandole quindi in un'unica zona climatizzata.

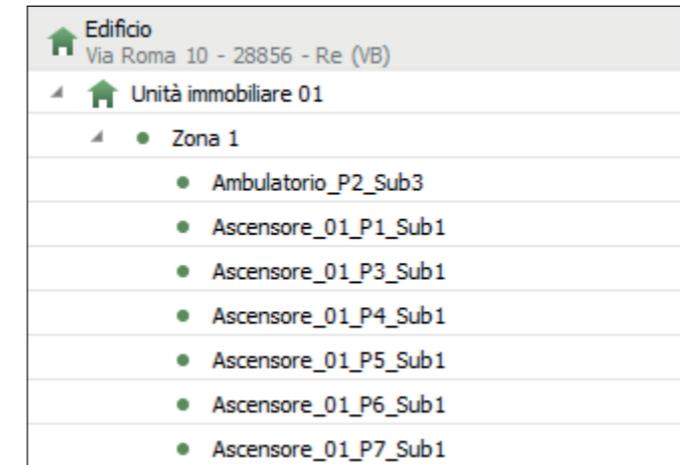


Fig.26_Raggruppamento zone climatiche in seguito all'importazione su TermoLOG

Il passaggio successivo è quello di compilare i dati necessari che compaiono sulla scheda a destra dopo aver selezionato la voce *Unità immobiliare*, suddivise in 01, 02 e 03 in riferimento alla relativa suddivisione catastale.

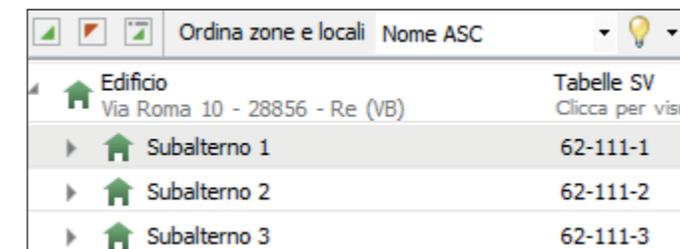


Fig.27_Suddivisione dell'edificio secondo catasto. TermoLOG

A questo punto vanno inseriti i dati relativi alla voce *Zona* e successivamente quelli dedicati alla voce *Locale*.

▷ **Dati generali e geometria della zona**

Nome della zona:

Classificazione:

Unità immobiliare:

Ricava le dimensioni geometriche della zona da input grafico

▷ **Geometria**

| | | | | | |
|----------------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|---------------------------------------|
| Superficie lorda in pianta | m ² | <input type="text" value="375,23"/> | Superficie utile | m ² | <input type="text" value="333,91"/> |
| Altezza media lorda | m | <input type="text" value="4,14"/> | Altezza media netta | m | <input type="text" value="3,78"/> |
| Volume lordo | m ³ | <input type="text" value="1552,480"/> | Volume netto | m ³ | <input type="text" value="1262,710"/> |

NB: valori calcolati dall'input grafico

▷ **Profili d'uso**

▷ **Capacità termica**

Intonaco: Isolamento: Pareti esterne:

Pavimenti: N° piani: Capacità termica: kJ/(m²K)

▷ **Servizi**

Acqua calda sanitaria: E' presente l'impianto di acqua calda sanitaria

Calore latente: E' presente l'impianto di umidificazione (periodo invernale) E' presente l'impianto di deumidificazione (periodo estivo)

Raffrescamento: E' presente l'impianto di raffrescamento

Illuminazione: E' presente l'impianto di illuminazione Imposta i dati dell'impianto sulla zona

Ventilazione: Imposta i dati dell'impianto sulla zona

▷ **Infiltrazioni - Ventilazione meccanica**

Classe schermatura:

Tipo di costruzione:

Permeabilità involucro:

Esposizione:

▷ **Progetto invernale**

Classe schermatura:

Tipo di costruzione: Massa dell'edificio:

Caduta T regime di attenuazione ΔT_a : °C

▷ **Dati generali e geometria del locale**

Nome del locale:

Superficie utile [m²]: Altezza media netta [m]: Volume netto [m³]:

▷ **Ventilazione**

Impostazioni avanzate

Periodo riscaldamento:

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno

Sono presenti flussi d'aria provenienti da ambienti confinanti

Specifica portate minime di progetto personalizzate

Periodo raffrescamento:

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno

Sono presenti flussi d'aria provenienti da ambienti confinanti

Periodo ventilazione:

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno

▷ **Illuminazione**

Potenza installata totale per illuminazione artificiale: W

Tipo di illuminazione dell'ambiente:

Tipo sistema di controllo della luce artificiale:

Tipo sistema di controllo della presenza:

Tipo di vetro dei serramenti dell'ambiente:

Fattore di illuminazione costante:

Tipo di lampada:

Accensione contemporanea di tutti gli apparecchi

Imposta un fattore di assenza:

Imposta la densità di energia annuale parassita: kWh/m²

▷ **Progetto invernale (UNI12831)**

Tipologia: Temperatura invernale di progetto $\theta_{int,H}$: °C

Portata d'aria naturale o controllata: Altre portate d'aria:

Fig.28-29_A sinistra i dati relativi alla zona termica ZT 01. A destra i dati relativi al locale Atrio Ingresso_P2_Sub1

note

Attraverso il comando *Altro* sono stati realizzati gli ambienti confinanti (serre solari, cantine, garage, sottotetto, vani scala). Nella sezione *Strutture* si osservano tutte le categorie di elementi importati, con dicitura IFC, utili all'analisi e al calcolo. Questi si articolano in: pareti, porte, serramenti, solai e coperture. Per quanto riguarda il vetro, è stato realizzato su TermoLOG così come i ponti termici. Nella medesima sezione si può eseguire un rapido controllo sulla corretta importazione dei valori di trasmittanza e di verso delle strutture (esterno/interno/terreno/ecc.).

| STRUTTURE DELL'EDIFICIO | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|----------------------|---------|------|-----|-------|-----------------|
| | Tipo | Vers... | S | A | U/ψ | C | Uso |
| ▸ | Pareti | | | | | | |
| ▸ | Pavimenti | | | | | | |
| ▸ | Soffitti | | | | | | |
| ▸ | Coperture | | | | | | |
| ▸ | IFC | | | | | | |
| ▸ | Tetto di base:T_AM | ≡ Soffitto/Copertura | Interno | 27,0 | - | 2,222 | 83,138 557,27 |
| ▸ | Tetto di base:T_CH | ≡ Soffitto/Copertura | Interno | 27,0 | - | 2,222 | 83,138 571,59 |
| ▸ | Tetto di base:T_PR | ≡ Soffitto/Copertura | Interno | 27,0 | - | 2,222 | 83,138 1.006,43 |
| ▸ | Vetri | | | | | | |
| ▸ | Serramenti | | | | | | |
| ▸ | Ponti termici | | | | | | |

Fig.30_Scheda relativa ai valori di trasmittanza e verso delle coperture. TermoLOG

La sezione *Involucro* fa riferimento all'input grafico che può presentarsi anche sotto forma tabellare raffigurando i valori delle pareti disperdenti. Volendo vi è la possibilità di combinare le due opzioni attraverso *Tabellare+Grafico*. Da questa sezione sono stati visualizzati gli errori grafici non visibili dai visualizzatori e corretti come verrà specificato

nel prossimo capitolo. Sono stati inseriti i ponti termici e gli oggetti orizzontali. Nella colonna di destra sono state modificate alcune caratteristiche relative ad altezza netta e altezza di quota in quanto presentavano errori.

| LIVELLI (ALT+Q) | | | | | |
|-----------------|---|------|------|------|-------|
| | Livello | Hn | Hp ▾ | Hs | Hq |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P9 | 7,01 | 0,30 | 0,00 | 30,20 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P8 | 2,50 | 0,30 | 0,30 | 27,40 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P7 | 3,00 | 0,30 | 0,30 | 24,10 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P6 | 3,00 | 0,30 | 0,30 | 20,80 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P5 | 3,03 | 0,30 | 0,27 | 17,50 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P4 | 3,00 | 0,30 | 0,30 | 14,20 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P3 | 3,00 | 0,30 | 0,30 | 10,90 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P2 | 3,00 | 0,30 | 0,30 | 7,60 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P1.DISPENSA | 1,80 | 0,30 | 0,30 | 5,20 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P1.CRIPTA | 0,03 | 0,30 | 0,27 | 4,90 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> P1 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 4,30 |
| ▸ | <input checked="" type="checkbox"/> PT | 4,00 | 0,30 | 0,30 | 0,00 |

Fig.31_Scheda relativa ad altezza netta e di quota. TermoLOG

La sezione *Climatizzazione invernale* definisce la tipologia di distribuzione, emissione e regolazione per l'impianto per la climatizzazione invernale. Con il comando *Wizard* l'utente viene guidato alla definizione dell'impianto di riscaldamento in base alle caratteristiche impiantistiche dell'edificio oggetto di studio.

WIZARD
RISCALDAMENTO (centralizzato)
 Definisci l'impianto di riscaldamento Mostra solo i generatori preferiti

Mantieni l'impianto già inserito ?

Ripartisci l'impianto Millesimi di riscaldamento [%]

Radiatori, pannelli radianti, ventilconvettori, termoconvettori

Camini, termocamini, stufe, split

...

Selezione tutte Deseleziona tutte
 Subalterno 2
 ZT Principale
 ZT Aula Magna
 ZT Cripta
 ZT Chiesa
 ZTNR

Selezione tutte Deseleziona tutte
 Subalterno 1
 ZT 01
 Subalterno 2
 ZT Principale
 ZT Aula Magna

Fig.32_Scheda relativa al comando Wizard relativo alla definizione dell'impianto di riscaldamento. TermoLOG.

Allo stesso modo si procede per la scheda relativa ad ACS, nella quale si definirà la distribuzione di produzione di acqua calda sanitaria. La sezione *Generatori* consente di inserire i dati riguardo le centrali, i generatori di calore per la climatizzazione invernale-estiva e ACS. Selezionando la voce Nuovo generatore si possono definire le sue caratteristiche tipologiche attraverso la finestra ausiliaria e successivamente, riportate le specifiche tecniche reperite da web o in sito.

Fig.33_Scheda relativa alla definizione delle caratteristiche del generatore di calore. TermoLOG.

GENERATORE DI CALORE

Combustione

Gas o combustibile fossile

Biomassa Caminetti, stufe e generatori alimentati a biomasse solide o liquide

Metodo di calcolo

Pompe di calore e sistemi ibridi

Sistema ibrido Il sistema ibrido prevede una pompa di calore e un generatore di backup

a compressione di vapore Pompa di calore alimentata ad energia elettrica

ad assorbimento a fuoco diretto Pompa di calore alimentata a gas

Generatore di backup a combustibili fossili

Temperatura di cut off °C - Temperatura di disattivazione della pompa di calore

Altro

Teleriscaldamento Sottostazioni di teleriscaldamento

Generatore a energia elettrica Boiler elettrici e generatori ad effetto joule

Cogenerazione Minicogeneratori con produzione combinata di energia termica ed elettrica

Numero di generatori identici

Anno installazione

Temperature di progetto
 Clicca per importare un generatore dall'archivio

Caratteristiche generali

Nome generatore Anno costruzione

Tipo generatore Modulante

Combustibile ?

Metodo di calcolo ?

Circuito accumulato

Potenze e rendimenti

| | max | min | |
|------------------|---|--|--|
| $\phi_{gn,Pn}$ | <input type="text" value="1044,00"/> | <input type="text" value="313,20"/> | kW Potenza utile nominale |
| $\phi_{gn,Pn,W}$ | <input type="text" value="1044,00"/> | <input type="text" value="313,20"/> | kW Potenza utile nominale per ACS |
| $W_{gn,Po}$ | <input type="text" value="0,0"/> | <input type="text" value="0,0"/> | W Potenza assorbita dalle pompe di circolazione |
| $W_{aux,Pn}$ | <input type="text" value="0,0"/> | <input type="text" value="0,0"/> | W Potenza degli ausiliari elettrici del generatore |
| Rendimenti | η_{100} <input type="text" value="0,000"/> | η_{30} <input type="text" value="0,000"/> | |

Installazione

Installazione

Altezza del camino

T di funzionamento

Altro generatore antecedente al 1996 generatore classificato *(1 stella)

Bruciatore

Dati aggiuntivi per la compilazione dell'APE

Dati aggiuntivi per la compilazione della relazione tecnica

Marca, modello

Descrizione

Materiale Peso [kg]

Sistema di emissione

Nella sezione *Trasporto-Illuminazione*, tramite i comandi relativi si procede all'inserimento dei dati riferiti alla voce Ascensore. Per il calcolo del fabbisogno di energia per l'illuminazione degli ambienti, si procede esclusivamente per edifici non residenziali. Una volta completati i passaggi descritti si procede, nella sezione *Calcolo e diagnosi*, all'avvio del calcolo del progetto corrente che restituirà la definizione della classe energetica di appartenenza delle singole unità immobiliari create e quella relativa all'intero edificio, secondo la normativa L. 90/2013.

Fig.34_Scheda relativa alle specifiche del generatore di calore. TermoLOG

Dati geometrici

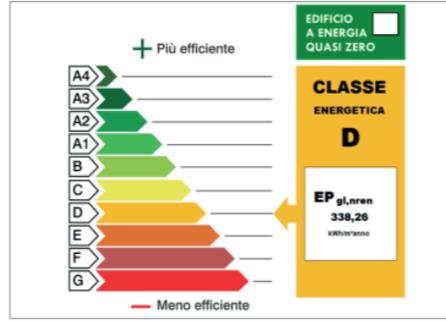
| | |
|----------------------------------|--------------------------|
| Superficie utile riscaldata Su,H | 9.714,83 m ² |
| Volume lordo riscaldato V,H | 35.068,67 m ³ |
| Superficie disperdente Sdisp | 6.815,87 m ² |

Fabbisogni di energia termica utile

| | | | |
|--------|---------------------------|----------------------------|------------|
| EPH,nd | 244,22 kWh/m ² | Stagione di riscaldamento | 200 giorni |
| EPC,nd | 0,00 kWh/m ² | Stagione di raffrescamento | 0 giorni |
| EPW,nd | 1,55 kWh/m ² | | |

Fabbisogni di energia primaria

| | | | |
|----------|-------------------------|-----------|---------------------------|
| EPH,ren | 0,00 kWh/m ² | EPH,nren | 336,05 kWh/m ² |
| EPW,ren | 0,00 kWh/m ² | EPW,nren | 2,20 kWh/m ² |
| EPgl,ren | 0,00 kWh/m ² | EPgl,nren | 338,26 kWh/m ² |



Dati geometrici

| | |
|----------------------------------|--------------------------|
| Superficie utile riscaldata Su,H | 7.429,67 m ² |
| Volume lordo riscaldato V,H | 25.761,62 m ³ |
| Superficie disperdente Sdisp | 5.381,36 m ² |

Fabbisogni di energia termica utile

| | |
|--------|---------------------------|
| EPH,nd | 240,65 kWh/m ² |
| EPC,nd | 0,00 kWh/m ² |
| EPW,nd | 1,01 kWh/m ² |

Fabbisogni di energia primaria

| | | | |
|----------|-------------------------|-----------|---------------------------|
| EPH,ren | 0,00 kWh/m ² | EPH,nren | 331,14 kWh/m ² |
| EPW,ren | 0,00 kWh/m ² | EPW,nren | 1,44 kWh/m ² |
| EPgl,ren | 0,00 kWh/m ² | EPgl,nren | 332,58 kWh/m ² |

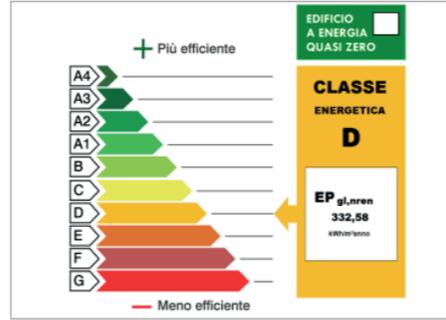


Fig.35-36_In alto la classificazione energetica e relativi dati dell'intero edificio. In basso la classificazione energetica e relativi dati del subalterno 2. TermoLOG

Sono presenti anche i relativi dati geometrici (superficie utile riscaldata, volume lordo riscaldato, superficie disperdente), i fabbisogni di energia termica utile e quelli di energia primaria.

Attraverso il comando *Diagnosi* si interviene sulle singole unità immobiliari specificando i dati nelle condizioni di utilizzo reale dell'edificio al fine di ottenere una calibrazione del modello. Questo consente di verificare che i dati ottenuti siano quanto più affidabili e veritieri rispetto alle condizioni reali di impiego. Si provvede successivamente all'inserimento dei dati relativi alle ore di utilizzo del sistema di riscaldamento considerando una temperatura in regime di attenuazione se-

condo la UNI 52016. Nelle zone termiche in cui viene considerata l'occupazione da parte dell'utenza si è intervenuti alla voce *Apporti interni, ricambi d'aria e fabbisogno ACS*. Rimanendo in campo di diagnosi, attraverso la voce *Bollette* vanno inseriti i dati dei consumi di energia elettrica, gas, ACS. Questi devono riferirsi ad un arco temporale non inferiore agli ultimi tre anni, al fine di una corretta calibrazione. Le bollette possono essere inserite nel software attraverso la sezione dedicata all'importazione del file in formato XLS compatibile con le voci elencate nella schedatura disponibile.

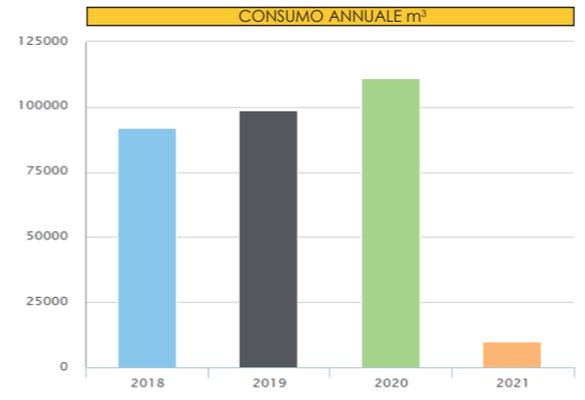
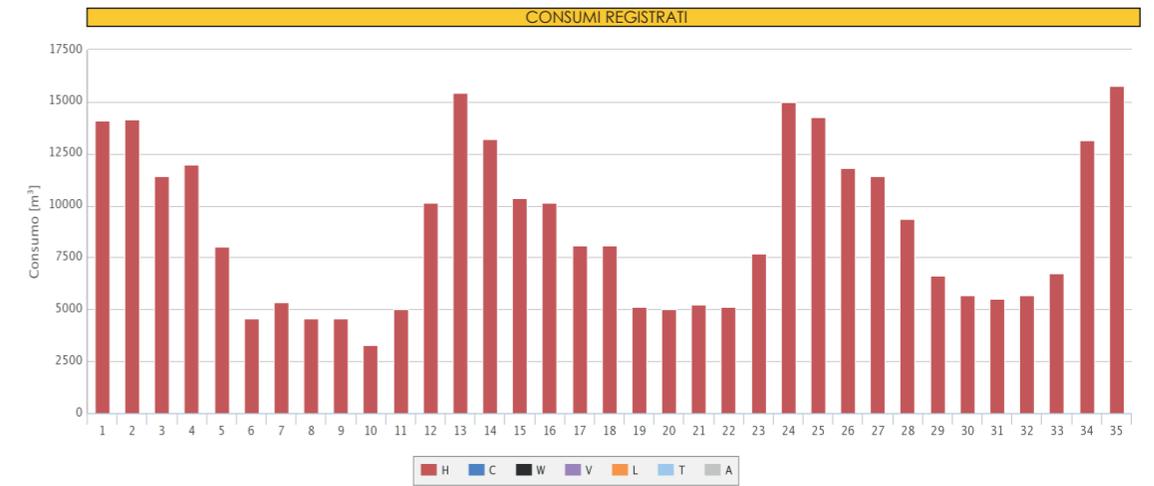


Fig.37-38_In alto l'istogramma relativo ai consumi di metano registrati nell'arco di 3 anni. In basso l'istogramma relativo al consumo annuale in m³. TermoLOG

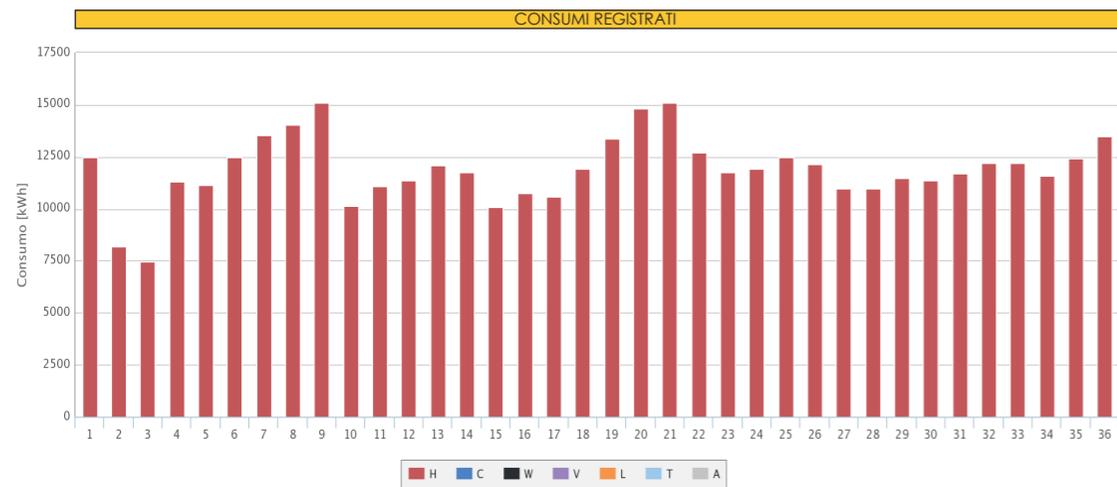


Fig.39-40_In alto l'istogramma relativo ai consumi elettrici registrati nell'arco di 3 anni. In basso l'istogramma relativo al consumo annuale in kWh. TermoLOG

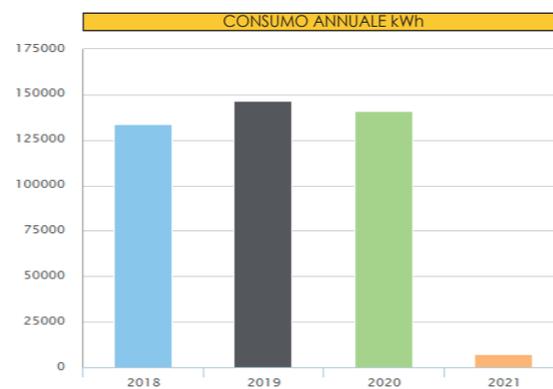
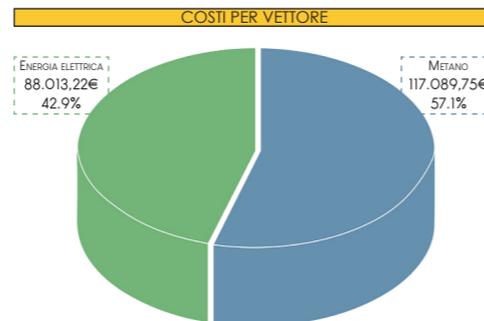


Fig.41_Diagramma a torta relativo ai costi di energia elettrica e di metano. TermoLOG

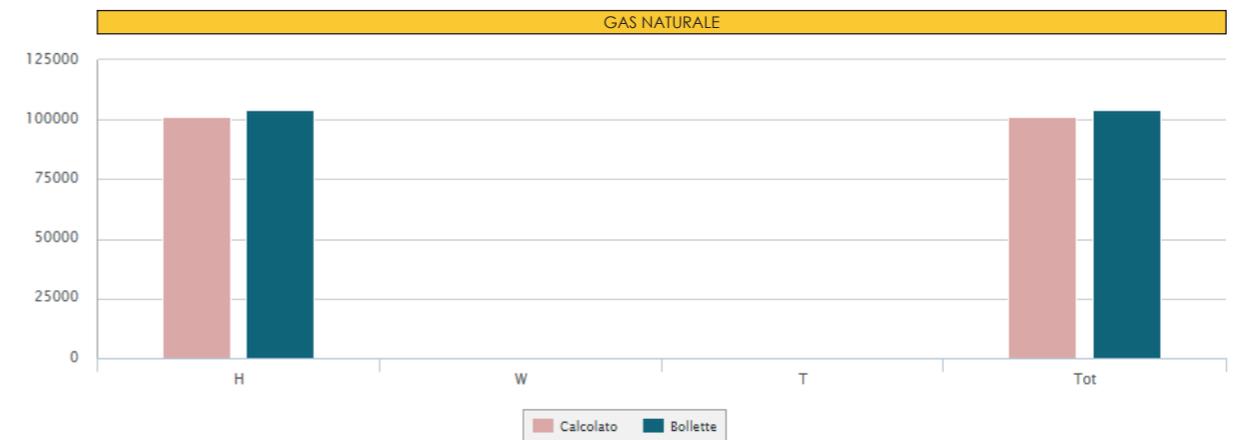


Si procede ora alla verifica della Calibrazione del modello che confronta le condizioni operative con le condizioni effettive di consumo.

note

| CALIBRAZIONE | | | | |
|--------------|----|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | Um | Condizioni operative (modello) | Condizioni effettive (bollette) | Indice k di calibrazione |
| Consumo H | m³ | 101.139,12 | 103.887,33 | -2,65 % |
| Consumo W | m³ | 225,79 | 232,00 | -2,68 % |
| Consumo | m³ | 101.364,91 | 104.119,33 | -2,65 % |

Fig.42_Tabella relativa alla calibrazione del modello. TermoLOG



A questo punto è possibile creare i vari scenari di intervento per la riqualificazione energetica dello stabile (riscontrabili nel capitolo 3) attraverso una procedura guidata dal comando *Wizard* che propone una schermata intuitiva nella selezione delle diverse tipologie di intervento attuabili. Con la sezione *Confronta* si possono mettere a paragone i diversi scenari proposti per poter valutare quale di essi riporta la miglior soluzione attuabile in rapporto alla relazione tra costi e benefici. Grazie alla voce *Verifica incentivi* è riscontrabile la verifica sull'applicabilità degli stessi.

Fig.43_Istogramma relativo ai consumi di gas naturale in relazione ai valori calcolati e quelli definiti dalle bollette importate nel software. TermoLOG

03

RISULTATI

Analisi SWOT

03

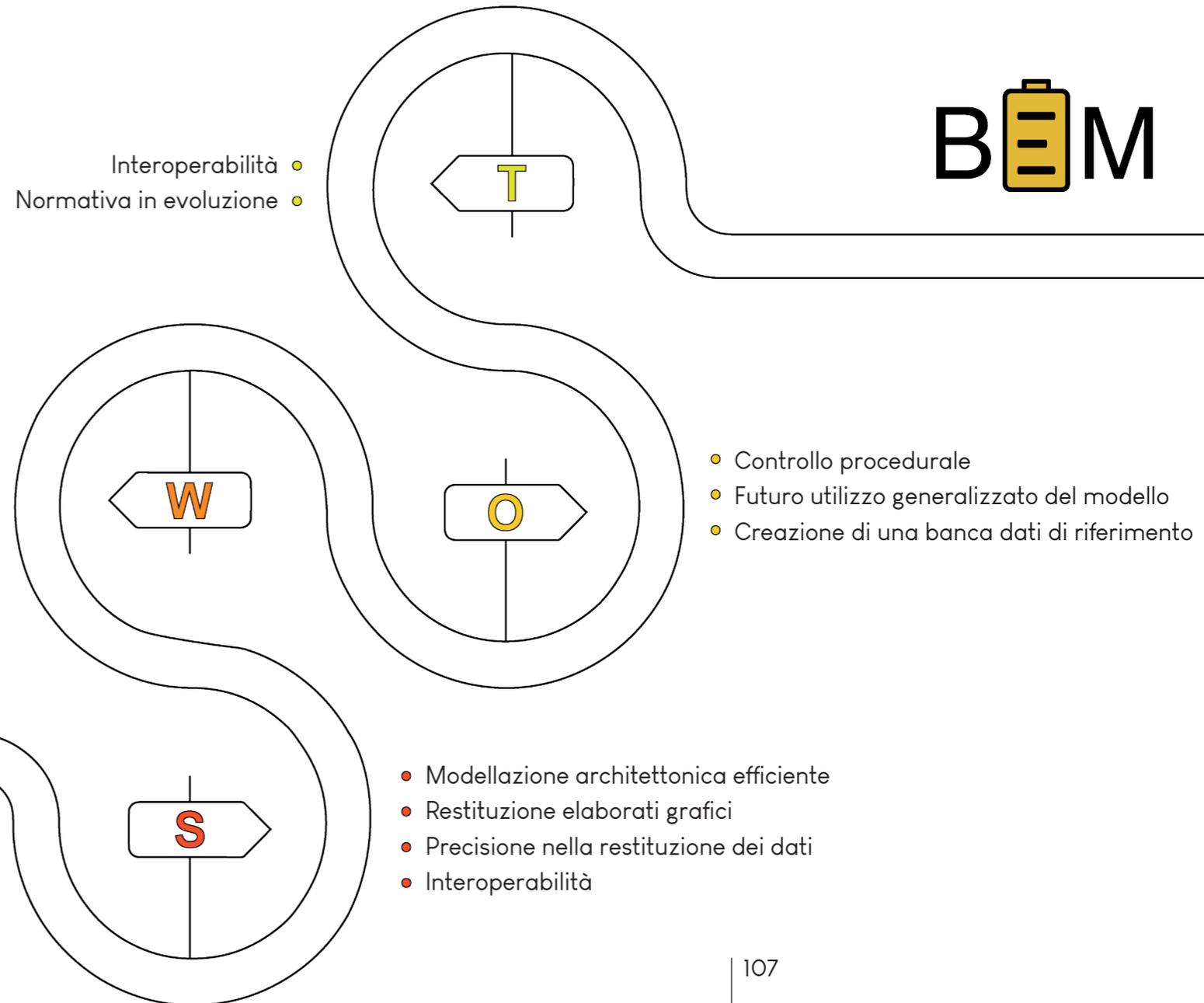
Per incentrare e valutare l'intero processo affrontato è stata elaborata un'analisi SWOT. È uno strumento che permette di definire punti di forza (Strengths), debolezze (Weaknesses), opportunità (Opportunities) e minacce (Threats) della metodologia applicata. Solitamente si tratta di un tipo di analisi che viene elaborata in fase preliminare rispetto a un progetto, per individuare gli obiettivi e le caratteristiche generali di contesto. In questo caso si è deciso di affrontare l'analisi nella fase finale al fine di restituire una valutazione complessiva del flusso di lavoro utilizzato, anche in relazione ai risultati ottenuti e le criticità riscontrate durante il percorso.

Fig.44_Elaborazione analisi SWOT

BIM



- Mancata bi-direzionalità BIM to BEM
- Mancata conoscenza approfondita dei software usati
- Semplificazione del modello BIM per EAM





La metodologia Bim, impiegata per l'ottimizzazione del processo di scambi di dati dal software di modellazione parametrica a quello di analisi energetica, nonostante permetta di ottenere dei buoni risultati in termini di trasferimento e verifica dei dati, presenta alcune criticità. Queste, sono state evidenziate fin da subito dal passaggio dell'informazione in Termolog.

Le problematiche, che verranno elencate successivamente, non sono riscontrabili facendo affidamento solamente al visualizzatore Bim. Infatti, la geometria e i dati che vengono visualizzati in esso, risultano coerenti con quello che è stato realizzato in Revit. Questo ci permette di evidenziare in tal modo una corretta elaborazione del modello, verificandone nei limiti l'affidabilità.

In questa fase, l'utilizzo del manuale di Termolog ha consentito di risolvere anticipatamente qualche problematica, nello specifico quella relativa alla realizzazione delle falde del tetto in Revit. Infatti, la procedura richiesta dal software di analisi energetica, richiede una scomposizione delle falde con le rispettive inclinazioni in ambiente Bim. Questo è necessario per procedere ad una corretta visualizzazione della geometria del file importato anche nell'input grafico del software energetico.

Attraverso le seguenti immagini, si vogliono evidenziare le diverse tipologie di errore a livello grafico che verrebbero generati dal software nonostante una corretta generazione del modello architettonico da parte dell'utente. Per la risoluzione di tali problemi è stato necessario reiterare il modello diverse volte, verificando che le modifiche apportate al modello architettonico avessero effettivamente posto soluzione alle criticità riscontrate a livello geometrico. Ciò comporta una mancata bi-direzionalità del processo andando a incidere sul concetto di automazione e velocità di esecuzione. Le caratteristiche citate a livello teorico riguardo al concetto di interoperabilità non hanno trovato uguale riscontro nella pratica con l'utilizzo dei software compatibili alla metodologia.

Il problema che ha comportato maggiore impegno nella sua risoluzione, anche a livello di tempistiche impiegate riguarda i serramenti. Al momento dell'importazione del file IFC e della lettura da parte del software energetico la visualizzazione dei serramenti era limitata soltanto a tre/quattro tipologie di quelle effettivamente presenti. Si è proceduto inizialmente con la definizione di parametri condivisi che consentissero il passaggio dei dati info-grafici necessari alla loro visualizzazione. La procedura però non è andata a buon fine. Successivamente si è provato ad eseguire diverse tipologie di esportazione in formato IFC, nonostante quella consigliata dal Manuale TermoLOG fosse la 2x3 coordination view 2.0. Anche in questo caso il tentativo è stato vano. A questo punto sono state utilizzate le famiglie di finestre già presenti in ambiente Revit, al fine di escludere

re eventuali errori di creazione delle famiglie. In questo caso l'importazione in ambiente TermoLOG ha riscontrato la lettura di un numero maggiore di tipologie di serramenti. Ciò ci ha portati a formulare l'ipotesi che il problema scatenante derivasse da un non corretto inserimento delle informazioni all'interno delle famiglie dei serramenti. Procedendo per ulteriori tentativi è stata individuata la soluzione. Il problema riguardava l'utilizzo di differenti unità di misura nella creazione delle famiglie rispetto a quella utilizzata nel modello architettonico.

Il problema seguente si riferisce alla presenza di un serramento al di sopra di un'apertura. La soluzione è stata quella di dividere l'elemento muro in prossimità della distanza che intercorre tra le aperture in questione.

La presenza di una copertura piana viene letta da TermoLOG come solaio; perciò, è stata impostata una percentuale minima di inclinazione affinché venisse riconosciuta come copertura.

Un serramento che si sviluppa lungo più piani e quindi più livelli, viene interrotto in corrispondenza del solaio. Per ovviare al problema è stato assegnato ad entrambi i piani in questione un unico livello di appartenenza, per cui il solaio oltre a risultare appartenente al medesimo livello deve anche rientrare rispetto alla parete esterna.

Eventuali offset di altezza delle murature vengono lette come distanziamento dal livello soprastante, perciò, sarebbe consigliabile non utilizzarli.

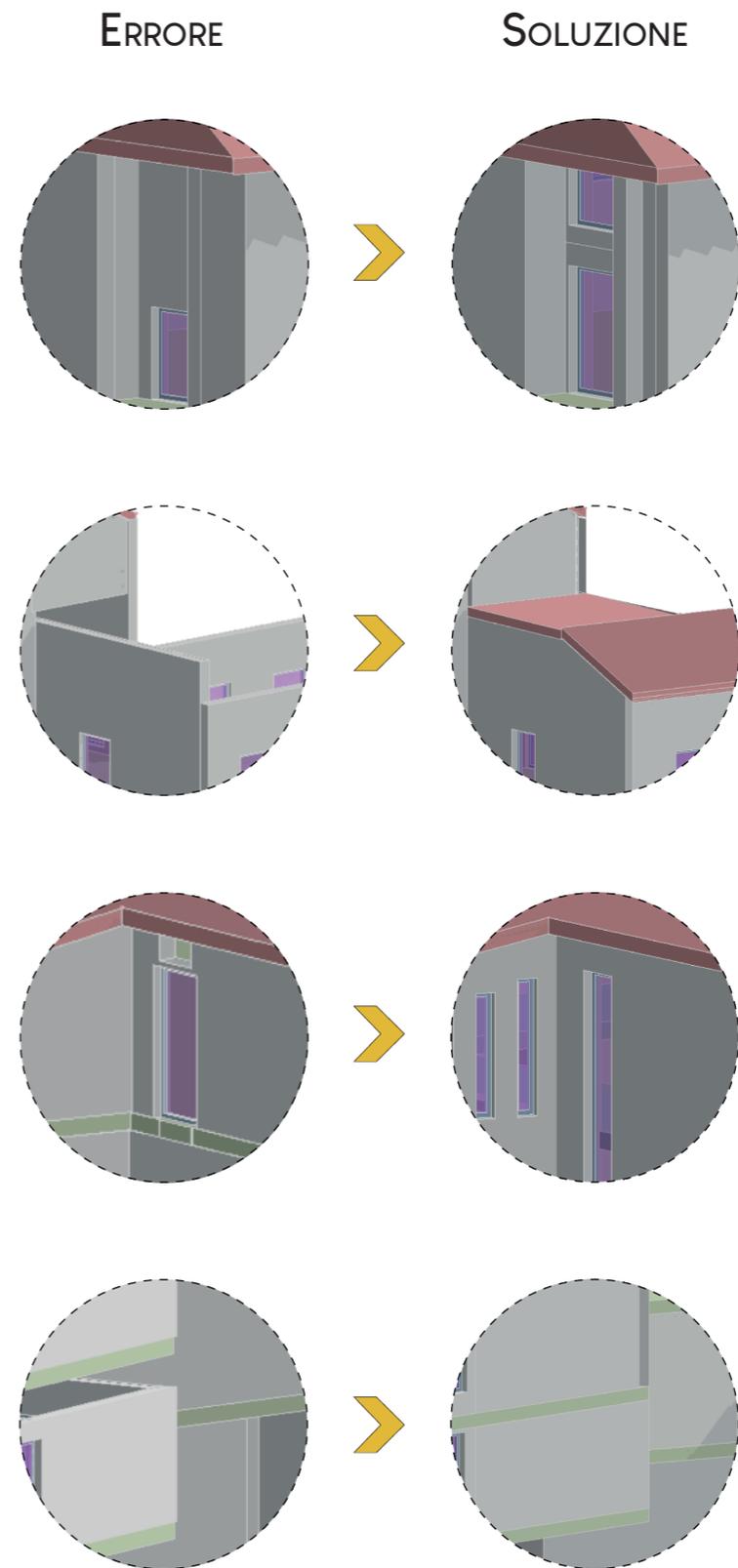


Fig.45_Representazione degli errori di Input grafico con relative soluzioni. TermoLOG

Il livello della copertura deve essere vincolato allo stesso livello della muratura sottostante. Nelle immagini la mancata presenza delle falde è dovuta al fatto di non essere state trattate come singoli elementi, come precedentemente descritto (Manuale TermoLOG).

Le pareti con andamento non ortogonale necessitano di essere disgiunte in corrispondenza delle intersezioni con le altre pareti, altrimenti si verifica la perdita di tutti i serramenti presenti sulla porzione d'interesse o la perdita della sola struttura del serramento, lasciando intatta l'apertura di riferimento.

In prossimità di più pareti contigue con andamento non ortogonale, il solaio non segue lo sviluppo della muratura. Per evitare tali problematiche bisogna disgiungere le pareti nei punti di intersezione.

È raccomandabile evitare di creare vuoti di massa all'interno del modello architettonico in quanto il software energetico genererebbe in sua corrispondenza un serramento.

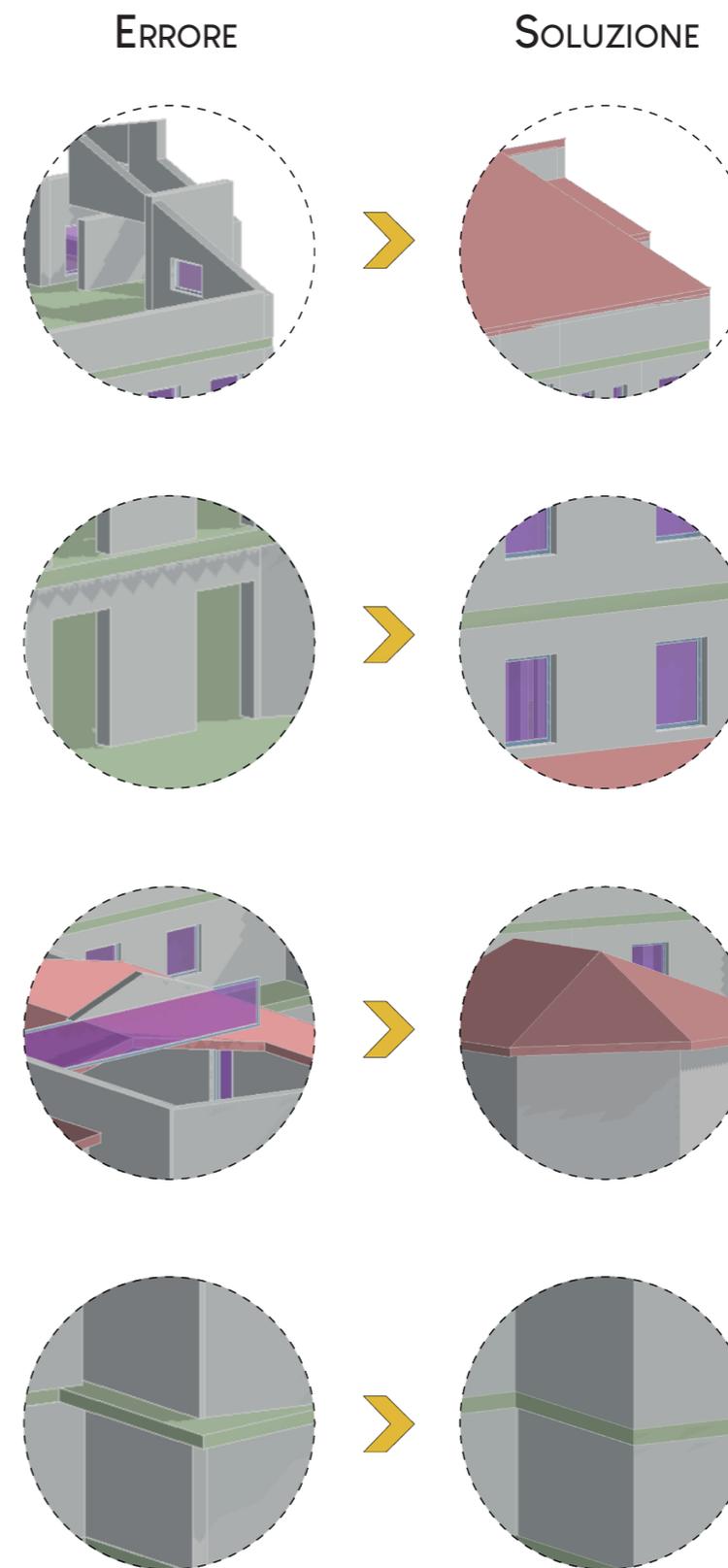


Fig.46_Representazione degli errori di Input grafico con relative soluzioni. TermoLOG

Scenari d'intervento

03.3

Seguendo le linee guida per ottenere l'accesso agli incentivi statali, sono stati ipotizzati cinque scenari differenti. Ogni intervento, al fine di ottenere l'applicabilità del Superbonus 110% necessita la presenza di un intervento trainante a cui conseguono gli eventuali interventi trainati.

Interventi trainanti

- Coibentazione dell'involucro opaco >25% della superficie disperdente totale
- Sostituzione caldaia

Interventi trainati

- Sostituzione serramenti
- Installazione pannelli solari fotovoltaici e termici

Ogni tipologia d'intervento, come specificato nei capitoli precedenti, dovrà fare riferimento ad un massimale di spesa.

Gli scenari ipotizzati prevedono le seguenti combinazioni:

1. Cappotto esterno sulle strutture opache e sostituzione serramenti
2. Sostituzione caldaia e serramenti

3. Cappotto esterno sulle strutture opache, sostituzione serramenti e caldaia
4. Le voci sopraelencate comprensive d'installazione di pannelli solari termici e fotovoltaici
5. Cappotto esterno sulle strutture opache, sostituzione caldaia e installazione di pannelli solari termici e fotovoltaici

Si ricorda che per verificare l'accesso al bonus, i diversi scenari devono assicurare un salto energetico di due classi considerando contemporaneamente interventi trainanti e trainati.

Per quanto riguarda l'isolamento termico a cappotto delle strutture opache verticali realizzato all'esterno, sono state fatte le opportune verifiche riferite ai valori di trasmittanza e termo igrometrici definiti da decreto D.M. 26/06/2015. Per il calcolo mensile dei fabbisogni di energia termica utile è stata utilizzata la metodologia standard rating che fa riferimento alla UNI TS 11300. In seguito all'analisi energetica, il confronto tra lo scenario ante e post intervento è stato realizzato secondo i valori dell'intero edificio. Con la seguente raffigurazione, verrà evidenziata la percentuale della superficie d'intervento rispetto a quella totale.

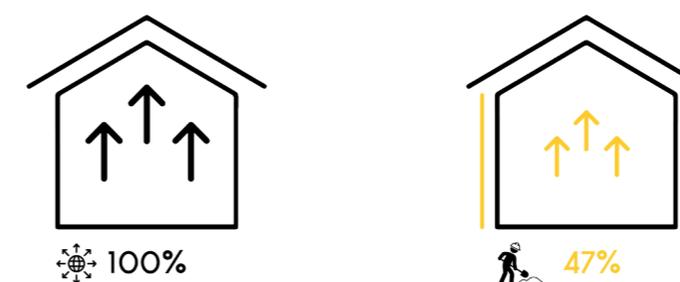


Fig.47_ Schema relativo alla superficie disperdente d'intervento

In tutti gli scenari ipotizzati risulta verificato il salto di almeno due classi energetiche.

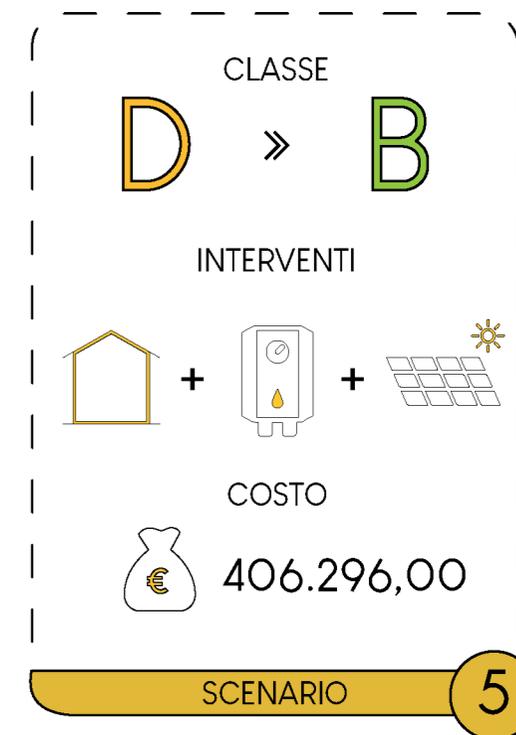
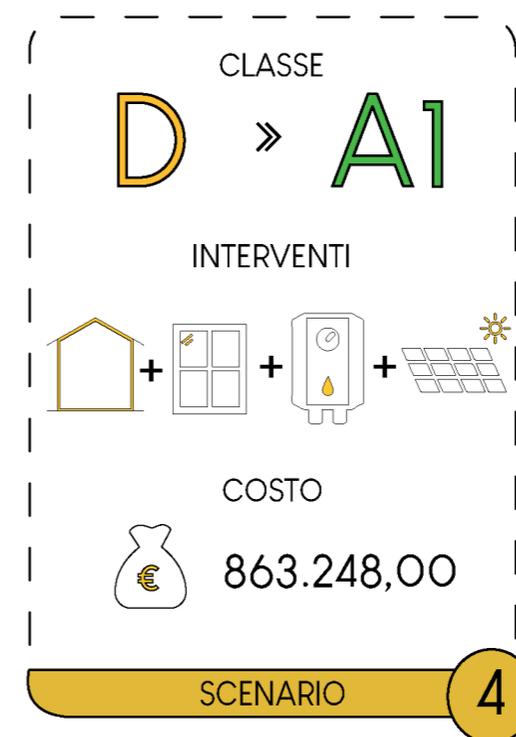
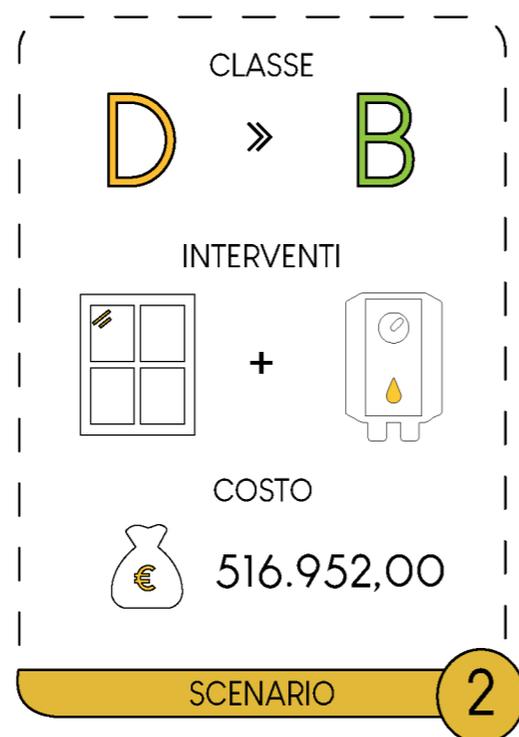
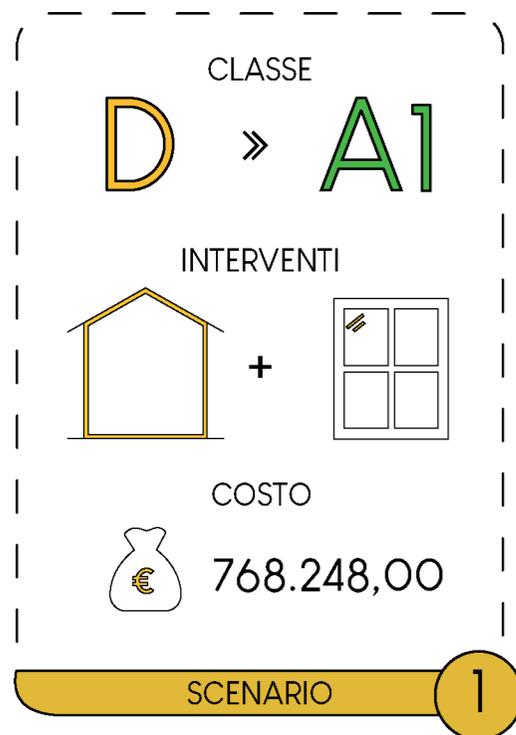


Fig.48_Rappresentazione riassuntiva degli scenari d'intervento

Stima economica degli interventi

Fig.49-50-51_Tabelle riepilogative riferite agli scenari considerati per la valutazione economica e il risparmio di CO₂

5

Il calcolo dei costi relativi agli interventi da effettuare si riferisce ai massimali fissati da normativa e basati sul tariffario DEL. L'analisi effettuata sui diversi scenari ha permesso il confronto tra di essi al fine di valutarne la convenienza in termini economici e di efficientamento energetico.

| | | |
|---------------------------|-------------------|-----------|
| Costo dell'intervento | € | 406.296,4 |
| Risparmio annuo | € | 103.134,7 |
| Tempo di ritorno | anni | 3,9 |
| Risparmio CO ₂ | Kg/m ² | 64,3 |

1

| | | |
|---------------------------|-------------------|-----------|
| Costo dell'intervento | € | 768.248,2 |
| Risparmio annuo | € | 125.962,1 |
| Tempo di ritorno | anni | 6,1 |
| Risparmio CO ₂ | Kg/m ² | 68,7 |

4

| | | |
|---------------------------|-------------------|-----------|
| Costo dell'intervento | € | 863.248,2 |
| Risparmio annuo | € | 150.079,7 |
| Tempo di ritorno | anni | 5,8 |
| Risparmio CO ₂ | Kg/m ² | 89,6 |

Attraverso la tabella si può riscontrare che l'intervento più conveniente in termini economici e di riduzione di CO₂ risulta essere l'ultimo ipotizzato. Il costo totale è di 406.296,00€ con una riduzione di CO₂ che si appresta al 34%. Questo scenario, a differenza di altri garantisce un salto di sole due classi energetiche attestando l'edificio in classe B.

Prendendo in considerazione il solo miglioramento energetico rapportato alla riduzione di CO₂ e al salto della classe energetica, possono essere considerati lo scenario *uno* e lo scenario *quattro*. Il primo prevede una spesa di 768.248,00€ con una riduzione di CO₂ pari al 41%, mentre il secondo presenta un costo rispettivo di 863.248,00€ e una riduzione di CO₂ del 49%. Entrambi gli scenari consentono un salto di tre classi energetiche, da D ad A1.

Tenendo in considerazione le limitate disponibilità economiche della struttura, la scelta è ricaduta sulla scenario cinque.

Accesso agli incentivi

La sezione Bonus, riguardante la verifica di accessibilità agli incentivi, consente di visualizzare l'applicabilità degli stessi. Il Software propone una tabella riepilogativa con gli incentivi disponibili secondo la normativa italiana. La tabella si compone, in relazione ad ogni incentivo, delle seguenti voci:

- Beneficiari
- Cessione del credito
- Sconto in fattura
- Scadenza
- Bonus Fiscale
- Detrazione
- Note

Scorrendo la schermata viene riportato il dettaglio dei dati dell'intero edificio applicati allo scenario d'intervento in relazione al Superbonus 110% con le detrazioni massime previste.

Considerando gli scenari nello stesso ordine in cui sono stati presi in considerazione, si dispongono le detrazioni massime come segue:

Scenario 5 - Spesa massima 406.296,00€
 Detrazione massima 212.256,00€
 Costo effettivo 194.040,00€

Scenario 1 - Spesa massima 768.248,00€
 Detrazione massima 312.000,00€
 Costo effettivo 456.248,00€

Scenario 4 - Spesa massima 863.248,00€
 Detrazione massima 378.000,00€
 Costo effettivo 485.248,00€

| Ripartizione per area tematica | Costo | Spesa massima | Detrazione massima | Superficie |
|--|------------|---------------|--------------------|------------|
| Sostituzione dei serramenti | 0,00 | | | 0,00 |
| Isolamento delle strutture opache | 311.296,40 | 120.000,00 | 132.000,00 | 5.188,27 |
| Isolamento delle strutture opache delle parti comuni | 311.296,40 | | | 5.188,27 |
| Intervento sulla facciata dell'edificio | 311.296,40 | | | 5.188,27 |
| Isolamento della copertura di ZNR | 0,00 | | | 0,00 |
| Sostituzione della centrale termica | 75.000,00 | 60.000,00 | 66.000,00 | - |
| Installazione di pannelli fotovoltaici | 20.000,00 | 12.960,00 | 14.256,00 | - |
| Installazione di batterie d'accumulo fotovoltaico | 0,00 | | | - |
| Installazione di colonnine di ricarica | 0,00 | | | - |
| Installazione di sistemi BACS | 0,00 | | | - |
| Eliminazione delle barriere architettoniche | 0,00 | | | - |

5

| Ripartizione per area tematica | Costo | Spesa massima | Detrazione massima | Superficie |
|--|------------|---------------|--------------------|------------|
| Sostituzione dei serramenti | 456.951,90 | 163.636,30 | 180.000,00 | 1.015,45 |
| Isolamento delle strutture opache | 311.296,40 | 120.000,00 | 132.000,00 | 5.188,27 |
| Isolamento delle strutture opache delle parti comuni | 311.296,40 | | | 5.188,27 |
| Intervento sulla facciata dell'edificio | 311.296,40 | | | 5.188,27 |
| Isolamento della copertura di ZNR | 0,00 | | | 0,00 |
| Sostituzione della centrale termica | 0,00 | | | - |
| Installazione di pannelli fotovoltaici | 0,00 | | | - |
| Installazione di batterie d'accumulo fotovoltaico | 0,00 | | | - |
| Installazione di colonnine di ricarica | 0,00 | | | - |
| Installazione di sistemi BACS | 0,00 | | | - |
| Eliminazione delle barriere architettoniche | 0,00 | | | - |

1

| Ripartizione per area tematica | Costo | Spesa massima | Detrazione massima | Superficie |
|--|------------|---------------|--------------------|------------|
| Sostituzione dei serramenti | 456.951,90 | 163.636,30 | 180.000,00 | 1.015,45 |
| Isolamento delle strutture opache | 311.296,40 | 120.000,00 | 132.000,00 | 5.188,27 |
| Isolamento delle strutture opache delle parti comuni | 311.296,40 | | | 5.188,27 |
| Intervento sulla facciata dell'edificio | 311.296,40 | | | 5.188,27 |
| Isolamento della copertura di ZNR | 0,00 | | | 0,00 |
| Sostituzione della centrale termica | 75.000,00 | 60.000,00 | 66.000,00 | - |
| Installazione di pannelli fotovoltaici | 20.000,00 | | | - |
| Installazione di batterie d'accumulo fotovoltaico | 0,00 | | | - |
| Installazione di colonnine di ricarica | 0,00 | | | - |
| Installazione di sistemi BACS | 0,00 | | | - |
| Eliminazione delle barriere architettoniche | 0,00 | | | - |

4

Fig.52-53-54_Schede relative ai dati dell'intero edificio applicati sui singoli scenari d'intervento

04

CONCLUSIONI

Gli obiettivi preposti nella realizzazione della Tesi sono stati raggiunti attraverso l'applicazione della metodologia BIM to BEM che, seppure si proponga come un processo fluente, ha riscontrato diverse complicazioni, dovute principalmente a questioni di interoperabilità tra il software di modellazione architettonica e quello di analisi energetica in questione. Sicuramente l'aspetto legato alla unidirezionalità del processo, che non consente quindi di eseguire un percorso di ritorno dal software BEM a quello BIM, ha comportato l'impiego di maggiore tempo date le varie reiterazioni che si sono dovute eseguire sul modello architettonico successivamente alle altrettante trattazioni in ambito energetico. Scendendo nel dettaglio, è utile affrontare l'utilità riscontrata nella modellazione parametrica in Revit, attraverso la quale si è potuto ottenere il punto di partenza della metodologia adottata. La gestione dei fattori di interoperabilità non è risultata di semplice applicazione in quanto, sovente, si è dovuto procedere per tentativi in modo da comprendere le motivazioni che causavano la perdita di dati nel trasferimento da un software all'altro. In altri limitati casi si è potuto trovare riscontro risolutivo sul Manuale TermoLOG oppure attraverso BuildingSMART il quale definisce gli schemi di condivisione. La scelta del formato di scambio IFC è dovuta al riconoscimento di standard ufficiale nel trasferimento di dati BIM oltre alla definizione di maggiore compatibilità in rapporto alla minore perdita di dati utili, e questo in parte si è dimostrato veritiero in seguito alla scelta della corretta configurazione di scambio (IFC 2x3 coordination view 2.0).

L'analisi energetica, eseguita con TermoLOG, ha reso necessaria un'ottimizzazione del modello, dovendo così applicare diverse semplificazioni a livello geometrico. L'applicabilità dei bonus e di ulteriori incentivi fiscali è stata resa possibile attraverso la valutazione energetica con relativa attestazione APE ante e post-intervento. Si è potuto inoltre definire un quadro complessivo del comportamento dell'edificio a cui è seguita la realizzazione dei vari scenari di efficientamento energetico e annessi dati informativi riguardanti gli interventi. In conclusione, il processo BIM to BEM applicato non si è dimostrato totalmente all'altezza delle aspettative attese.

05

BIBLIOGRAFIA

- Valeria d'Ambrosio, Mattia Federico Leone, Controllo dei rischi del cambiamento climatico e progettazione ambientale per una rigenerazione urbana resiliente. Il caso di Napoli Est, <<Techne 15>> Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II, 2015, pp. 130-139.
- Mario Claudio Dejaco, Oliver Heidrich, John M. Kamara, Sebastiano Maltese, Fulvio Re Cecconi, Un rating System per la resilienza degli edifici, <<Techne 15>>, Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, 2015, pp. 358-364.
- Giuseppe Forino, Luigi Perini, Luca Salvati, Diffusione urbana e Cambiamento Climatico: percorsi di (in)sostenibilità a livello locale?, <<Ricostruire la Città>>, n.03, Scienze del Territorio, 2015, pp. 59-67.
- Lucina Caravaggi, Cristina Imbroglini, La montagna resiliente, <<Scienze del territorio>> n. 4, Firenze University Press, 2016, pp. 149.
- Bruno Almeida, Pedro Malò, Luis Paiva, Pedro Pereira, Interoperability Suite Optimization, <<Design4Energy>>, Report 6.7, 2017, pp. 7-37.
- Mohammad Ehsan Kamel Hedayat Abad, _Intergration and interoperability of building envelope information and energy modeling_, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile e Ambientale, (rel. A. Memari), The Pennsylvania State University, College of Engineering, anno accademico 2017/2018.
- Arghavan Akbarieh, _Systematic Investigation of Interoperability Issues between Building Information Modelling and Building Energy Modelling_, Tesi di Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale, (rel. Prof. M. H. H. Mohamed), Norwegian University of Science and Technology, anno accademico 2017/2018.
- Giuseppe Regano, _Interoperabilità BIM to BEM per l'efficientamento energetico degli edifici pubblici_, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile, (rel. Prof. A. Osello, corel. Ing. F. M. Ugliotti), Politecnico di Torino, anno accademico 2017/2018.
- Elisa Sandri, _Il BIM per il controllo termico dell'edificio: metodologia applicata a una serra bioclimatica nel complesso sanitario del Trompone_, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, (rel. Prof. A. Osello, corel. Ing. M. Del Giudice), Politecnico di Torino, anno accademico 2017/2018.
- Ricardo M.S.F. Almeida, Eva Barreira, Vitor Cardoso, Joao Pocas Martins, Nuno M.M. Ramos, Luis Sanhudo, M. Lurdes Simoes, Building Information Modeling for energy retrofitting – A review, <<Renewable and Sustainable Energy Reviews>>, Elsevier, 2018, pp. 250-258.
- Ming Hu, Optimal Renovation Strategies for Education Buildings – A Novel BIM-BPM-BEM Framework, <<Sustainability>>, School of Architecture, Planning and Preservation, University of Maryland, 2018, pp. 2-19.
- Clarissa Di Tonno, Modello SMART per una nuova gestione del processo edilizio, <<Techne 18>>, Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli

studi G. d'Annunzio Chieti-Pescara, 2018, pp. 246-253.

- Maria Teresa Lucarelli, Elena Musinelli, Laura Daglio (a cura di), *Progettare Resiliente*, Maggioli Editore, 2018.
- Luca Mercalli, Daniele Cat Berro, *Cambiamenti climatici e impatti sui territori montani*, <<Riabitare la Montagna>>, n.04, *Scienze del Territorio*, 2018, pp. 44-57.
- Carla Rubattu, *_Modellazione BIM e Interoperabilità per l'efficientamento energetico degli edifici pubblici_*, Tesi di Laurea Magistrale Architettura per il Progetto Sostenibile, (rel. Prof. A. Osello, corel. Ing. F. M. Ugliotti), Politecnico di Torino, anno accademico 2018/2019.
- AssoBIM, *BIM Il Building Information Modeling e l'innovazione digitale delle costruzioni*, Torino, 2019.
- Fabio Bisegna, Cristina Cornaro, Laura Pompei, Giulia Spiridigliozzi, Livio De Santoli, *BIM-BEM support tools for early stages of zero-energy building design*, <<IOP Conference Series: Materials Science and Engineering>>, n. 609, Università Sapienza di Roma, 2019, pp. 1-6.
- Ehsan Kamel, Ali Memari, *Review of BIM's application in energy simulation: Tools, issues, and solutions*, <<Automation in Construction>>, Elsevier, 2019, pp. 165-178.
- Samir Lamouri, Thomas Maigne, Robert Pellerin, Léa Sattler, *Interoperabi-*

lity aims in Building Information Modeling exchanges: a literature review, <<IFAC>>, Science Direct, Elsevier, 2019, pp. 272-274.

- Ayan Sadhu, Premjeet Singh, *Multicomponent energy assessment of buildings using building information modeling*, <<Sustainable Cities and Society>>, Elsevier, 2019, pp. 2-11.
- Andrea Tolve, *_Changing buildings for a changing climate. Valutazione degli effetti del cambiamento climatico sulle prestazioni energetiche degli edifici_*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, (rel. Prof. E. Enrico, corel. Ph.D. M. Ferrara), Politecnico di Torino, anno accademico 2019/2020.
- Elva Dede, *_La progettazione bio-ispirata: l'innovazione delle tecnologie naturali in risposta al cambiamento climatico_*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, (rel. Prof. C. Bernardino, corel. Ing. M. Subhash), Politecnico di Torino, anno accademico 2019/2020.
- Salvatore Magnano, *_Dal Building Information Modeling al Building Energy Modeling: VPL per la gestione dell'interoperabilità mediante lo standard IFC_*, Tesi di Laurea Magistrale Architettura Costruzione e Città, (rel. Prof. A. Osello, corel. Ing. M. Del Giudice), Politecnico di Torino, anno accademico 2019/2020.
- *Per una nuova abitabilità delle Alpi. Architetture per il welfare e la rigenerazione*, <<ARCHALP>>, n. 04, *Rivista internazionale di architettura e paesaggio alpino*, 2020, pp. 13-17.

- BibLus BIM, BIM e certificazione energetica: ecco il BEM che rivoluzionerà il lavoro dei tecnici, 2020.
- Sergio Croce, Architettura e Adattamento, <<Techne 20>>, Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, 2020, pp. 33-38.
- Manuel Jesus Hermoso-Orzaez, Francisco Javier Montile-Santiago, Julio Terrados-Cepeda, Sustainability and Energy Efficiency: BIM 6D. Study of the BIM Methodology Applied to Hospital Buildings. Value of Interior Lighting and Daylight in Energy Simulation, <<Sustainability>>, Department of Graphic Engineering Design and Projects, Universidad de Jaén, 2020, pp. 2-25.
- Monica Lavagna, Andrea Campioli, Anna Dalla Valle, Serena Giorgi, Tecla Caroli, Strategie costruttive e valutazioni ambientali per la temporaneità, circolarità e reversibilità, <<Techne 20>>, Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, 2020, pp. 157-166.
- Firas Shalabi, Yelda Turkan, BIM-Energy simulation approach for detecting building spaces with faults and problematic behaviour, <<ITcon>>, vol. 25, Journal of Information Technology in Construction , 2020, pp. 342-356.
- Michela Morigoni, _Effetti del cambiamento climatico sulla prestazione energetica degli edifici. Studio di un edificio residenziale e di un palazzo uffici mediante simulazione dinamica_, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile,

(rel. Prof. V. Corrado, corel. Ph.D. M. P. Tootkaboni), Politecnico di Torino, anno accademico 2020/2021.

- Agenzia delle Entrate, Tutti Gli Sconti Della Precompilata 2021 - Tratto dalla circolare n. 7 del 25/06/2021, 2021, pp. 341-498.
- Marina Block, Monica Rossi-Schwarzenbeck, Strategie Social openBIM per gli enti gestori dell'edilizia residenziale pubblica, <<Techne 21>>, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, 2021, pp. 236-247.

Sitografia

- <http://www.comuni-italiani.it/005/005/clima.html>
- <https://almasoft.it/2020/12/22/dal-bim-al-model-use/>
- <https://www.digitalbimitalia.it/it/i-focus-e-i-percorsi-di-digitalbim/>
- <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x/FINAL/HTML/ifcsharredbldgelements/lexical/ifcwindow.html#definition>
- https://www.espa.enea.it/images/seminariwebinar/Moreno_WS_Geno-va_22_10_18.pdf
- <https://www.ibimi.it/cambiamenti-climatici-una-strategia-regionale-per-lefficienza-energetica/>
- <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3287>
- <https://www.smartspace.it/it/bim-normativa-italiana-guida/>
- <https://www.lavoripubblici.it/news/superbonus-110-pnrr-proposta-proroghe-commissione-europea-26300>
- <https://www.forumpa.it/economia/pnrr-piano-nazionale-di-ripresa-e-resilienza-cose-e-cosa-prevede-missioni-risorse-progetti-e-riforme/>
- <https://iris.polito.it/handle/11583/2731005?mode=full.9940#.YZE922DMKMp>
- <https://www.infobuild.it/approfondimenti/architettura-resiliente-sostenibile-progettazione-urbana/>
- <http://www.dislivelli.eu/blog/il-futuro-della-montagna.html>
- https://issuu.com/planumnet/docs/downscaling_rightsizing_cassatella_8.06
- <https://www.ingenio-web.it/31608-pubblicato-il-decreto-bim-ecco-le-nuove-scadenze-per-la-digitalizzazione-degli-appalti-pubblici>
- <https://www.ingenio-web.it/29519-nuova-norma-uni-en-17412-1-dai-lod-al-livello-di-fabbisogno-informativo>
- <https://www.O1building.it/bim/fabbisogno-informativo-bim-evoluto-lod-loin/>
- <https://blog.archicad.it/bim/evoluzione-dei-lod-i-livelli-di-fabbisogno-informativo-nella-uni-17412-1>
- <https://www.O1building.it/bim/building-energy-modeling-valutare-gestire-risorse/>
- <https://www.architetturaecosostenibile.it/green-life/curiosita-ecosostenibili/simulazioni-energetiche-stazionarie-dinamiche-403>
- <https://www.forumpa.it/economia/pnrr-piano-nazionale-di-ripresa-e-resilienza-cose-e-cosa-prevede-missioni-risorse-progetti-e-riforme/>

- <https://www.ediltecnico.it/speciale/detrazione-65-percento-ecobonus-ri-qualificazione-energetica/>
- <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/introduzione-bonus-facciate>
- <https://www.iso.org/standard/51622.html>

