



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



Ministero della Transizione Ecologica



Ricerca di Sistema elettrico

Linee guida per la diagnosi energetica degli edifici con metodologia BIM

Giulia Centi, Marco Morini

Report RdS/PTR2021/111

LINEE GUIDA PER LA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI CON METODOLOGIA BIM

Giulia Centi, Marco Morini (ENEA)

Con il contributo di: F. Margiotta, L. Pazzola, R. Sannino (ENEA)

Dicembre 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico (oggi Ministero della Transizione Ecologica) - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - III annualità

Obiettivo: *N. 1 - Tecnologie*

Progetto: *1.5 - Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti*

Work package: *1 - Edifici ad alta efficienza energetica*

Linea di attività: *LA1.20 - Applicazioni e criticità dei modelli BIM per le Diagnosi Energetiche – Parte III*

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi

Responsabile del Work package: Domenico Iatauro

Indice

SOMMARIO.....	5
1 INTRODUZIONE	6
2 PROCESSO DI GESTIONE DELLE INFORMAZIONI: INCARICO, CONSEGNA E CHIUSURA	8
2.1 ATTIVAZIONE DELL'INCARICO	12
2.2 CONSEGNA DEL MODELLO INFORMATIVO E CHIUSURA DELLA COMMESSA	15
2.3 SCAMBI INFORMATIVI CON IL MODELLO PIM	18
3 REQUISITI DI SCAMBIO DELLE INFORMAZIONI PER LE DIAGNOSI ENERGETICHE: DAL CAPITOLATO INFORMATIVO AL PIANO DI GESTIONE INFORMATIVA.....	19
3.1 L'ESPERIENZA DEI PRINCIPALI PROTAGONISTI DEL MERCATO EDILIZIO BIM.....	22
3.1.1 <i>Approfondimento: l'esperienza dell'Agenzia del Demanio</i>	26
3.2 INDICAZIONI PER LA DEFINIZIONE NEL CAPITOLATO INFORMATIVO DEI REQUISITI DELLE DIAGNOSI ENERGETICHE.....	28
4 LINEE GUIDA PER LA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI CON METODOLOGIA BIM	32
INTRODUZIONE	33
4.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	34
4.2 RIFERIMENTI NORMATIVI	34
4.3 TERMINI E DEFINIZIONI	35
4.4 SIMBOLI E UNITÀ DI MISURA	37
4.5 DIAGNOSI ENERGETICA.....	37
4.5.1 <i>Soggetti coinvolti nella Diagnosi Energetica</i>	38
4.5.2 <i>Requisiti del REferente della Diagnosi Energetica</i>	39
4.5.3 <i>Requisiti della diagnosi energetica</i>	40
4.6 PROCEDURA DI DIAGNOSI ENERGETICA BIM	40
4.6.1 <i>Il contatto preliminare – Gerarchia requisiti informativi: sub processo attivazione dell'incarico</i>	43
4.6.2 <i>L'incontro di avvio</i>	46
4.6.3 <i>Raccolta documentazione tecnica</i>	46
4.6.4 <i>Attività in campo</i>	47
4.6.5 <i>Modello informativo BIM ottimizzato per l'analisi energetica</i>	47
4.6.5.1 Importazione del modello nel software di analisi.....	53
4.6.5.2 Verifica e ottimizzazione del modello	53
4.6.6 <i>Analisi dei consumi reali e costruzione dell'inventario energetico</i>	54
4.6.7 <i>Indicatori di prestazione energetica</i>	54
4.6.8 <i>Individuazione delle azioni d'incremento dell'efficienza energetica</i>	54
4.6.9 <i>Simulazioni del sistema edificio-impianto (energetiche)</i>	55
4.6.10 <i>Validazione della simulazione del sistema edificio-impianto</i>	55
4.6.11 <i>Valutazione risparmi energetici conseguibili</i>	55
4.6.12 <i>Analisi costi benefici</i>	55
4.6.13 <i>Classificazione nell'ambito della certificazione energetica</i>	55
4.6.14 <i>Diagnosi energetica e classificazione energetica da APE</i>	55
4.6.15 <i>Il Rapporto</i>	55
4.6.16 <i>Incontro finale - Consegna del contenitore Informativo e chiusura della commessa</i>	56
5 RESTITUZIONE DEI RISULTATI DI UNA DIAGNOSI: CREAZIONE E PROPOSTA DI PSET ENERGETICI PERSONALIZZATI	58
6 VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEI BENEFICI DI ANALISI ENERGETICHE BIM.....	68
6.1 L'ESPERIENZA DEI PROTAGONISTI DEL SETTORE: LA REVIEW DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA	70
6.2 L'ESPERIENZA DEI PROTAGONISTI DEL SETTORE: IL SONDAGGIO	71
6.3 CONSIDERAZIONI FINALI	74

7	VALIDAZIONE DELLA METODOLOGIA.....	75
8	CONCLUSIONI.....	76
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	79
10	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	83

Sommario

Il forte interesse che la transizione digitale delle PMI e della pubblica amministrazione riveste per il nostro paese è dimostrato anche dal rilevante ruolo che riveste la missione “Digitalizzazione, innovazione, competitività” tra i diversi obiettivi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) presentato dall’Italia alla commissione europea in aprile 2021.

Tra le modalità di investimento dei fondi previsti all’interno del programma Next Generation EU (NGEU), rivela importanza anche la transizione energetica, con allocazione di 79 miliardi, dei quali circa 30 sono dedicati all’ambito dell’Efficienza energetica e della riqualificazione degli edifici, a conferma della necessità di miglioramento della performance energetica del nostro vasto parco edilizio esistente.

In linea con le precedenti linee di ricerca [1], [2] e per capitalizzarne i risultati, il presente lavoro attua il connubio di entrambi gli obiettivi, contribuendo alla standardizzazione del processo di gestione informativa della diagnosi energetica (DE) di edifici all’interno della piattaforma aperta BIM mediante la stesura di specifiche linee guida. Vengono, così, fornite indicazioni per l’implementazione dell’attuale procedura di diagnosi energetica definita nel rapporto tecnico UNI/TR 11775:2020, avendo due prioritari obiettivi: il primo consiste nella valorizzazione della visione olistica del processo lungo l’intero ciclo di vita attraverso una attenta analisi e sviluppo del processo, dei ruoli di tutti gli attori coinvolti e degli scambi informativi dalla fase di definizione dei bisogni della committenza dal livello aziendale fino alla fase di gestione del bene; il secondo consiste nel fornire ai protagonisti del processo un supporto pratico immediato per agevolare il più possibile questa fase di transizione verso l’adozione piena e consapevole della metodologia BIM.

La definizione di uno standard che possa essere da tutti condiviso deve necessariamente tenere presenti tutte le esigenze e gli obiettivi degli operatori dell’intero processo edilizio. Per questo, alla predisposizione delle linee guida per le diagnosi energetiche per gli edifici secondo la metodologia BIM (Capitolo 4), si è pervenuti dopo l’approfondimento delle attività della mappa di processo di analisi energetica poste in carico al committente e al responsabile del modello informativo (Capitolo 2) e dopo la definizione, dei documenti informativi che devono essere predisposti per la definizione della gara e dell’incarico – quali il Capitolato informativo (CI) e il piano di gestione informativa (pGI) – che devono contenere tutti gli elementi fondamentali del processo di gestione informativa, anche relativamente agli aspetti energetici (Capitolo 3).

La ricerca ha consentito, inoltre, di approfondire l’elenco dei parametri che caratterizzano la diagnosi energetica definito nella precedente annualità (Capitolo 5), con un duplice intento: da un lato, individuare i requisiti informativi minimi necessari per l’implementazione degli aspetti energetici nello schema dati aperto IFC; dall’altro, fornire ai tecnici una check-list per la scrittura di set di proprietà (Pset) personalizzati, proposti allo scopo di restituire i risultati di una diagnosi energetica nel modello informativo dell’edificio.

Infine, nel Capitolo 6 si riporta una valutazione tecnico-economica dei benefici connessi all’adozione della metodologia BIM nel processo di analisi energetica, perché promuovere l’applicazione del BIM significa anche accrescere la consapevolezza che la digitalizzazione del processo edilizio rappresenta un’opportunità piuttosto che un obbligo normativo.

1 Introduzione

Il lavoro oggetto del presente report è stato svolto nell'ambito della terza annualità dell'attività di ricerca "Applicazioni e criticità dei modelli BIM per le Diagnosi Energetiche" all'interno del Work Package relativo agli Edifici ad alta efficienza energetica (WP1), parte del progetto 1.5 "Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti", nell'ambito dell'Accordo di Programma 2019-2021, tra MISE ed ENEA, per le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale. Si conclude così, il triennio di ricerca che si è prefisso l'obiettivo di implementare, in ambito BIM, l'analisi e simulazione energetica degli edifici esistenti ad elevate prestazioni energetiche e favorirne lo sviluppo nel processo open BIM per la condivisione completa, efficace ed automatica delle informazioni nella piattaforma interoperabile BIM.

In particolare, i risultati della prima annualità [1] hanno consentito di definire l'ambito di intervento e le azioni da intraprendere per il superamento delle criticità esistenti nello scambio informativo tra software BIM e software BEM, evidenziando come prioritario, l'inserimento anche dell'analisi energetica nel processo BIM attraverso l'implementazione di uno scambio dati aperto ed interoperabile e la definizione di standard e di linee guida chiare che possano supportare tutti gli attori coinvolti nel processo.

La seconda annualità [2] ha proseguito in questa direzione attraverso: l'analisi e la definizione del processo informativo delle Diagnosi Energetiche; l'analisi delle problematiche di interoperabilità nella condivisione dei dati e delle informazioni tra i diversi applicativi software utilizzati lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio e l'individuazione delle soluzioni per il loro superamento nell'ottica di una interoperabilità piena non legata a specifici software proprietari. A quest'ultimo fine, si è ritenuto opportuno utilizzare la metodologia IDM/MVD (Information Delivery Manual/ Model View Definition), basata su uno standard internazionale e uno schema dati aperto (IFC, Industry Foundation Classes), contribuendo alla implementazione di un IDM specifico per le diagnosi energetiche con la definizione del work-flow e del flusso informativo del processo di diagnosi (mappa di processo) e con la definizione dei parametri minimi necessari per l'esecuzione della diagnosi.

Sulla base degli output delle precedenti annualità e di ulteriori approfondimenti condotti nel corso della presente annualità, sono riportati nel testo i suggerimenti e le raccomandazioni per l'implementazione, secondo la metodologia BIM, delle linee guida attualmente esistenti per le diagnosi energetiche [3], tenendo ben presente la necessità sia di contemplare l'intero processo edilizio e tutti i suoi attori traguardando la maturità piena del BIM sia di fornire uno strumento standard contenente indicazioni pratiche per incoraggiare i protagonisti della filiera all'adozione immediata della metodologia.

Per il primo punto, occorre tenere presente che, con la digitalizzazione del mondo delle costruzioni, si va nella direzione, sempre più sentita a livello internazionale, di progettare, costruire e gestire edifici che, al minor costo possibile, siano in grado di rispondere a esigenze e prestazioni sempre più elevate, che siano sempre più sicuri, con minore impatto ambientale e che, contestualmente, siano interconnessi con il contesto ambientale ed urbano nel quale sono inseriti. Una trasformazione così radicale, che investe aspetti di tipo comportamentale oltre che di tipo tecnologico, può compiersi solo se intervengono attivamente e secondo standard ed indirizzi condivisi e aperti, tutti gli stakeholder del settore delle costruzioni e, dunque, non solo coloro che sono direttamente coinvolti nel processo di produzione e gestione delle informazioni (committenti, progettisti, produttori, fornitori, costruttori), ma anche gli organismi della pubblica amministrazione coinvolti nei procedimenti legislativi e amministrativi quali possono essere, ad esempio, gli uffici pubblici predisposti allo svolgimento degli iter autorizzativi. Le grandi stazioni appaltanti pubbliche possono fungere da volano per lo sviluppo del processo edilizio BIM, sia nell'incentivarne l'applicazione da parte delle stazioni appaltanti locali e della committenza privata, sia nell'innalzamento del livello di qualità degli altri stakeholder (fornitori, produttori, ecc.), perché per uno sviluppo globale occorre il cambiamento e l'impegno di tutti.

Inoltre, è auspicabile che il processo di gestione informativa di una diagnosi energetica, così come qualsiasi altro uso, segua il processo delineato a livello internazionale e recepito a livello nazionale dalle norme UNI

EN ISO 19650: l'identificazione della gerarchia dei requisiti informativi della diagnosi energetica deve avvenire all'interno dell'intero processo di produzione e gestione delle informazioni, con individuazione del flusso informativo partendo dai requisiti informativi dell'organizzazione (OIR) e dai requisiti informativi del cespite immobile (AIR), passando per i requisiti di scambio delle informazioni dello specifico contratto (EIR nelle norme 19650, CI nelle UNI 11337); la risposta a questi requisiti conduce alla creazione dei modelli informativi della specifica commessa (PIM, Project Information Model) da utilizzare durante la progettazione, produzione e messa in opera del bene costruito e la creazione del modello informativo del cespite immobile (AIM, Asset Information Model) da utilizzare durante l'uso, gestione e manutenzione del bene costruito.

Per dare impulso all'utilizzo del BIM anche nell'ambito dell'esecuzione di una diagnosi e dell'analisi energetica di un edificio esistente, le linee guida proposte in questo lavoro riprendono e integrano per quanto concerne gli aspetti connessi al BIM le Linee guida esistenti per le diagnosi energetiche degli edifici [3]. In particolare contengono indicazioni e raccomandazioni per la corretta modellazione BIM, elaborate a partire da valutazioni sperimentali su casi studio e finalizzate a semplificare e rendere più efficiente il lavoro dei tecnici diagnostici e garantire il più possibile uno scambio automatico delle informazioni finalizzate alle analisi di tipo energetico con riduzione significativa del lavoro dei tecnici per l'ottimizzazione e per la correzione del modello dell'edificio oggetto di diagnosi, nelle fasi di condivisione tra gli applicativi, del file IFC dello stesso.

L'attività di ricerca nei temi trattati in questo lavoro è molto attiva, comportando una continua evoluzione della conoscenza del processo di digitalizzazione. Questo vale anche per i risultati delle due precedenti linee di attività, che sono stati revisionati e integrati alla luce degli approfondimenti degli studi e delle sperimentazioni portate avanti nell'ultimo anno, senza comunque stravolgerne i contenuti. Si fa riferimento, in particolare, alla mappa di processo di diagnosi energetica BIM e all'elenco dei parametri minimi per una diagnosi energetica.

2 Processo di gestione delle informazioni: Incarico, Consegna e Chiusura

In questo capitolo e nel successivo (Capitolo 3) si approfondiscono e dettagliano alcuni aspetti contenuti nelle linee guida per le diagnosi energetiche in ambito BIM (Capitolo 4) utili alla maggiore comprensione degli stessi e a fornire una migliore chiave di lettura delle ragioni che hanno portato alle implementazioni proposte. Si è deciso di dettagliarli al di fuori della procedura di diagnosi e di fare riferimento a essi, ove necessario, nel testo delle linee guida (Capitolo 4), per mantenere uniformità di trattazione ed evitare che una spiegazione troppo ampia, facesse perdere la continuità delle attività propriamente in carico al referente della diagnosi energetica (REDE).

La metodologia BIM applicata all'industria delle costruzioni richiede un approccio olistico che interessi tutti i settori e i protagonisti a vario titolo coinvolti con necessità di un cambio di mentalità rispetto al metodo tradizionale. L'obiettivo non deve essere eseguire una determinata attività semplicemente utilizzando una metodologia di modellazione BIM, bensì implementare i singoli processi all'interno del processo edilizio strutturato secondo i fabbisogni espressi dal soggetto proponente, che consenta a tutti gli usi previsti di essere coerenti, interconnessi e interoperabili tra loro lungo l'intero ciclo di vita.

Concetto, questo, bene espresso dalle norme UNI EN ISO 19650 (paragrafo 4.2) alle quali si è fatto riferimento nel corso dell'intero triennio di ricerca, unitamente alle UNI 11337 (paragrafo 4.2) che ne costituiscono allegato nazionale. Le stesse norme tecniche sono richiamate nel D.M. n. 312 del 02/08/2021 - che modifica il D.M. n. 560 del 01/12/2017 - quale riferimento per le specifiche tecniche contenute nella documentazione di gara, nel capitolato informativo e nella restante documentazione di gara¹.

Le norme della serie ISO 19650 costituiscono linee di indirizzo generali a livello internazionale per la gestione informativa del processo BIM, con l'obiettivo di uniformare le specifiche tecniche inerenti la digitalizzazione dell'industria delle costruzioni. Partendo dal principio che la disponibilità di informazioni di qualità è requisito primario perché si possano prendere decisioni consapevoli e ottimizzate durante l'intero ciclo di vita del cespite immobile, tutto il processo deve essere parte di un disegno unico di Asset Management che abbia chiari ed esplicitati i bisogni e gli obiettivi aziendali e, di conseguenza, che definisca chiaramente quali sono i requisiti che consentono la loro attuazione. La domanda da soddisfare deve essere chiaramente posta dal soggetto proponente ai soggetti fornitori, perché la produzione e la fornitura delle informazioni deve svolgersi in un contesto definito e chiaro per la pluralità di soggetti coinvolti e l'enorme quantità di informazioni prodotte e scambiate.

Questi principi sono alla base della mappa di processo di diagnosi energetica BIM elaborata nella precedente attività di ricerca [2]. Come meglio dettagliato in [2], una mappa di processo rappresenta e descrive la sequenza delle attività eseguite da ogni attore e le relazioni che tra gli stessi intercorrono (flusso di lavoro) e gli scambi di informazione tra i vari partecipanti, dalla ideazione alla chiusura del processo stesso (flusso di informazioni).

In questo lavoro la mappa (Figura 1) viene ripresa al fine di esplodere e dettagliare i vari sub-processi che la compongono. In particolare il work flow del REDE in ambito BIM è specificamente dettagliato nelle linee

¹ Il DM n. 312/2021 integra l'art. 7 del DM 560/2017 con il comma 5bis:

"Al fine di assicurare uniformità di utilizzazione dei metodi e strumenti elettronici le specifiche tecniche contenute nella documentazione di gara, nel capitolato informativo e nella restante documentazione di gara, fanno riferimento alle norme tecniche di cui al Regolamento UE n.1025/2012 secondo il seguente ordine:

a) norme tecniche europee di recepimento obbligatorio in tutti i Paesi dell'Unione Europea, pubblicate in Italia quali UNI EN oppure UNI EN ISO; (al momento, non previste in ambito digitale)

b) norme tecniche internazionali ad adozione volontaria pubblicate in Italia quali UNI ISO; (come ad esempio le recenti norme UNI EN ISO 19650)

c) norme tecniche nazionali negli ambiti non coperti dalle UNI EN ed UNI ISO, pubblicate in Italia quali UNI (come ad esempio la serie UNI 11337).

Inoltre aggiunge al 5-ter "In assenza di norme tecniche di cui al comma 5-bis, lettere a), b) e c), si fa riferimento ad altre specifiche tecniche nazionali od internazionali di comprovata validità."

guida (Paragrafo 4.6), mentre di seguito si approfondiscono le attività poste in carico al soggetto proponente/committente, ovvero la fase iniziale di “Assegnazione dell’incarico” (2.1) che dà avvio al processo di diagnosi e porta alla definizione dei piani di gestione informativa (pGI) e le fasi finali di “Consegna del modello informativo” e “Chiusura della commessa” (2.2), che portano all’accettazione da parte del committente del contenitore informativo (4.3) predisposto dal REDE e alla conseguente chiusura del contratto. Nel paragrafo 2.3 si analizzano, infine, le relazioni che intercorrono tra il REDE e il responsabile per la realizzazione/aggiornamento del modello informativo BIM.

Ricordiamo che, per contestualizzare lo specifico processo di DE, si è fatto riferimento a un’ipotetica fase di progettazione fattibilità tecnica ed economica - essendo opportuno che l’analisi energetica sia svolta nelle primissime fasi della progettazione - e si è considerato il caso più generico – allo stato attuale maggiormente plausibile - in cui nella commessa sia prevista la realizzazione contestuale del modello nativo BIM, piuttosto che il caso in cui il modello nativo fosse già esistente e se ne prevedesse il solo, eventuale, aggiornamento. Ovviamente i contesti possono essere altri in quanto basati su requisiti informativi diversi, definiti dal committente per soddisfare le proprie esigenze e i propri obiettivi (dipendenti anche da quanto previsto dagli standard e dalle normative applicabili).

Inoltre, per la rappresentazione grafica dei processi, si è fatto riferimento alla Business Process Modeling Notation (BPMN, ratificato come ISO/IEC 19510:2013 [4]), la notazione grafica standard per strutturare e visualizzare i processi attraverso diagrammi di flusso che descrivono le fasi, i compiti, le responsabilità e, soprattutto, le informazioni scambiate².

Prima di entrare nel dettaglio del processo si ritiene opportuno un approfondimento due termini che verranno di seguito utilizzati per identificare le informazioni che vengono scambiate tra i vari attori, più precisamente si parlerà di **modelli informativi** e di **contenitori informativi**. Nel paragrafo(4.3) sono riportate le definizioni date della norma UNI EN ISO 19650-1 [5] e in Figura 3 è rappresentato lo schema esemplificativo con esplicitazione dei possibili contenitori informativi per la diagnosi energetica. I contenitori informativi sono l’insieme di modelli, elaborati e documenti che contengono le informazioni che ogni soggetto incaricato deve fornire contrattualmente per rispondere ai requisiti richiesti dal committente. L’aggregazione o federazione dei contenitori informativi di tutti i gruppi di fornitura andrà a costituire il modello informativo nell’ACDat (CDE) che identificherà il bene immobile per l’intero ciclo di vita. La norma distingue i seguenti due modelli informativi a seconda delle due principali fasi del processo edilizio:

- **PIM (Project Information Model - Modello Informativo della commessa):** corrisponde al modello informativo aggregato dei contenitori creati dai soggetti incaricati durante la progettazione, produzione e messa in opera del bene costruito. Nel PIM il livello di fabbisogno informativo aumenta man mano che il progetto evolve dalla sua fase concettuale alle fasi successive, fino alla costruzione del bene, quando gli oggetti generici dovrebbero essere sostituiti dagli oggetti realmente installati.
- **AIM (Asset Information Model - Modello Informativo del cespite immobile):** è il modello informativo aggregato utilizzato durante l’uso, la gestione e la manutenzione del bene costruito e può essere identificato come il modello informativo dell’esistente. Dovrebbe essere costantemente aggiornato ogni volta che intervengono modifiche/interventi nell’edificio reale, magari integrato con un sistema di monitoraggio e controllo, quali BMS (Building Management Systems) e reti IoT (Internet of Things).

Per i progetti di nuova costruzione o per i progetti di riqualificazione di edifici non ancora digitalizzati, si realizza il PIM non esistendo il modello informativo dell’esistente. Viceversa, per i progetti su strutture esistenti, il punto di partenza sarà chiaramente il modello informativo “as is”, ovvero l’AIM. In sintesi, il PIM fornisce, nelle varie fasi della vita dell’immobile, le informazioni necessarie prima per creare l’AIM e poi per mantenerlo aggiornato.

² Per approfondimenti sui concetti principali del BPMN si può fare riferimento a [2] e alla “Guida veloce” [6][6] predisposta da buildingSMART International che tiene conto degli aspetti della notazione comunemente usati per lo sviluppo dell’Information Delivery Manual (IDM).

Relativamente al work-flow di Figura 1, si evidenzia che la mappa è stata in parte modificata rispetto a quella rappresentata in [2], perché gli ulteriori studi affrontati – in particolare sui Capitolati Informativi esistenti – e lo sviluppo nel dettaglio della procedura di diagnosi energetica, hanno rilevato la necessità di ottimizzazioni nel flusso di scambio informativo tra REDE, architetto/modellatore BIM e committente per le fasi di consegna dei contenitori informativi. Quello che deve essere garantito, o almeno che si deve puntare a garantire, è il costante aggiornamento all'interno della piattaforma BIM, delle informazioni legate ai singoli oggetti parametrici e all'edificio nel suo complesso, in modo che le stesse possano essere reperite/aggiornate per tutti gli usi successivi, in particolare durante la fase di gestione/manutenzione del bene nel tempo. Questo aggiornamento è posto in carico al responsabile del modello informativo BIM. Pertanto, prima della consegna al committente, i dei due contenitori informativi, quello post-diagnosi, ed eventualmente quello proposta interventi (definiti in Tabella 7 e approfonditi nel prosieguo) vengono condivisi dal REDE all'architetto/modellatore BIM affinché lo stesso provveda sia all'aggiornamento del modello informativo con i risultati della DE sia alle azioni di coordinamento e verifica di eventuali incongruenze ed interferenze degli interventi proposti con – eventuale conseguente attivazione del sub-processo di gestione e risoluzione dei problemi. Questi dati saranno disponibili per usi futuri del BIM nell'intero ciclo di vita dell'asset, in particolare per il progettista MEP (Mechanical Electrical Plumbing) per la progettazione degli interventi di riqualificazione scelti, ma anche per la valutazione dell'impatto ambientale, la stima dei costi, il coordinamento dei modelli di progetto, ecc... A conclusione dell'incarico rimane la consegna finale dell'intero contenitore informativo dal responsabile della diagnosi al committente (sub-processo consegna, paragrafo 2.2).

Come si è già avuto modo di dire, allo stato attuale questa condivisione non riesce a compiersi in maniera interoperabile e completa. Per massimizzare le potenzialità del BIM lungo l'intero ciclo di vita, il flusso delle informazioni dovrebbe poter essere bidirezionale e continuo: dati di input e dati di output dovrebbero potersi svolgere in un continuo scambio dinamico tra i contenitori informativi delle varie discipline tecniche e il modello informativo BIM nell'ACDat. A ciò risulta necessario non solo l'utilizzo di standard aperti, ma anche la disponibilità di banche dati, anch'esse basate su standard aperti, nelle quali i fornitori possano caricare gli oggetti digitali dei loro prodotti e l'utilizzatore possa allineare il modello digitale all'edificio reale semplicemente inserendo, nell'oggetto BIM, un link all'oggetto digitale in banca dati.

Nel workflow BIM, la struttura del soggetto proponente ha un ruolo fondamentale e centrale nel processo di gestione e produzione delle informazioni BIM, per la definizione degli scambi informativi da e verso l'ambiente di condivisione dati (ACDat) tra i protagonisti del processo (soggetto proponente, soggetti incaricati principali, soggetti incaricati, ecc.), definiti nel dettaglio nel capitolato informativo (CI). Per l'esplicitazione dei sub-processi eseguiti dal committente, si è fatto riferimento al punto 5 della UNI EN ISO 19650-2:2019 [7] "Processo di gestione delle informazioni durante la fase di consegna dei cespiti immobili" e si descrivono tre delle otto fasi nelle quali il processo viene suddiviso, più esattamente:

- L'incarico che si riferisce al punto 5.4 "*Processo di gestione delle informazioni - Incarico*";
- La consegna del modello informativo che si riferisce al punto 5.7 "*Processo di gestione delle informazioni-Consegna del modello informativo*";
- La chiusura della commessa che si riferisce al punto 5.8 "*Processo di gestione delle informazioni-Chiusura della commessa*".

Il processo di gestione informativa inizia ogni volta che si conferisce un incarico, ovvero in occasione di quello che la UNI EN ISO 19650-1 definisce evento scatenante (es. conferimento di incarico per la redazione della diagnosi energetica). I flussi di lavoro e di informazione vengono, di seguito, caratterizzati per lo specifico processo di DE, evidenziando gli aspetti rilevanti con collegamento e richiamo ai corrispondenti punti delle linee guida (Capitolo 4).

Pur considerando la fase attualmente in atto di revisione e, in alcuni casi, di completamento della serie delle norme nazionali UNI 11337, necessaria per allinearle alle preminenti norme ISO 19650, in questo capitolo si fa riferimento anche alla UNI 11337-5:2017 [8] che definisce i ruoli, le regole ed i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati.

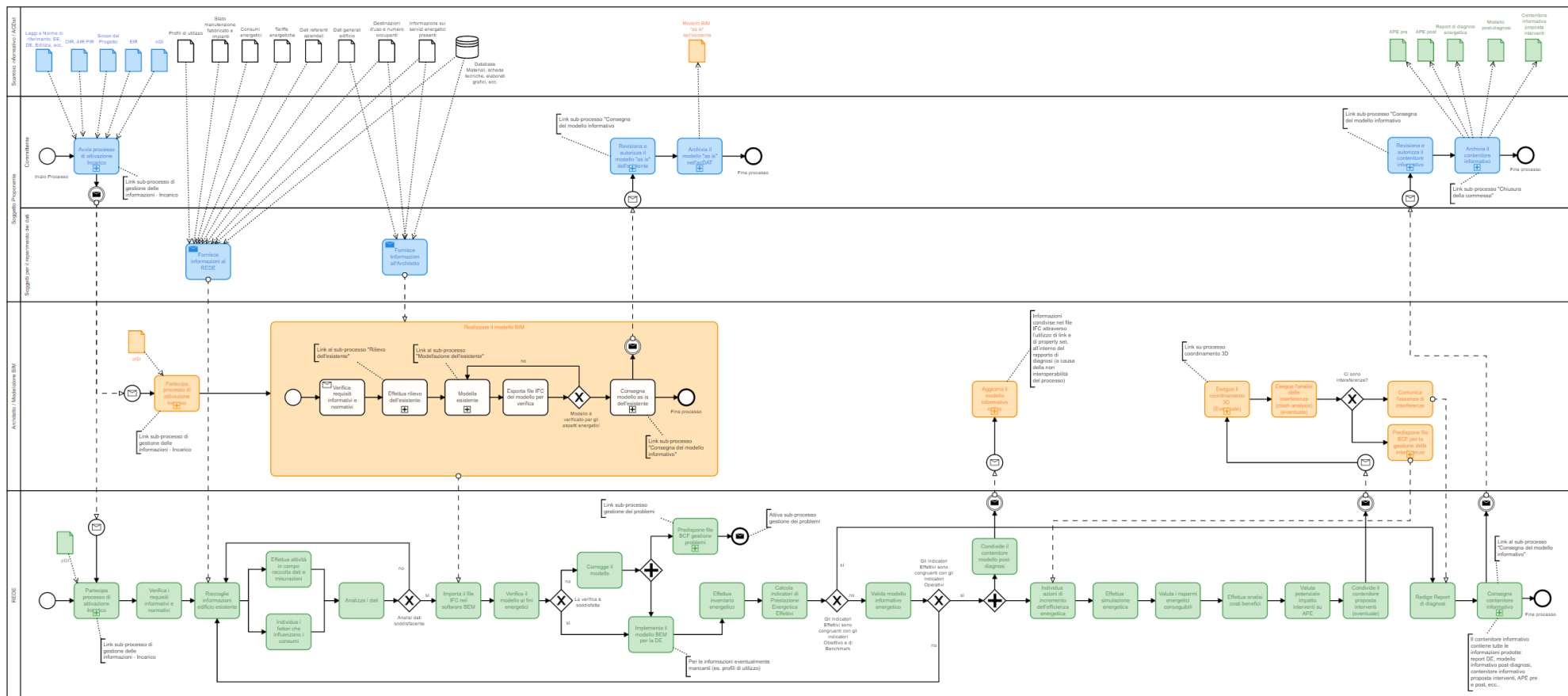


Figura 1: Mappa processo diagnosi energetica BIM–flusso di lavoro e flusso delle informazioni

2.1 Attivazione dell'incarico

L'attivazione dell'incarico da parte del committente dà inizio al processo di DE. In Figura 2 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è descritta la mappa di processo prevista al punto 5.4 "Processo di gestione delle informazioni – Incarico" della UNI EN ISO 19650-2 [7]. Lo scopo principale delle attività previste è di confermare e condividere il piano di gestione informativa dei gruppi di fornitura e di svolgere tutte le azioni necessarie per dare l'avvio agli incarichi.

Prima di entrare nella descrizione del sub-processo, è necessario fare un breve richiamo ai documenti propedeutici a questa fase di attivazione del processo, tra i quali quelli che definiscono, a livello aziendale, la gerarchia dei requisiti informativi per una gestione strutturata dei dati:

- **Leggi e norme di riferimento** in tema di efficienza energetica ed edilizia (paragrafo 4.2)
- **OIR (Organization Information Requirements - Requisiti Informativi dell'organizzazione)**: in questo documento il soggetto proponente definisce le esigenze organizzative e gli obiettivi strategici aziendali a medio e lungo termine per i quali individua anche indicatori e target per la loro misurabilità. Individua le modalità per il loro soddisfacimento, ovvero stabilisce – anche relativamente agli aspetti energetici – quali siano i requisiti informativi da soddisfare (a livello di strategie di mercato, business, ecc.). Alcuni esempi di obiettivi sui traguardi energetici potrebbero essere:
 - Definire un piano di riqualificazione energetica e sostenibile che porti ad un determinato miglioramento delle performance, magari con miglioramento della qualità indoor dell'aria;
 - Promuovere l'immagine green aziendale grazie ad una riduzione dell'impatto ambientale;
 - Definire un piano per la digitalizzazione che si estenda sull'intero ciclo di vita del bene, con particolare riguardo alla fase di gestione e manutenzione;
 - Conformità ad obblighi legislativi cogenti;
 - Conformità ad obblighi volontari;
- **AIR (Asset Information Requirements - Requisiti Informativi del cespite immobile)**: differisce dall'OIR perché si riferisce allo specifico cespite immobile (edificio o complesso di edifici) e definisce gli aspetti gestionali, commerciali e tecnici della produzione informativa che i soggetti incaricati devono seguire.
- **PIR (Project Information Requirements - Requisiti Informativi della commessa)**: è il documento con il quale il soggetto proponente identifica le informazioni necessarie per implementare gli obiettivi strategici di alto livello della specifica commessa. Rappresenta, dunque, il fabbisogno informativo dell'azienda per la specifica commessa ed è il riferimento per l'organizzazione dei contenuti informativi e la definizione dei requisiti di scambio informativo nel successivo Capitolato Informativo. Consente di strutturare in maniera organizzata i contenuti informativi diminuendo i rischi legati alla loro gestione, soprattutto con riferimento agli scambi informativi tra una fase e l'altra, tra un attore e l'altro, momenti che, nei processi edilizi tradizionali, si concentrano i maggiori rischi di perdita dei dati e aggravamento in termini di costi, tempi ed efficacia **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- **EIR (Requisiti di scambio delle informazioni) o CI (Capitolato Informativo)**: è il documento che definisce la modalità di risposta alle esigenze espresse nei documenti precedenti e fornisce una descrizione in termini non tecnici delle informazioni da scambiare. Sarà introdotto al capitolo 3.

Il work-flow dettagliato in Figura 2 rappresenta il sub-processo che dà avvio al processo principale descritto in Figura 1. Come quest'ultimo, esso riporta delle corsie nelle quali sono descritte in sequenza le azioni che ogni protagonista deve compiere nonché le connessioni e gli scambi informativi che intercorrono tra di loro. È stata anche qui inserita la corsia dell'ACDat della committenza per esplicitare le informazioni che vengono scambiate; inoltre, in corrispondenza di ogni azione sono elencati gli adempimenti attesi dalla stessa, come

definiti nei corrispondenti punti della UNI EN ISO 19650-2 [7], per dare immediata visione della collocazione nel work-flow di quanto previsto nel pGI (piano di gestione informativa) (Capitolo 3) che definisce nel dettaglio le modalità e le regole attraverso le quali l’Affidatario effettuerà le consegne (Contenitore informativo) per rispondere alle esigenze informative del committente identificate nel CI.

Obiettivo di questo processo è dettagliare i metodi e le procedure per la produzione delle informazioni e definire i nominativi dei responsabili. Gli attori che entrano in gioco sono:

- Il **soggetto proponente/committente** che dà avvio al processo e che, dopo la valutazione dell’intera documentazione acquisita, predispone l’incarico al soggetto incaricato principale e chiude il processo di attribuzione dell’incarico.
- Il **soggetto incaricato principale** che può anche, in caso di incarico diretto, coincidere con il soggetto incaricato (nel caso specifico il REDE) e che coordina l’intero gruppo di fornitura, acquisendo e valutando i documenti di ogni singolo incaricato, al fine di predisporre il pGI del gruppo di fornitura e, ottenuto il suo incarico, assegnare i singoli incarichi al suo team.
- Il **soggetto incaricato**, nel caso specifico il REDE, che predispone e trasmette il proprio pGI.

Quindi per ogni soggetto incaricato deve essere riportata la corrispondente corsia.

Nel dettaglio, ogni soggetto incaricato che si è aggiudicato la gara – il REDE per la diagnosi energetica – deve confermare e dettagliare l’Offerta di gestione informativa (oGI) che ha predisposto in fase di gara redigendo il pGI, in collaborazione con il soggetto incaricato principale e in accordo con il committente, comprensivo del Piano di Consegna delle informazioni (IDP) costituiti da tabelle nelle quali vengono dettagliati i tempi e i riferimenti dei responsabili per la consegna di ogni specifico contenitore informativo (paragrafo 2.2), elaborato o documento prodotto o previsto.

Il soggetto incaricato principale, partendo dai documenti di alto livello e acquisiti i piani di consegna delle informazioni di ogni gruppo incaricato, aggiorna la matrice dettagliata delle responsabilità che definisce i ruoli e le responsabilità per ogni funzione della gestione informativa individuata³ e predispone il piano di consegna generale dei contenitori informativi. Questo porta ad identificare il flusso di informazioni del gruppo di fornitura, le informazioni che devono essere scambiate, le tempistiche e i protagonisti e i responsabili dello scambio, partendo da quanto richiesto nel capitolato informativo (Capitolo 3).

La principale documentazione che il soggetto proponente deve tenere in considerazione per l’assegnazione del vincitore della gara, comprende in via indicativa: OIR, PIR, AIR, EIR/CI (sia del soggetto proponente sia del soggetto incaricato principale⁴), oGI, nonché scopo del progetto e leggi e norme di riferimento per efficienza energetica (EE), diagnosi energetica (DE), edilizia.

Le principali documentazioni che il soggetto proponente e il soggetto incaricato principale devono valutare prima dell’assegnazione degli incarichi, ognuno per le proprie competenze, comprendono in via prioritaria il Piano di gestione delle Informazioni (pGI) e il piano di consegna delle informazioni (IDP), in quanto definiscono in ogni dettaglio la gestione della fornitura delle informazioni (tipologia di informazioni, modalità di consegna e coordinamento, tempi, responsabilità, destinatari, livello di fabbisogno informativo, ecc.).

Per quanto concerne l’incarico di elaborazione della diagnosi energetica, le linee guida (Capitolo 4) possono fornire un importante contributo alla definizione dei requisiti informativi perché dettagliano ogni aspetto della procedura ed, in particolare, forniscono l’elenco dei parametri minimi che la caratterizzano. Un valido

³ In Appendice A della norma UNI EN ISO 19650-2:2019 è riportato un esempio di matrice delle responsabilità. Si tratta di una matrice RACI che mette in relazione l’attività da svolgere con il soggetto che deve svolgerla attraverso quattro tipi di relazioni: Responsible (R), colui che esegue e assegna l’attività; Accountable (A), colui che ha la responsabilità sul risultato dell’attività; Consulted (C), colui che aiuta e collabora con il Responsible per l’esecuzione dell’attività; Informed (I), colui che deve essere informato al momento dell’esecuzione dell’attività.

⁴ La norma 19650-2, prevede che il soggetto incaricato principale, partendo da quanto richiesto dal committente nel CI, elabori propri capitolati informativi per ciascun soggetto incaricato in modo da definire con chiarezza i propri requisiti di scambio informativi.

supporto per la definizione delle attività previste può essere altresì fornito dalla mappa dei flussi di lavoro e delle informazioni di DE BIM in Figura 1.

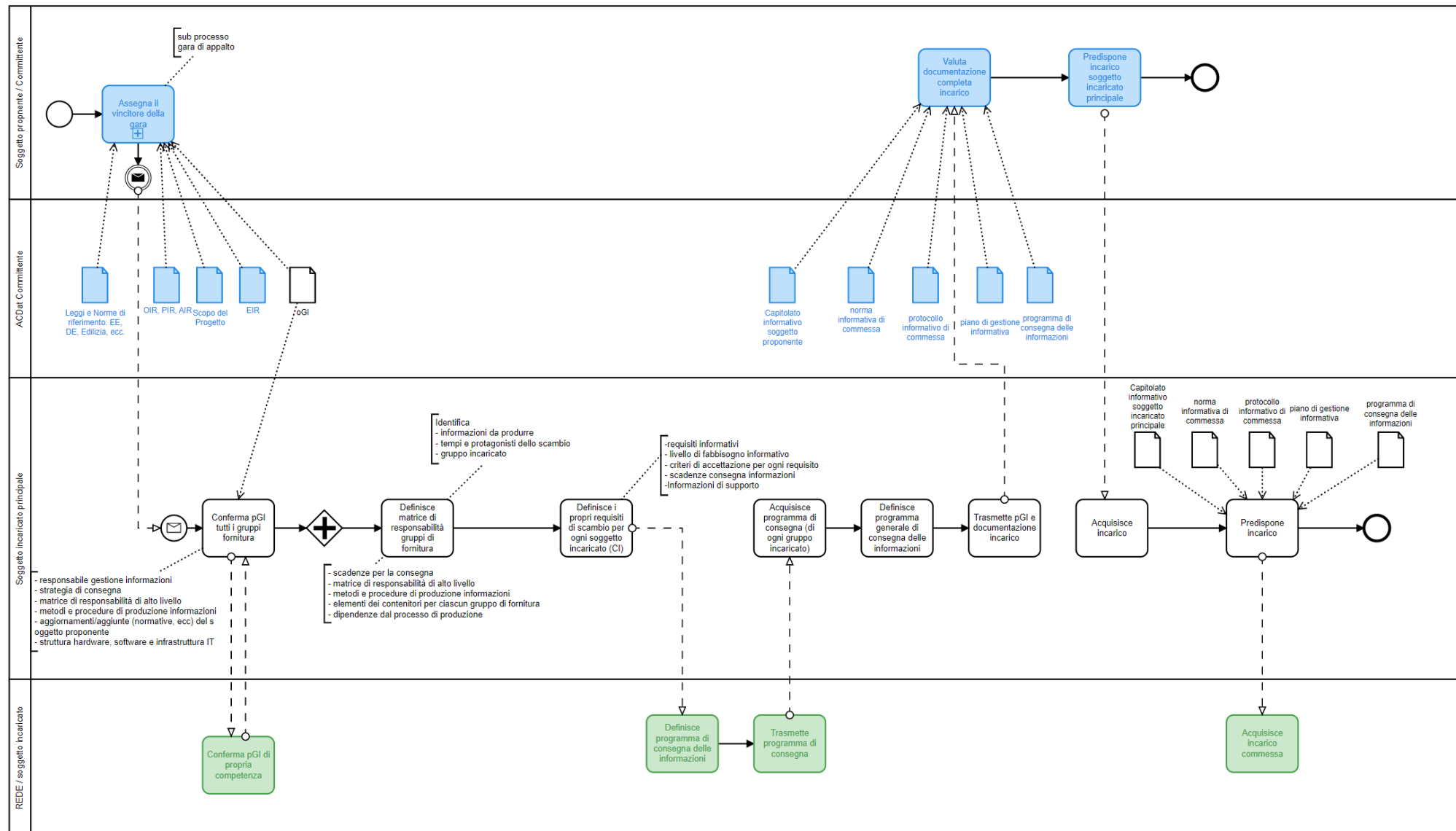


Figura 2: Mappa processo Attivazione Incarico

2.2 Consegna del modello informativo e chiusura della commessa

La consegna da parte dei gruppi di fornitura al committente, del contenitore informativo, rappresenta il momento fondamentale del processo di gestione informativa, perché si riferisce all'assolvimento dell'onere contrattuale di fornitura delle informazioni con conseguente chiusura della commessa e del contratto.

Per la descrizione del processo si fa di seguito riferimento a quanto definito nella UNI EN ISO 19650-2 [7] e, più nello specifico:

- al punto 5.7 *“Processo di gestione delle informazioni – Consegna del modello informativo”*
- al punto 5.8 *“Processo di gestione delle informazioni – Chiusura della commessa”*

Entrambi i sub-processi sono rappresentati nella mappa di Figura 4⁵ **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e corrispondono alle attività finali e di chiusura del processo principale descritto nella mappa di processo delle diagnosi energetiche in ambiente BIM mostrato di Figura 1. Gli scambi informativi effettuati dal REDE nell'intero processo di DE (Figura 1) sono:

- La consegna finale al committente del contenitore informativo⁶ contenete i modelli, gli elaborati cartacei, le certificazioni, le schede tecniche, ecc.
- Le condivisioni con il responsabile del modello informativo BIM del contenitore relativo al modello post-diagnosi ed, eventualmente, del contenitore proposta interventi affinché quest'ultimo provveda all'aggiornamento del modello informativo BIM e al coordinamento del modello con i contenitori.

La consegna dei contenitori informativi con un processo strutturato e controllato da parte dei gruppi di fornitura, porta alla condivisione delle informazioni nell'ACDat di commessa rendendo disponibili nel modello informativo federato (PIM), le informazioni a tutti gli stakeholder del processo edilizio per gli usi futuri lungo l'intero ciclo di vita del bene. In Figura 3 è rappresentata una possibile scomposizione dei contenitori informativi con dettaglio del contenitore informativo relativo alla diagnosi energetica.

Gli attori coinvolti nel processo provvedono a:

- Il **soggetto proponente/committente** revisiona e, conseguentemente, accetta o rifiuta – il contenitore informativo. In caso di esito negativo fornisce istruzioni al gruppo di fornitura per la correzione dei problemi riscontrati. In caso di esito positivo, archivia il modello approvato, acquisisce e archivia le lezioni apprese, infine chiude la commessa.
- Il **soggetto incaricato principale** (che può anche, in caso di incarico diretto, coincidere con il soggetto incaricato, nel caso specifico il REDE) revisiona, accettando o rifiutando, contenitore informativo dei soggetti incaricati. In caso di esito negativo istruisce (con file BCF) il soggetto incaricato per la correzione dei problemi. Per la chiusura della commessa trasmette al committente le lezioni apprese durante l'intera commessa.
- Il **soggetto incaricato**, nel caso specifico il REDE, a seguito dell'esito positivo della revisione da parte dell'incaricato principale, condivide nell'ACDat il proprio contenitore informativo per la revisione da parte del proponente. Nel caso di esito negativo attua le correzioni e ripete la procedura di consegna.

⁵ Valgono anche per questa mappa le regole e le modalità di rappresentazione esplicitate nel paragrafo 2.1. determinate attività.

⁶ Le definizioni di contenitore informativo e di modello informativo sono riportate nel paragrafo “Termini e definizioni” (4.3).

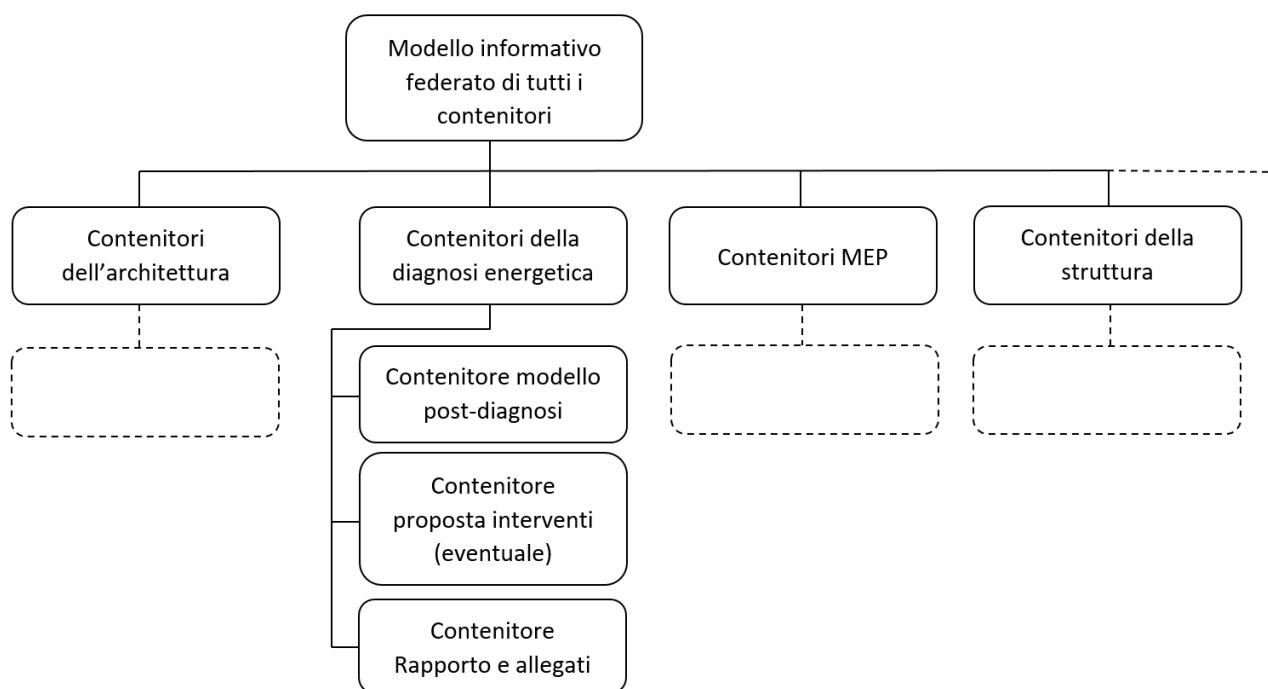


Figura 3: Scomposizione dei contenitori informativi. Tratto da [5] Appendice A, pag. 36

Come si evince dal workflow di Figura 4, le informazioni prodotte devono essere verificate in primis dal soggetto incaricato e poi dal soggetto incaricato principale, sulla base dei capitolati informativi e dei piani di gestione informativa. L'esito dell'approvazione dipende dalla completezza della risposta in relazione ai requisiti del soggetto proponente, ai requisiti del soggetto incaricato principale, ai livelli di fabbisogno informativo, oltre che al rispetto di quanto previsto nel piano generale di consegna delle informazioni. Solo ad esito positivo di questa verifica, il soggetto incaricato può condividere nell'ACDat con il committente il contenitore per la sua approvazione finale.

La fase di consegna delle informazioni termina con l'approvazione delle stesse da parte del soggetto proponente.

La successiva fase di chiusura della commessa inizia con l'archiviazione del contenitore informativo nell'ACDat e prosegue con l'acquisizione delle lezioni apprese da parte di ognuno dei partecipanti del processo - possibilmente lungo tutta la durata dello stesso - e la loro registrazione nell'ACDat in apposito database di conoscenze per poterle poi utilizzare per il buon esito di progetti futuri.

La gestione dei contenuti informativi deve essere puntualmente disciplinata all'interno del CI e del pGI (approfonditi al paragrafo 3.2) affinché sia *"garantita la completezza, la trasmissibilità e la congruenza di tutti i dati e le informazioni negli stessi contenuti"* (capitolo 5.3 della UNI 11337-5 [8]).

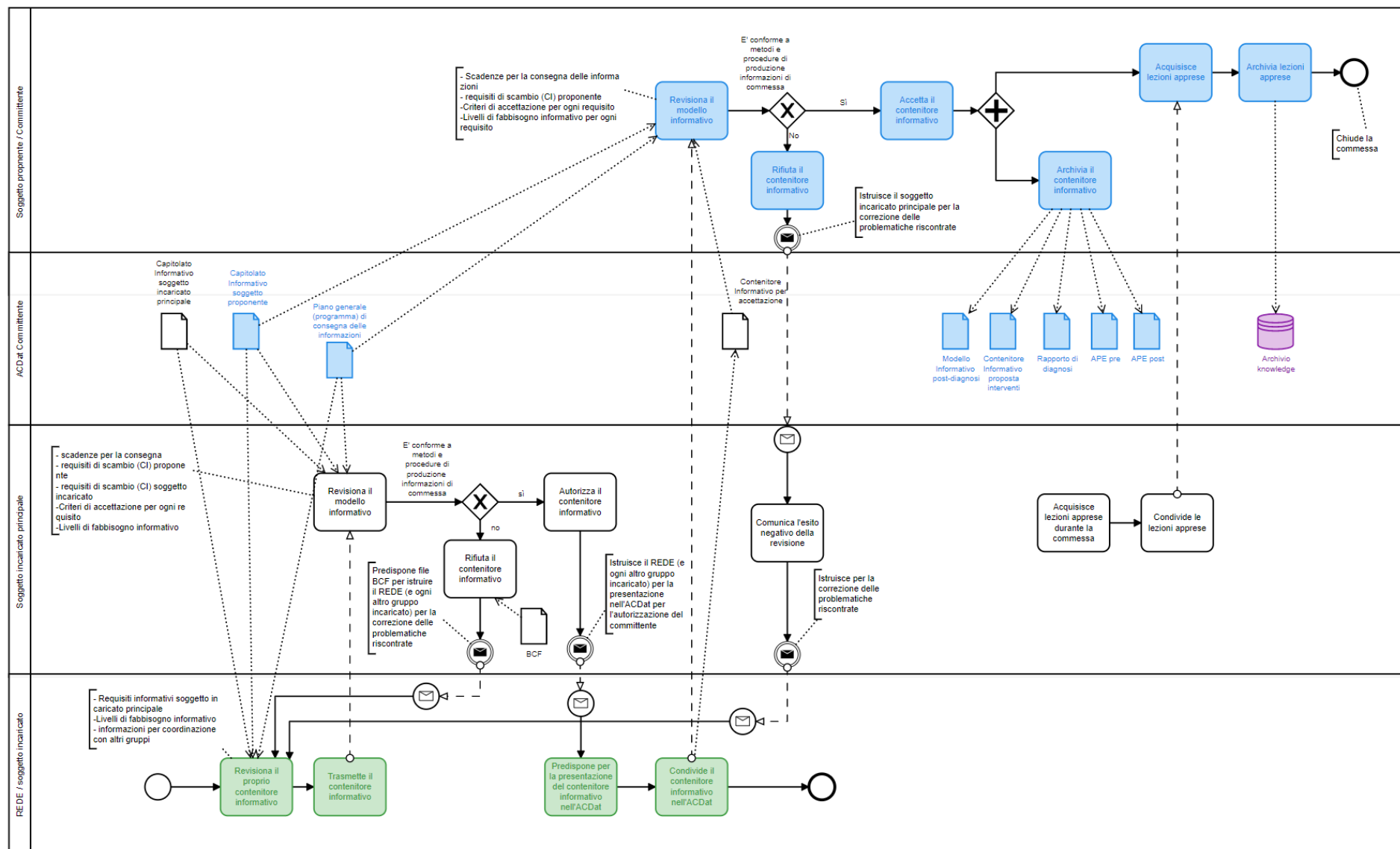


Figura 4: Mappa processo Consegna del modello informativo e Chiusura commessa

2.3 Scambi informativi con il modello PIM

Un altro attore del processo con il quale il REDE collabora nella gestione e produzione delle informazioni, è il responsabile per la realizzazione/aggiornamento del modello informativo PIM, in via semplificativa identificato nell'architetto⁷. Non è interesse di questo lavoro sviluppare il workflow delle attività di rilievo, modellazione e aggiornamento del modello, bensì analizzare le relazioni che intercorrono tra i due flussi di lavoro e di informazione.

Seguendo la mappa di processo di figura 1, si evince che, oltre ai sub processi di attivazione dell'incarico e di consegna finale delle informazioni, vi sono ulteriori scambi informativi tra REDE e responsabile del modello, relativi all'importazione del file IFC del modello dell'esistente, alla condivisione dei risultati della diagnosi energetica ed eventualmente, alla verifica degli interventi più vantaggiosi determinati con valutazione costi/benefici.

Nelle precedenti annualità sono state approfondite le tematiche relative alle fasi di rilievo e restituzione del modello informativo dell'esistente anche attraverso l'utilizzo di nuove tecnologie (*Laser Scanning* con la sua "nuvola di punti", fotogrammetria, ecc.) così come gli strumenti per la modellazione BIM e per l'analisi energetica in ambiente BIM [1]. Sono state esplorate ed individuate anche le problematiche di interoperabilità Open BIM per le diagnosi energetiche e fornite indicazioni per il superamento delle stesse nella direzione della piena l'interoperabilità del BIM [2].

Le situazioni di partenza di un nuovo progetto possono essere molteplici in base agli obiettivi strategici del committente, dei requisiti dallo stesso richiesti e dello stato di digitalizzazione dell'asset con il modello dell'esistente da realizzare ovvero il modello "as is" è presente ma è da ottimizzare per l'importazione ai fini energetici. L'attuale difficoltà di effettuare scambi informativi interoperabili, potrebbe porre il dilemma sulla convenienza di acquisizione del file IFC per la modellazione tridimensionale dell'edificio all'interno del software di modellazione e analisi energetica, ovvero se sia conveniente realizzare direttamente nel software energetico un modello semplificato per l'analisi energetica. Così come, l'attuale impossibilità di restituzione con file IFC gli output della diagnosi, potrebbe non far considerare i benefici della realizzazione delle diagnosi energetica in ambito BIM. Ma questi sono dati che incidono sui contenuti del processo piuttosto che sulla struttura dello stesso. Quello che interessa considerare in questa sede sono i metodi e le procedure per la gestione del processo, pensato inserito in un adeguato livello di maturità del mercato edilizio BIM, pur nello sforzo di risoluzione delle problematiche riscontrate, tenendo ben presente che lo scopo per la realizzazione della diagnosi energetica non può essere fine a se stessa ma va pensata e strutturata come parte dell'intero processo edilizio.

Il primo scambio informativo che interviene nella mappa di Figura 4: Mappa processo Consegna del modello informativo e Chiusura commessaLa fase di acquisizione delle informazioni dell'edificio esistente as-is per la restituzione digitale dello stesso, è fondamentale nel processo di riqualificazione edilizia. Molteplici sono gli aspetti da rilevare (geometrici, tecnici, funzionali, tecnologici, ecc...) e varie sono le tecniche e le strumentazioni disponibili per una restituzione sempre più completa ed affidabile [1]. Ma, come già affrontato nel precedente lavoro [2], la tipologia, la quantità e la granularità di informazioni (livello del fabbisogno informativo) devono essere "progettate" in fase di ideazione del processo ed opportunamente dettagliate in fase di richiesta da parte del soggetto proponente nel capitolato informativo, tenendo in considerazione tutti gli usi del BIM e del modello lungo l'intera vita dell'edificio. La risposta dei soggetti incaricati deve essere altrettanto puntuale e completa, senza carenze né sovrabbondanza di informazioni. Occorre comunque tenere presente che la quantità di informazioni che si acquisiscono con le moderne strumentazioni diagnostiche è altissima e per ogni uso, lungo la vita dell'edificio, dovrà essere possibile acquisire le soli informazioni necessarie. In tal senso, risulta fondamentale per il controllo e la completezza delle informazioni il processo strutturato della gerarchia dei requisiti informativi e il sub processo attivazione dell'incarico dettagliati in (2.1) e in (4.6.1). Inoltre, le regole di modellazione riportate nelle linee guida

⁷ Quello che interessa ai fini del processo è l'identificazione del ruolo svolto, non lo specifico titolo posseduto.

consentono di realizzare modelli il più possibile ottimizzati per l'uso energetico e permettono di verificare il file IFC esportato per la correttezza del modello per le esigenze ai fini energetici.

Nel secondo scambio informativo il REDE, eseguita la diagnosi, condivide gli output della stessa attraverso il contenitore del modello post-diagnosi, in modo che l'architetto/modellatore possa implementare il modello informativo PIM con tali contenuti. Non essendo possibile, allo stato attuale, il completo scambio interoperabile di dati mediante il file IFC, per la condivisione delle informazioni gli autori propongono l'utilizzo dei cosiddetti **IfcPropertySet (o Pset)** che possono essere caricati dall'architetto nel modello con una modalità che potrebbe essere automatizzata nel caso in cui, come auspicabile, le case software implementassero tali parametri nei file IFC esportati dagli applicativi per l'analisi energetica (Approfondimento nel capitolo 5).

Nel terzo scambio informativo, il REDE, dopo aver definito con valutazione costi benefici e in accordo a quanto concordato con il committente, gli interventi di riqualificazione energetica economicamente più vantaggiosi tra quelli ipotizzati, condivide, eventualmente, nell'ACDat del gruppo di fornitura, il contenitore proposta interventi (in maniera attualmente non completa visti i già richiamati limiti di esportazione degli output e con le considerazioni di cui al paragrafo 4.6) per consentire al responsabile del coordinamento dei contenitori informativi, di eseguire prime verifiche preliminari di massima per il rilevamento e la gestione dei possibili conflitti e delle possibili interferenze.

Se l'esito della prova è negativo, l'architetto attiva la procedura (possibilmente utilizzando lo standard BCF) per la risoluzione dei problemi. In caso sia positivo, il contenitore può seguire l'iter per la consegna al committente.

Queste azioni di verifica permettono il controllo delle proposte degli interventi elaborate dal REDE - per quanto potrebbero essere solo indicative - già in fase di progetto di fattibilità consentendo di intervenire per risolvere i problemi già nelle primissime fasi di progettazione, con notevoli benefici in termini di qualità e di risparmio di tempo ed economico.

In merito si ritiene opportuno ricordare l'importanza che tutti i professionisti coinvolti nella progettazione integrata della specifica commessa, partecipino fin dall'inizio nella definizione del processo di produzione e gestione delle informazioni. Questo è possibile solo se il committente definisce nel Capitolato Informativo gli usi previsti del modello, in modo che ogni partecipante possa gestire e controllare l'acquisizione delle informazioni che necessitano per lo specifico processo e possano conoscere quale sarà l'utilizzo finale nelle varie fasi del ciclo di vita delle informazioni prodotte.

Per l'uso energetico, qualora il committente avesse previsto anche la progettazione e realizzazione degli interventi, nella mappa del processo di Figura 1 dovrebbero essere definite anche le attività del progettista MEP, del consulente per la sostenibilità ambientale, dell'appaltatore, ecc..

3 Requisiti di scambio delle informazioni per le Diagnosi Energetiche: dal Capitolato Informativo al Piano di gestione Informativa

Come chiaramente indicato nella norma UNI 11337-5:2017 [8], la definizione dei requisiti per la produzione, gestione (verifica, validazione, archiviazione, ecc.) e trasmissione di dati e contenuti informativi, in un qualsiasi intervento di lavori, servizi o forniture del processo delle costruzioni avviene mediante l'elaborazione di tre differenti documenti: il capitolato informativo, l'offerta di gestione informativa e il piano di gestione informativa.

Il **capitolato informativo (o EIR, Exchange Information Requirements)** è un documento imprescindibile per l'avvio di un appalto BIM in quanto contiene l'esplicitazione delle esigenze e dei requisiti informativi richieste dal committente ai gruppi di fornitura (definizione in 4.3). Il documento è propedeutico alla stesura, da parte del candidato, **dell'offerta di Gestione Informativa (oGI)** che rappresenta l'esplicitazione e la specificazione della gestione informativa offerta dal destinatario in risposta ai requisiti espressi dal committente con il

capitolato informativo. Questa, dopo la comunicazione della vincita dell'appalto, si concretizza nel **piano di Gestione Informativa (pGI)**, vero e proprio allegato contrattuale. Anche in assenza di una gara d'appalto, la stipula di un contratto BIM non può prescindere dalla definizione di un piano di Gestione informativa, rispondente alle esigenze della committenza espresse nel capitolato informativo.

Secondo la norma UNI 11337-5, oltre a una parte di premessa generale che può includere una descrizione del progetto, del committente ed eventuali riferimenti normativi, un capitolato informativo deve contenere una sezione tecnica e una sezione gestionale, come mostrato in Tabella 1. L'UNI 11337-5 ha fornito delle linee guida molto dettagliate per l'elaborazione del CI da parte delle stazioni appaltanti ed esistono numerosi lavori a supporto delle pubbliche amministrazioni che si pongono come obiettivo di fornire una guida in tal senso [9] [10].

Le analisi energetiche vengono effettuate a partire da informazioni tipicamente contenute nei modelli architettonico e, in alcuni casi, anche strutturale. Il cosiddetto modello BEM è un modello di calcolo, derivato da questi e contenente una serie di informazioni aggiuntive necessarie per il calcolo energetico secondo i rilevanti standard. In particolare, il modello architettonico contiene tutte le necessarie informazioni sulla geometria, sugli spazi e sull'involucro dell'edificio per il calcolo delle prestazioni energetiche, ma dev'essere in molti casi integrato con informazioni (sulla geometria, stratigrafia e materiale costitutivo) relative alla struttura per permettere una completa comprensione delle prestazioni energetiche. Basti pensare a solai o a murature portanti, in cui gli elementi di involucro coincidono in buona parte con le strutture portanti. In tutti i casi in cui uno specifico modello è richiesto per analisi strutturali, però, tutti gli elementi portanti vengono realizzati su un modello strutturale a parte, venendo esclusi dal modello architettonico. Per questo risulta fondamentale avere disponibile nell'ACDat un unico modello informativo (PIM/AIM) che federi i contenitori informativi (Figura 3) delle varie discipline e renda disponibile, nel caso delle analisi energetiche, le informazioni del modello architettonico e del contenitore informativo strutturale (relativamente ai dati necessari per eseguire le valutazioni energetiche). La definizione degli obiettivi e degli usi in sede di capitolato e l'esplicitazione delle fasi del processo risulta dunque fondamentale.

Tabella 1: Contenuti di un Capitolato Informativo [8]

PREMESSE
Identificazione del progetto Introduzione Acronimi e glossario
RIFERIMENTI NORMATIVI
SEZIONE TECNICA
- Caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura hardware e software: - o Infrastruttura hardware e software - o Infrastruttura del committente interessata e/o messa a disposizione - o Infrastruttura richiesta all'affidatario per l'intervento specifico - Formati di fornitura dati messi a disposizione inizialmente dal committente - Fornitura e scambio dei dati: - o Formati da utilizzare - o Specifiche aggiuntive per garantire l'interoperabilità - Sistema comune di coordinate e specifiche di riferimento - Sistema di classificazione e denominazione degli oggetti - Specifica di riferimento dell'evoluzione informativa del processo degli elaborati - Competenze di gestione informativa dell'affidatario

SEZIONE GESTIONALE
- Obiettivi informativi strategici e usi dei modelli in relazione alle fasi del processo: - o Obiettivi del modello in relazione agli obiettivi definiti - o Elaborato grafico digitale - o Definizione degli elaborati informativi - Livelli di sviluppo degli oggetti e delle schede informative - Ruoli, responsabilità e autorità ai fini informativi: - o Definizione della struttura informativa interna del committente - o Definizione della struttura informativa dell'affidatario e della sua filiera - o Identificazione dei soggetti professionali - Caratteristiche informative di modelli, oggetti e/o elaborati messi a disposizione dalla committenza - o Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale: - o Strutturazione dei modelli disciplinari - o Programmazione temporale della modellazione e del processo informativo - o Coordinamento dei modelli - o Dimensione massima dei file di modellazione - o Sicurezza in cantiere - Politiche per la tutela e la sicurezza del contenuto informativo: - o Riferimenti normativi - o Richieste aggiuntive in materia di sicurezza - Proprietà del modello - Modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi: - o Caratteristiche delle infrastrutture di condivisione - o Denominazione dei file - Modalità di programmazione e gestione dei contenuti informativi di eventuali sub-affidatari - Procedure di verifica, validazione di modelli, oggetti e/o elaborati: - o Definizione delle procedure di validazione - o Definizione dell'articolazione delle operazioni di verifica - Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative: - o Interferenze di progetto - o Incoerenze di progetto - o Definizione delle modalità di risoluzione di interferenze e incoerenze - Modalità di gestione della programmazione (4D – programmazione) - Modalità di gestione informativa economica (5D – computi, estimi e valutazioni) - Modalità di gestione informativa (6D – uso, gestione, manutenzione e dismissione) - Modalità di gestione delle esternalità (7D – sostenibilità sociale, economica e ambientale) - Modalità di archiviazione e consegna finale di modelli, oggetti e/o elaborati informativi

L'Offerta di gestione informativa e il piano di gestione informativa sono strutturati come il Capitolato Informativo e vengono redatti dal responsabile delle singole discipline, oltreché i rispettivi documenti vengono coordinati nel piano redatto dal responsabile del gruppo di fornitura per la gestione e il controllo del processo di produzione e fornitura delle informazioni del team (coordinamento dei modelli, trasferimento delle informazioni, di consegna e approvazione della documentazione, configurazione dell'Ambiente di Condivisione Dati, ...). Per la programmazione e gestione delle consegne durante il ciclo di vita del progetto, viene predisposto all'interno del pGI il **Piano di Consegna delle Informazioni** (l'Information Delivery Planning IDP, anch'esso dapprima per la gara, poi dettagliato e ampliato a seguito dell'aggiudicazione della stessa). Con l'IDP si stabiliscono le modalità, le procedure, i protocolli e i contenuti per disciplinare ciascuna fase di consegna. I requisiti fondamentali previsti nella UNI EN ISO 19650-1 [5], sono riportati in Figura 5: nella colonna di destra sono elencate le possibili soluzioni operative alle indicazioni normative (colonna di sinistra) previste per l'IDP

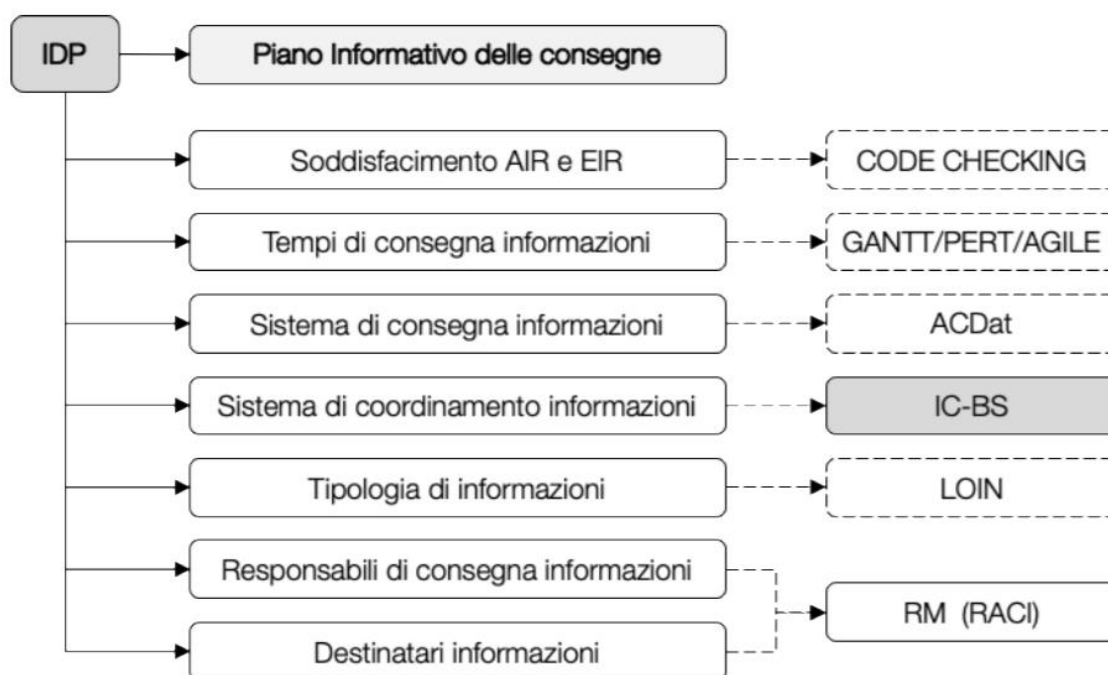


Figura 5: Requisiti fondamentali dell'IDP [11]

Alcune indicazioni: la matrice delle responsabilità (RM- Responsibility Matrix) che individua i responsabili delle consegne, può essere strutturata come una matrice R.A.C.I. L'Information Container Breakdown Structure – ICBS è realizzato con la classica struttura ad albero della Work Breakdown Structure (WBS) tipica dei processi di Project Management, ma, in questo caso, è riferita alle informazioni [11]. L'IDP della specifica attività prende il nome di Task Information Delivery Plan (TIDP), sono redatti dai responsabili delle singole discipline per la gestione ed il controllo delle consegne dei propri contenitori informativi (i contenuti che il REDE deve dettagliare nel proprio piano sono elencati al paragrafo 4.6.1 delle linee guida). L'insieme coordinato dei TIDP prende il nome di Master Information Delivery Plan (MIDP), viene in genere, sviluppato dal responsabile della consegna del progetto e si riferisce alle consegne dell'intero gruppo di fornitura [12]. È fondamentale che il committente espressamente richieda nel Capitolato Informativo, che i soggetti incaricati predispongano l'IDP, già in fase di gara (all'interno della oGI) e che lo dettagliino prima del conferimento dell'incarico (all'interno del pGI), in quanto consente al soggetto proponente di selezionare il vincitore con maggiore capacità di scelta e controllo e obbliga ogni soggetto concorrente/incaricato a redigere piani di gestione informativa attentamente verificati e strutturati sulle tempistiche effettive e sulle proprie reali capacità e risorse.

3.1 L'esperienza dei principali protagonisti del mercato edilizio BIM

A partire dall'analisi e dal confronto di alcuni esempi di capitolati informativi, l'obiettivo di questo paragrafo è fornire un supporto ai committenti per l'elaborazione delle sezioni tecniche e gestionali dei capitolati informativi relativi ai servizi di rilievo e diagnosi energetiche in ambiente BIM, nell'ottica della digitalizzazione e della riqualificazione del patrimonio edilizio esistente.

Si sono in particolare analizzati 5 capitolati, redatti fra il 2018 e il 2020, relativi alle opere mostrate elencate in Tabella 2. Si tratta di capitolati per la progettazione di fattibilità tecnico-economica o la progettazione definitiva ed esecutiva. La diagnosi energetica appartiene al primo gruppo e, in realtà, solo l'Agenzia del Demanio (ADM) l'ha inclusa esplicitamente nel suo capitolato.

Tabella 2: I 5 capitolati informativi analizzati

	2019	2019	2020	2018	2019
COMMITTENZA	Regione Umbria [13]	Agenzia del Demanio - Regione Sicilia [14] [14]	Human Technopole [16]	Università La Sapienza Roma [17]	ASL Campania [18]
OGGETTO	Affidamento del Servizio di Progettazione Definitiva ed Esecutiva relativa all'intervento "Adeguamento sismico ed efficientamento energetico dell'edificio di Piazza Partigiani a Perugia"	Servizio di verifica della vulnerabilità sismica, diagnosi energetica, rilievo geometrico, architettonico, tecnologico ed impiantistico da restituire in modalità BIM e progettazione di fattibilità tecnico-economica da restituire in modalità BIM	Progettazione definitiva ed esecutiva del nuovo Headquarter dello Human Technopole	Verifica di vulnerabilità sismica del Patrimonio Edilizio Università di Roma "La Sapienza", Lotto n° 7	Redazione del piano progetto per la realizzazione della cittadella sanitaria di Benevento e delle progettazioni definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e perizia geologica.

A partire dall'analisi dei capitolati informativi delle opere in Tabella 2 si possono fare alcune considerazioni. Nei due casi di progettazione definitiva ed esecutiva, uno studio di fattibilità fa chiaramente parte dei documenti propedeutici al capitolato:

- nel caso dello Human Technopole, l'amministrazione appaltante si impegna a mettere a disposizione il modello "in formato nativo" relativo alla Fattibilità tecnico ed economica e tutti i documenti correlati;
- nel caso della Regione Umbria, questa sottolinea nel CI di aver *"trasmesso all'Agenzia del Demanio lo Studio di fattibilità tecnica ed economica per il miglioramento-adequamento sismico ed efficientamento energetico"* dell'edificio oggetto di appalto, senza specificare i formati di file utilizzati. Si ha ragione di pensare che, fra questi documenti, vi possa essere una diagnosi energetica.

Non tutti i capitolati contengono i riferimenti normativi per la stesura del capitolato: dove questi sono indicati si menziona l'UNI 11337, il codice degli appalti D.lgs. 50/2016 (artt. 68, 28), il codice dell'amministrazione digitale ma, solo in un caso, si fa specifico riferimento alle normative tecniche (non BIM).

L'indicazione delle normative di riferimento nell'ambito degli interventi di rilievo e diagnosi energetica, propedeutici alla riqualificazione vera e propria, è suggerita. Le Linee Guida ampiamente discusse [3], [19] nell'ambito delle annualità precedenti [1], [2] contengono al loro interno una lista di riferimenti normativi rilevanti in tal senso e che si suggerisce di includere all'interno dei capitolati informativi. Il riferimento, in particolare, alla UNI/TR 11775 [3] – a partire dalla quale, in questo lavoro, saranno proposte le linee guida per le diagnosi energetiche in ambiente BIM – è raccomandato nei bandi che coinvolgano servizi di diagnosi energetica.

La sezione tecnica e quella gestionale, nei vari capitolati, risultano spesso non perfettamente distinte. Ad esempio, la parte di individuazione degli obiettivi, chiaramente afferente alla sezione gestionale, è generalmente introdotta già nelle prime pagine dei capitolati. Non tutti i capitolati approfondiscono, nella sezione gestionale, gli obiettivi e le priorità strategiche generali della stazione appaltante, ma tutti – in maniera più o meno dettagliata – si concentrano sugli obiettivi del servizio oggetto di appalto.

La definizione degli obiettivi è fondamentale per circoscrivere le caratteristiche che il modello dovrà possedere ed evitare l'inserimento di informazioni non necessarie all'interno dei modelli. Anche dal punto di vista economico, è importante ridurre le attività non necessarie e con esso il carico di lavoro richiesto e messo a bando. Anche gli obiettivi generali della Stazione Appaltante che emette il bando sono estremamente importanti e possono portare a risultati molto differenti, anche quando il servizio all'oggetto del bando è lo stesso (gerarchia dei requisiti informativi OIR, AIR, PIR).

Si ritiene che nel definire gli **obiettivi** di una diagnosi energetica si debba includere:

- conoscenza approfondita del profilo di consumo energetico reale dell'edificio, a partire dall'analisi della documentazione tecnica a disposizione, di indagini e rilievi in situ del sistema fabbricato-impianto, dei dati di consumo (letture e bollette di almeno gli ultimi tre anni) e degli altri fattori concorrenti;
- individuazione e quantificazione delle opportunità di risparmio energetico, sotto il profilo costi-benefici;
- certificazione energetica dell'immobile allo stato di fatto e in seguito agli scenari di efficientamento energetico individuati.

È interessante poi osservare le Sezioni Tecniche dei capitolati per individuare gli approcci adottati dalle diverse amministrazioni appaltanti.

Per quanto riguarda le infrastrutture hardware e software, le amministrazioni appaltanti forniscono, attraverso delle tabelle che l'eventuale affidatario dovrà compilare nella sua oGI, delle indicazioni più o meno specifiche. In generale, all'affidatario è richiesto di dotare il proprio staff di hardware idoneo alle attività di gestione digitale dei processi informativi offerti in sede di gara; mentre, per quanto riguarda la parte software, in tutti i capitolati si prescrive che i software utilizzati dall'aggiudicatario siano basati su piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, in grado di leggere, scrivere e gestire, oltre al formato proprietario, anche i file in formato aperto .ifc.

Per quanto riguarda i modelli BIM, in ogni caso è richiesta la consegna dei modelli in formato IFC (Industry Foundation Classes): la Regione Umbria in particolare richiede una specifica versione (IFC2x3). Anche per gli altri tipi di file, le amministrazioni indicano i formati accettati, garantendo sempre l'utilizzo di formati aperti (.pdf, .csv, .txt, ...) e, quindi, agendo nell'ottica della interoperabilità. In alcuni casi, formati proprietari sono altresì concessi (.rvt e .dwg connessi a degli specifici software proprietari), ma in aggiunta ai file da consegnare nei rispettivi formati non proprietari.

Tutti i contenuti informativi, dunque, devono essere scambiati mediante l'impiego di formati aperti, come del resto è previsto dal Decreto BIM (DM 560/2017), richiamato nella gran parte dei capitolati analizzati e che all'art. 4 comma 2 recita: *"le informazioni prodotte e condivise tra tutti i partecipanti al progetto, alla costruzione e alla gestione dell'intervento, devono essere fruibili senza che ciò comporti l'utilizzo esclusivo di applicazioni tecnologiche commerciali individuali specifiche"*.

Le dimensioni massime accettate per i file da condividere all'interno dell'ACDat sono specificate in tutti i capitolati, variano fra i vari capitolati e spaziano da 150 a 700 MB.

In generale, le linee guida Ibimi/buildingSmart Italia per la redazione della sezione tecnica dei capitolati informativi BIM possono costituire un riferimento in quest'ambito [10]. In particolare, oltre a una serie di indicazioni tecniche, queste forniscono 3 tabelle relative a infrastruttura hardware, software e formati aperti nelle quali è chiaramente indicato cosa vada compilato dai committenti e cosa dagli aggiudicatari.

La predisposizione e la gestione dell'ACDat (e dell'eventuale ACDoc per la documentazione non digitale) viene assegnata dal committente all'affidatario, tranne nel caso dell'Agenzia del Demanio (ADM), in cui è la Stazione Appaltante stessa ad occuparsene. L'ADM è un ente particolarmente avanzato e strutturato nell'ambito del BIM e si è infatti già dotata di un ACDat proprietario per la gestione delle gare e alla condivisione di tutti i documenti risultanti dal servizio. Resta comunque onere dell'Aggiudicatario caricare i dati, i documenti e gli elaborati sull'Ambiente di condivisione secondo quanto definito nella Linea Guida che verrà consegnata in caso di aggiudicazione. Anche la Regione Umbria richiede esplicitamente l'utilizzo di uno specifico ACDat (i.e. Dropbox), mentre negli altri casi la scelta viene attribuita all'aggiudicatario che dovrà proporre uno in sede di oGI.

Per quanto concerne i **livelli di dettaglio**, invece, gli approcci variano significativamente fra un capitolato e l'altro, anche in ragione dei diversi obiettivi e oggetti degli stessi. In alcuni i casi, il LOD degli oggetti nei modelli viene esplicitato; in altri, esso viene proposto come indicazione facoltativa da approfondire in fase di

offerta e piano di gestione informativa; in altri ancora, i livelli di dettaglio non vengono indicati, ma piuttosto sono descritti i requisiti di ciascun modello in termini di livello di sviluppo informativo e geometrico. È questo il caso dell'Agenzia del Demanio (ADM) che, nel suo capitolato, scrive: *“L'Agenzia ritiene che non si possano indicare Livelli di Dettaglio minimi di riferimento da raggiungere per ogni prodotto da costruzione PBIM (Product Building Information Modelling) o per il Modello di Dati stesso, ma che gli stessi vadano definiti dall'Aggiudicatario al fine del raggiungimento degli obiettivi del Servizio, in termini di dettaglio delle geometrie, dettaglio e veridicità delle informazioni non grafiche e fruibilità del Modello di Dati in relazione agli attuali strumenti Software e Hardware”*. Si richiama alla tabella seguente per un maggiore approfondimento a riguardo.

In generale, nella definizione dei **livelli di sviluppo informativo**, si propone di adottare un approccio caso per caso che tenga conto degli obiettivi specifici e generali, comunicati all'interno del capitolato informativo. Si può affermare che un modello BEM di una diagnosi parta dall'impostazione e dall'elaborazione di un calcolo energetico su un modello architettonico dello stato di fatto *as is* “semplificato”, in cui gli elementi di involucro siano definiti nel dettaglio stratigrafico ma non geometrico; tuttavia, la realizzazione di tale modello, richiesta contestualmente all'esecuzione della diagnosi – come si vede anche nel caso dell'Agenzia del Demanio – può richiedere livelli di sviluppo informativo superiori (ad esempio, in termini di dettaglio architettonico), in relazione ad altri obiettivi descritti nel capitolato. Si pensi, ad esempio, al caso di un edificio storico che presenti delle decorazioni in rilievo. Il rilievo che una amministrazione appaltante può chiedere attraverso un capitolato può coinvolgere anche le decorazioni: ai fini di un'analisi energetica, però, il dettaglio geometrico-architettonico non è rilevante. Ciò che interessa è, appunto, il dettaglio stratigrafico ossia l'individuazione degli strati che costituiscono l'elemento considerato.

Tabella 3: Livelli di sviluppo informativo e di dettaglio nei capitolati analizzati

2019	2019	2020	2018	2019
Regione Umbria	Agenzia del Demanio - Regione Sicilia	Human Technopole	Università La Sapienza Roma	ASL Campania
• Rilievo geometrico ed architettonico: LOD 500 • Rilievo impiantistico: LOD 400 • Rilievo strutturale: LOD 300	Livelli non indicati, ma specificati i requisiti di ciascun modello in termini di livello di sviluppo informativo e geometrico: • Modello Architettonico; • Modello Impiantistico (termico, idrico-sanitario, elettrico-videosorveglianza); • Modello Strutturale;	Progetto Definitivo: LOD D Progetto Esecutivo: LOD E	Strutture: LOD D	A fini esemplificativi e non esaustivi si riporta di seguito possibili LOD utilizzabili: • Progettazione definitiva: LOD 300 • Progettazione esecutiva: LOD 350

Un altro punto fondamentale all'interno di tutti i capitolati analizzati è la **definizione di un sistema comune di coordinate e specifiche di riferimento**. Tutti i capitolati richiedono lo stesso tipo di informazioni e specificano i medesimi requisiti. Primo fra tutti, un **punto di inserimento comune a tutti i modelli**. Tale punto di intersezione del sistema di coordinate di riferimento dei modelli (in alcuni capitolati, vi si riferisce come l'intersezione delle griglie XX e YY o come “punto di origine” dei modelli), dev'essere identificato univocamente attraverso le sue **latitudine, longitudine, altezza sul livello del mare**. Esso può utilizzarsi come marker della localizzazione del progetto. A proposito, l'ADM dettaglia maggiormente che *«i Modelli Federati e i Coordinamenti dovranno contenere la medesima georeferenziazione e condividere un identico Punto distintivo del Progetto, meglio se riferibile ad un punto esterno al Modello di Dati, facilmente verificabile attraverso campagne di rilievo topografico»* [14].

Un altro aspetto che viene individuato è la **corretta individuazione del nord effettivo** della localizzazione del Bene e/o del sito sul Modello all'interno dei modelli (da non confondere con il nord di progetto). Infine, nei

capitolati analizzati si specificano anche l'**unità di misura** degli oggetti nei modelli, che può variare sulla base delle esigenze o delle convenzioni adottate nelle varie amministrazioni appaltanti.

Per quanto concerne le **specifiche per l'inserimento degli oggetti**, gli approcci differiscono in maniera significativa. Alcune amministrazioni entrano nel dettaglio, attraverso tabelle che specificano per oggetto (muri, pavimenti, pilastri, locali/vani, finiture, elementi impiantistici a pavimento e soffitto...) aspetti quali i livelli o piani di appartenenza di un determinato elemento, la relativa altezza, la posizione in relazione ai livelli, etc. Altre non forniscono specifiche in questa fase, rimandando alle fasi successive.

Per quanto concerne il **Sistema di classificazione e Denominazione degli oggetti**, alcuni capitolati non entrano nel merito, lasciando una certa flessibilità agli aggiudicatari. Ad esempio, nel caso dello Human Technopole, la Work Breakdown Structure (WBS) adottata dall'aggiudicatario sarà la guida per la definizione della nomenclatura dei file relativi alla commessa. Nel relativo capitolato si specifica che ad ogni elemento del modello dovrà essere associata l'informazione relativa alla WBS, in modo da permettere l'identificazione univoca di ciascun elemento.

Altri capitolati, invece, forniscono delle indicazioni precise e vincolanti, allo scopo di fornire degli indirizzi chiari agli eventuali aggiudicatari e facilitare l'interpretazione dei modelli prodotti. L'approccio più strutturato è quello dell'Agenzia del Demanio che – al paragrafo del CI relativo alla "Strutturazione della modellazione digitale" – si impegna a fornire, entro 30 giorni dall'aggiudicazione del Servizio, delle Linee Guida per la progettazione con l'intera Base Dati e l'indicazione della corretta semantica da utilizzare per la codifica degli oggetti e della documentazione allegata.

3.1.1 Approfondimento: l'esperienza dell'Agenzia del Demanio

Per un maggiore approfondimento, si è osservato nel dettaglio un bando emanato dall'Agenzia del Demanio per un audit sismico ed energetico e progetto di fattibilità tecnica ed economica (PTE) per alcuni beni di proprietà dello Stato⁸. Nell'ambito di questo lavoro, si sono analizzati più nel dettaglio il capitolato speciale prestazionale e gli allegati contenenti le specifiche metodologiche BIM (per il rilievo e per la progettazione).

La struttura del bando può essere schematizzata in Figura 6.

Sono essenzialmente 4 i servizi che vengono posti a base di gara per i beni in questione:

- 1) **Rilievo geometrico, architettonico, tecnologico, impiantistico e strutturale** da restituirsi in modalità BIM, per l'acquisizione della piena conoscenza dello stato di fatto del Bene;
- 2) **Diagnosi energetica;**
- 3) **Verifica della vulnerabilità sismica** e proposte d'intervento per il miglioramento/adequamento sismico;
- 4) **Progetto di fattibilità tecnica ed economica (PTE)** per il miglioramento/adequamento sismico, da restituirsi in modalità BIM.

⁸ In particolare, il titolo esteso della gara è "Procedura Aperta [...] per l'affidamento del servizio di verifica della vulnerabilità sismica, diagnosi energetica, rilievo geometrico, architettonico, tecnologico ed impiantistico da restituire in modalità BIM, e progettazione di fattibilità tecnico-economica da restituire in modalità BIM per taluni beni di proprietà dello stato siti nella Regione Sicilia [...]".

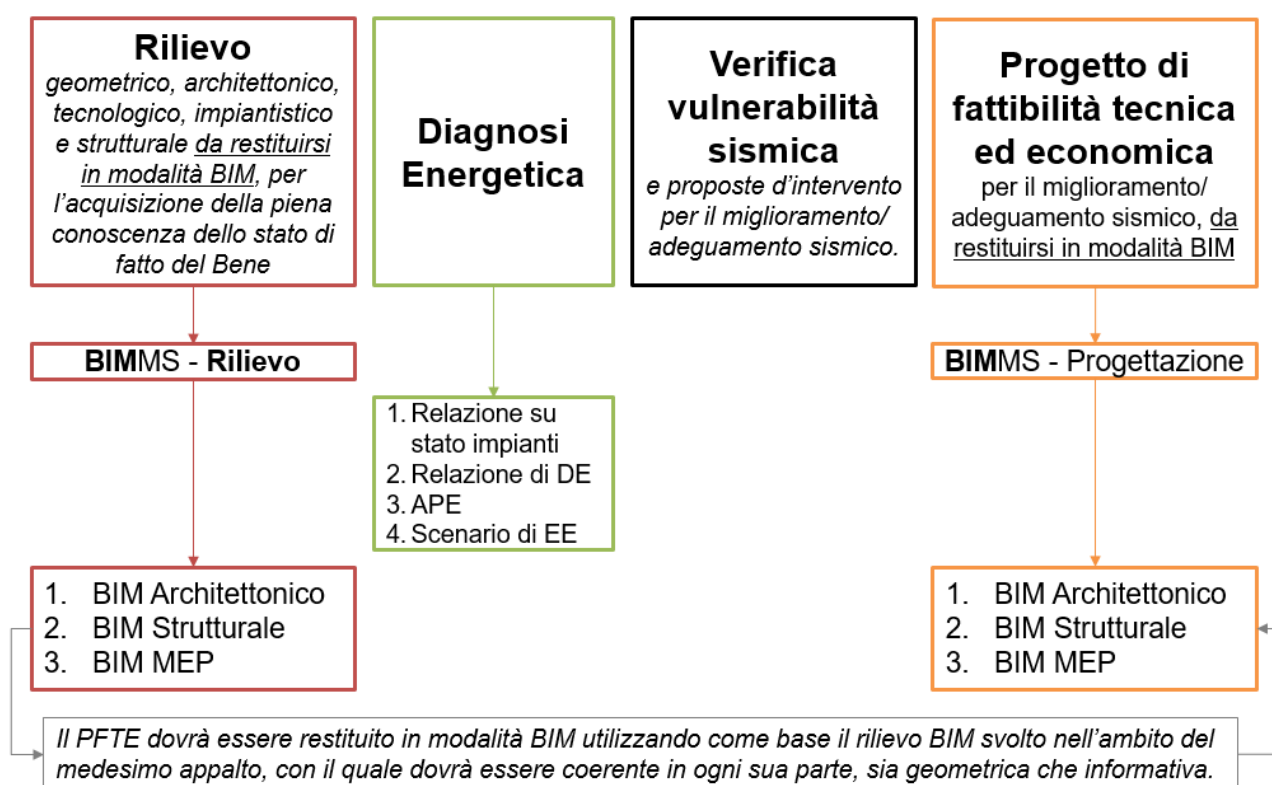


Figura 6: Schema del Bando analizzato

La restituzione in modalità BIM e tutte le conseguenti specifiche metodologiche fornite dall'Agenzia in fase di gara e, successivamente, dopo l'aggiudicazione dei lavori, riguardano pertanto i modelli architettonico, strutturale e MEP del rilievo dello stato di fatto e del progetto di fattibilità tecnica ed economica per il miglioramento / adeguamento sismico (per il quale sarà utilizzata come base il rilievo BIM svolto nell'ambito del medesimo appalto).

Per la verifica di vulnerabilità sismica e per la diagnosi, non è richiesta la cosiddetta "restituzione in BIM". Nel capitolato tecnico prestazionale, per la diagnosi energetica sono fornite alcune specifiche relative agli elaborati da produrre e alcuni riferimenti normativi generali, senza entrare nel merito del processo.

La ricerca che si sta portando avanti con il presente lavoro e, in particolare, con l'integrazione delle Linee Guida per le Diagnosi in ambiente BIM può dare un contributo in quest'ambito, cercando di **fornire supporto lungo tutto il processo e stimolare l'utilizzo del BIM anche per l'analisi energetica** sia in fase di **modellazione e importazione del modello nel software di analisi energetica** (tuttora di limitata applicazione) sia nella fase di **individuazione di parametri da tirar fuori dalle diagnosi** e che potrebbero andare a far parte di una sorta di "Fascicolo Digitale del Fabbicato" permettendo anche un monitoraggio dei parametri di natura energetica degli edifici così rilevati.

L'Agenzia del Demanio, a questo proposito, ha svolto un lavoro di individuazione e codificazione dei parametri da estrarre dalle diagnosi energetiche, in maniera tale da digitalizzare e rendere facilmente consultabili alcune informazioni chiave di tale servizio. Ciò avviene attraverso la definizione di una lista di Property set – assegnabili all'edificio (IfcBuilding) – che contengono i principali risultati delle diagnosi energetiche (come mostrato in Tabella 4).

Tabella 4: Proprietà del Modello richieste dall'ADM

Tipo	U.M.	Grandezza	Descrizione
IfcText	N.A.	N.A.	Classe energetica del fabbricato
IfcReal	kWh/m ³	EPH,nd	FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA: Indice di prestazione termica utile riscaldamento
IfcReal	kWh/m ³	EPC,nd	FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA: Indice di prestazione termica utile raffrescamento
IfcReal	kWh/m ²	EPW,nd	FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA: Indice di prestazione termica utile ACS
IfcReal	kWh/m ²	EPH,nren	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPH,ren	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Indice di prestazione rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPH,tot	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Indice di prestazione totale
IfcReal	N.A.	ηH,tot	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Efficienza globale stagionale
IfcReal	%	QR,H	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Quota rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPW,nren	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPW,ren	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Indice di prestazione rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPW,tot	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Indice di prestazione totale
IfcReal	N.A.	ηH,tot	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Efficienza globale stagionale
IfcReal	%	QR,H	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Quota rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPC,nren	PRODUZIONE ACS: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPW,ren	PRODUZIONE ACS: Indice di prestazione rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPW,tot	PRODUZIONE ACS: Indice di prestazione totale
IfcReal	N.A.	ηW,tot	PRODUZIONE ACS: Efficienza globale stagionale
IfcReal	%	QR,W	PRODUZIONE ACS: Quota rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPgl,nren	FABBISOGNO GLOBALE: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPgl,ren	FABBISOGNO GLOBALE: Indice di prestazione rinnovabile
IfcReal	kWh/m ²	EPgl,tot	FABBISOGNO GLOBALE: Indice di prestazione totale
IfcReal	%	QR,gl	FABBISOGNO GLOBALE: Quota rinnovabile
IfcReal	W/m ² K	H'T	Coefficiente medio globale di scambio
IfcReal	%	-	Rapporto percentuale tra il coefficiente medio globale di scambio termico H'T dell'edificio in esame e quello corrispondente ai limiti di legge
IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo energia elettrica
IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas metano
IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas GPL
IfcReal	L	Capacità	Consumo annuo idrico

Nel Capitolo 5, partendo dal lavoro appena introdotto di codificazione delle proprietà di tipo energetico da attribuire al modello di un edificio portato avanti dall'Agenzia del Demanio e integrandolo a partire dall'elenco dei parametri minimi individuato nella precedente annualità [2], saranno fornite indicazioni utili per la definizione dei Property set personalizzati per la restituzione e l'implementazione dei risultati di una diagnosi energetica, all'interno del modello IFC dello stato di fatto di un edificio.

3.2 Indicazioni per la definizione nel Capitolato Informativo dei requisiti delle diagnosi energetiche

In questo paragrafo si esplicitano gli aspetti dei requisiti di scambio informativo per il processo di diagnosi energetica, richiesti dal soggetto proponente nel Capitolato Informativo ed esplicitati dai soggetti incaricati nei piani di gestione informativa. Il riferimento normativo è la UNI/TR 11337-6:2017 [20], più esattamente:

- Punto 5.3 per la sezione tecnica che definisce hardware, tipologia di software, dati, sistemi di riferimento, livelli di sviluppo, competenze richieste, ...).
- Punto 5.4 per la sezione gestionale che definisce gli obiettivi e gli usi del modello informativo in relazione alle fasi del processo.

I requisiti informativi specifici dipendono da prescrizioni normative, dall'esigenze del committente e dall'uso che sarà fatto del modello/dei modelli.

Dall'analisi dei capitoli informativi e da quanto sinora ampiamente discusso, si evince che il capitolo informativo è un documento che – pur avendo una struttura ben chiara in termini di contenuti e obiettivi, come dettato dal relativo standard – può variare in maniera significativa a seconda delle esigenze del singolo progetto e della singola amministrazione.

Tuttavia, quando all'interno di un capitolo informativo sia anche prevista la diagnosi energetica di uno o più edifici, è comunque possibile suggerire alcuni contenuti e riferimenti da includere nel documento per garantirne la massima chiarezza. Di seguito alcune considerazioni specifiche per il processo di DE, in sintesi e in aggiunta a quanto già espresso in 3.1 durante l'analisi delle esperienze dei protagonisti del settore:

Infrastruttura hardware, Infrastruttura software: il soggetto proponente, per fornire le proprie indicazioni e richiedere di dettagliare al soggetto incaricato, può utilizzare i prospetti forniti dalla norma UNI 11337-680. Non può imporre o richiedere l'adozione di uno specifico software, o indirizzare verso l'uso di un determinato software. In risposta, il REDE (per le DE) deve poter compilare autonomamente e liberamente i propri dati, selezionando software che consentono l'utilizzo di formati aperti [10].

Formato dati: tutti i contenuti informativi devono essere scambiati mediante l'impiego di formati aperti, come del resto è previsto dal Decreto BIM (DM 560/2017) e chiarito nelle linee guida Ibimi/buildingSmart Italia [10]. Anche in questo caso il soggetto proponente potrebbe predisporre una tabella come previsto dalla UNI 11337-6 [20] per fornire direttamente, in funzione del proprio obiettivo informativo, i formati aperti che possono essere utilizzati, per specificare eventuali particolari richieste, per stabilire i limiti dimensionali ai file scambiati [10].

Relativamente all'interoperabilità del processo di DE, la definizione dei parametri minimi all'interno di Pset (Capitolo 5) può essere un primo fondamentale passo per la condivisione automatizzata delle informazioni di input e di output della DE, Pset che possono essere esplicitati nel Capitolo Informativo con richiesta di compilazione da parte del gruppo di fornitura.

Ambiente di condivisione dati ACDat (o CDE Common Data Environment): nel CI prima e nei pGI poi, deve essere puntualmente strutturato e disciplinato l'ambiente di condivisione dati (ACDat o CDE Common Data Environment) che sarà utilizzato per l'intero ciclo di vita dell'immobile. L'ACDat è molto di più di un ambiente di condivisione file, in quanto deve consentire la condivisione dei dati e la gestione digitale dei processi informativi per l'intero ciclo di vita del bene, correlando le informazioni al modello digitale 3D a supporto dei processi decisionali. Le vigenti norme (DM 560/2017, UNI 11337-1:2017, UNI 11337-5:2017, UNI/TR 11337-6, UNI EN ISO 19650-1:2019, UNI EN ISO 19650-2:2019) indicano per esso le caratteristiche richieste e le funzionalità che devono assolvere senza identificare nel dettaglio lo strumento atto a svolgere questo compito.

In particolare Decreto Ministeriale 560/2017 sugli appalti pubblici, identifica l'ACDat come: *“ambiente digitale di raccolta organizzata e condivisione di dati relativi ad un'opera e strutturati in informazioni relative a modelli ed elaborati digitali, basato su un'infrastruttura informatica la cui condivisione è regolata da precisi sistemi di sicurezza per l'accesso, di tracciabilità e successione storica delle variazioni apportate ai contenuti informativi, di conservazione nel tempo e relativa accessibilità del patrimonio informativo contenuto, di definizione delle responsabilità nell'elaborazione dei contenuti informativi e di tutela della proprietà intellettuale”*.

La norma tecnica italiana UNI 11337-5 [8] sintetizza gli aspetti messi in risalto dal Decreto e fornisce una lista dei requisiti dell'ACDat che sono:

- Facilità di accesso.
- Tracciabilità e successione storica.
- Supporto a vari formati dati e loro elaborazioni.
- Ricovero ed estrapolazione dati.
- Conservazione e aggiornamento.
- Riservatezza e sicurezza.

Dunque, per ogni processo edilizio, deve garantire trasparenza, tracciabilità, accessi controllati e autorizzati, un processo automatico di coordinamento e condivisione dei dati, conservazione delle informazioni per l'intera vita del bene e controllo automatizzato dell'aggiornamento e dello stato di revisione, tutela della

proprietà intellettuale e garanzia di sicurezza. Nella UNI 11337-6 [20], nella sezione tecnica il committente precisa a chi spetta predisporre l'ambiente di condivisione dati; nella sezione gestionale (punto *“Modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi”*) il committente indica le caratteristiche di funzionamento che il soggetto incaricato principale deve rispettare (qualora l'ACDat sia predisposto dal soggetto proponente) o deve garantire (qualora sia a suo carico la predisposizione dell'ACDat). Tra le caratteristiche delle infrastrutture di condivisione dati che vanno definite nella sezione gestionale, ci sono: modalità di accessibilità da parte degli attori, la possibilità di consultazione e/o estrazione di copia di documenti, elaborati, modelli, la tracciabilità dei dati contenuti con successione storica delle revisioni apportate, i criteri di riservatezza dei dati contenuti, ...[26].

Un altro aspetto fondamentale che si è riscontrato solo in parte nell'analisi dei capitolati esistenti, è la necessità, così come precisato dalla UNI 11337-1 [22], che il committente renda disponibile (ancora prima della pubblicazione della gara) un proprio ACDat, o comunque che ne abbia la gestione direttamente o incaricando un soggetto esterno, in modo da essere tutelato sul pieno possesso dei dati, sulla loro disponibilità, integrità e lettura per l'intero ciclo di vita del bene (ACDat di commessa); il gruppo di lavoro aggiudicatario potrà, poi, essere dotato di un proprio ACDat per la condivisione delle informazioni di progetto interne al gruppo prima della consegna al committente (ACDat distribuito). Uno dei possibili modi per attestare l'autenticità, la data certa e la non modificabilità nel tempo dei file, è attraverso l'utilizzo della cosiddetta Blockchain, ossia della catena di blocchi contenenti dati che attraverso Hash specifici del blocco stesso e del blocco precedente, consentono di garantire trasparenza, verificabilità ed efficacia delle informazioni scambiate nel processo BIM [22] [24] [25].

L'ambiente di condivisione dati è suddiviso in sezioni separate e distinte (stato di elaborazione, stato di condivisione, stato di pubblicazione, stato di archivio [1]) nelle quali le informazioni sono gestite a seconda del loro stato di lavorazione e autorizzazione. Il passaggio dei dati/informazioni tra una sezione e l'altra avviene secondo stringenti procedure di autorizzazione/validazione che chiariscono le azioni di controllo da svolgere e chi ne è responsabile, oltreché quali sono le modalità di effettuazione e i risultati attesi. Queste procedure e i responsabili del flusso delle informazioni devono essere stabilite dal committente nel CI e dettagliate dal soggetto incaricato nel pGI.

Va tenuto presente che, la possibilità di avere un effettivo “digital twin”, dinamicamente e costantemente aggiornato all'edificio reale, non può prescindere dalla presenza di una piattaforma BIM condivisa in cloud nella quale tutti gli attori possono aggiornare i propri contenuti informativi in un unico modello informativo federato (PIM), unitamente alla possibilità di avere disponibili librerie di oggetti BIM complete di tutti gli oggetti reali che possano essere necessari lungo l'intero ciclo di vita, che utilizzino standard aperti, tassonomia e data dictionary condivisi.

Livelli di dettaglio e Livelli di sviluppo informativo: Come si è avuto modo di riscontrare anche nell'esperienza dell'Agenzia del Demanio (3.1) ed in linea con quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 19650-1, il livello di dettaglio e di fabbisogno informativo dei prodotti e dei modelli forniti è opportuno sia definito caso per caso in base agli obiettivi da raggiungere, agli scopi del modello, alle caratteristiche e ai bisogni informativi dello specifico progetto, tenendo conto della qualità, quantità e granularità delle informazioni richieste. Tutti requisiti che devono essere chiaramente definiti dal soggetto proponente già nei documenti a monte del CI, ovvero negli OIR, AIR e PIR. Alcuni requisiti da definire strettamente connessi alla diagnosi stabiliti nelle UNI/TR 11775, sono esplicitati nella Tabella 8, correlati con i possibili documenti di riferimento della gerarchia dei requisiti informativi.

In considerazione delle problematiche di interoperabilità nella condivisione delle informazioni tra software BIM e software BEM attualmente ancora esistenti, può essere utile partire nel modello informativo as is con livelli informativi bassi che via via possono essere implementati grazie alla condivisione delle informazioni con i modelli specifici per gli usi previsti dal soggetto proponente. Per l'analisi energetica, un'ipotesi potrebbe essere partire da un modello informativo dello stato di fatto semplificato (LOD D o E) [2].

Seguendo la rappresentazione dei contenuti dei CI della Tabella 1, nella seguente Tabella 5 si riportano, in sintesi, i contenuti e riferimenti per i Capitolati Informativi relativamente al processo di diagnosi energetica in ambito BIM.

Tabella 5: Contenuti e riferimenti per i Capitolati Informativi

RIFERIMENTI NORMATIVI
Inserire un riferimento a Linee Guida delle Diagnosi: UNI/TR 11775:2020. Diagnosi Energetiche – Linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici (*). Inserire l’elenco delle norme e standard di riferimento per la digitalizzazione del settore delle costruzioni (**). (*) Esse contengono al loro interno una lista di riferimenti normativi che si suggerisce di includere all’interno dei capitolati informativi rilevanti in tal senso. (**) Qualora pubblicate come riferimento normativo le linee guida Diagnosi BIM (Capitolo 4), si potrebbe fare riferimento ad esse che le contengono al loro interno (paragrafo 4.2).
SEZIONE TECNICA
Seguire il riferimento delle Linee Guida IBIMI: Esse forniscono un ottimo supporto per la redazione delle sezioni tecniche dei capitolati informativi, indipendentemente dalle caratteristiche del servizio.
Ambiente di condivisione dati (ACDat): è bene che il committente predisponga un proprio ACDat (ACDat di commessa) o, comunque, che lo gestisca direttamente o incaricando un soggetto esterno. Questo gli consentirebbe di essere tutelato sul pieno possesso dei dati, sulla loro disponibilità, integrità e lettura per l’intero ciclo di vita del bene; il gruppo di lavoro aggiudicatario potrà essere dotato di un proprio ACDat per la condivisione delle informazioni di progetto interne al gruppo prima della consegna al committente (ACDat distribuito).
SEZIONE GESTIONALE
Obiettivi specifici del servizio Diagnosi energetica: - conoscenza approfondita del profilo di consumo energetico reale dell’edificio, a partire dall’analisi della documentazione tecnica a disposizione, di indagini e rilievi in situ del sistema fabbricato-impianto, dei dati di consumo (letture e bollette di almeno gli ultimi tre anni) e degli altri fattori concorrenti; - individuazione e quantificazione delle opportunità di risparmio energetico, sotto il profilo costi-benefici; - certificazione energetica dell’immobile allo stato di fatto e in seguito agli scenari di efficientamento energetico individuati.
Definizione dei requisiti delle diagnosi energetiche nella gerarchia dei requisiti informativi: I requisiti della diagnosi energetica stabiliti nel rapporto tecnico UNI/TR 11775 che hanno influenza nel processo di produzione e gestione delle informazioni, devono essere esplicitati dal committente nel capitolato informativo (nei casi in cui i requisiti si riferiscono a strategie e obiettivi di livello aziendale e/o di asset, è bene che essi siano in primis definiti dal soggetto proponente nella gerarchia dei requisiti informativi a monte del CI, ovvero negli OIR, AIR e PIR) e dettagliati e ampliati dal soggetto incaricato nel piano di gestione informativa. In sintesi di quanto riportato nelle linee guida, nel CI vanno definiti i requisiti: - punto 6.2 dell’UNI/TR 11775: l’elenco dei requisiti con possibile connessione con i documenti dove andrebbero esplicitati, è riportato nella Tabella 8; - punto 6.3 dell’UNI/TR 11775: riferimento paragrafi 4.6.1 e 4.6.2 delle linee guida DE BIM; - punti 6.4 e 6.5 dell’UNI/TR 11775: riferimento paragrafi 4.6.3 e 4.6.4 delle linee guida DE BIM; - le impostazioni per la condivisione delle informazioni: riferimento paragrafo 4.6.5.1 delle linee guida DE BIM; - punto 6.7 dell’UNI/TR 11775: riferimento paragrafo 4.6.7 delle linee guida DE BIM; - punto 6.16 dell’UNI/TR 11775: riferimento paragrafo 4.6.16 delle linee guida DE BIM;

SEZIONE GESTIONALE
Definizione dei livelli informativi: In generale, si suggerisce di adottare un approccio caso per caso che tenga conto degli obiettivi specifici e generali, comunicati all'interno del capitolato informativo. Si può affermare che un modello BEM di una diagnosi parta dall'importazione di un file IFC di un modello architettonico dello stato di fatto "semplificato" (per l'analisi energetica, un'ipotesi potrebbe essere partire da un modello informativo LOD D o E), in cui gli elementi di involucro siano definiti nel dettaglio stratigrafico ma non geometrico; tuttavia, la realizzazione di tale modello, richiesta contestualmente all'esecuzione della diagnosi può necessitare di livelli di sviluppo informativo superiori (ad esempio, in termini di dettaglio architettonico), in relazione ad altri obiettivi descritti nel capitolato.
Individuazione e codificazione dei parametri: Per la definizione dei parametri, si ritiene importante valutare di inserire nel capitolato Informativo la lista di Property set – assegnabili all'edificio (IfcBuilding) – definiti nel presente lavoro alla Tabella 9: in essa sono stati individuati e codificati i parametri da estrarre dalle diagnosi energetiche per digitalizzare e rendere facilmente consultabili alcune informazioni chiave di tale processo.
Definizione degli usi: La diagnosi energetica, quando è parte del processo, non deve essere considerata, in esso, marginale, ma l'uso della DE energetico deve essere chiaramente previsto e disciplinato nel CI. Questo vale, ovviamente, per tutti gli USI: ad esempio sarebbe importante che, qualora si prevedesse la realizzazione degli interventi, tutti gli attori del processo (progettista MEP, consulente ambientale, impresa esecutrice/ESCO, ...), partecipassero da subito. Questo consentirebbe, anche, la possibilità di effettuare la verifica e controllo del cosiddetto contenitore informativo proposta interventi (paragrafo 4.6) in maniera più efficace e completa e con meno margine di errore, grazie alla progettazione di fattibilità tecnica ed economica da parte del progettista MEP degli interventi di riqualificazione energetica individuati.
Programmazione e gestione delle consegne: È fondamentale che il committente espressamente richieda nel Capitolato Informativo, che i soggetti incaricati predispongano l'IDP, prima in fase di gara (all'interno della oGI) e poi, prima del conferimento dell'incarico (all'interno del pGI).

I contenuti utili alla definizione dello specifico processo di DE che il REDE deve definire nel proprio pGI, sono esplicitati nei rispettivi paragrafi delle linee guida (capitolo 4).

4 Linee guida per la diagnosi energetica degli edifici con metodologia BIM

L'obiettivo delle presenti Linee guida per la diagnosi energetica degli edifici con metodologia BIM è la standardizzazione del processo di gestione informativa della diagnosi energetica di edifici all'interno della piattaforma aperta BIM per favorire la diffusione della metodologia BIM anche in ambito energetico.

Il documento di riferimento è il rapporto tecnico UNI/TR 11775:2020 "Diagnosi Energetiche - Linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici" [3] che disciplina la procedura di DE tradizionalmente eseguita. Il fine che ci si è prefissi è l'implementazione della procedura per consentirne l'utilizzo in un processo di Diagnosi Energetica eseguito nell'ambito BIM attraverso una proposta di possibile integrazione delle Linee guida esistenti [3]. Pertanto i paragrafi che seguono sono strutturati secondo l'indice del rapporto tecnico [3] e in ognuno di essi, sono riportate le indicazioni e le raccomandazioni sugli aspetti che caratterizzano un processo BIM, mentre si rimanda al rapporto UNI/TR 11775:2020 per tutto quanto concerne gli aspetti propriamente tecnici dell'esecuzione delle diagnosi energetiche degli edifici.

Partendo dall'esperienza maturata nell'attività del triennio di ricerca, riportata in questo documento e nei rapporti già predisposti [1] [2], ogni operazione è stata rivista in chiave BIM e, per ognuna, sono state individuate le informazioni necessarie, chi le deve fornire, aggiornare, scambiare, chi le deve ricevere, per quale scopo vengono prodotte e in quale formato devono essere raccolte.

La stesura delle linee guida è stata supportata dall'applicazione a casi studio reali, con il duplice intento di dare supporto sperimentale e al contempo di fornire ai protagonisti del processo esempi pratici da seguire. Le considerazioni che seguono, tengono conto sia delle sperimentazioni su casi pratici, sia di quanto è emerso dalla letteratura scientifica e di quanto è previsto dalle normative e dagli standard di riferimento.

La chiave di lettura per comprendere i suggerimenti e le raccomandazioni che seguono va ricercata nel principio fondante della metodologia BIM: ogni singola attività che interviene lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio, deve essere progettata e sviluppata nella visione dell'intero processo edilizio e considerando le imprescindibili collaborazioni con gli altri protagonisti, in un continuo e aperto scambio informativo volto a rispondere ai requisiti informativi espressi dal soggetto proponente. I requisiti discendono dagli obiettivi strategici dell'organizzazione aziendale e della commessa ed è bene siano chiaramente espressi dal soggetto proponente nei documenti della gerarchia dei requisiti informativi di cui alla UNI EN ISO 19650-1:2019 [5], ovvero: OIR - Requisiti Informativi dell'organizzazione, PIR - Requisiti Informativi della commessa, AIR – Requisiti Informativi del cespite immobile ed, infine, EIR – Requisiti di scambio delle informazioni (CI - Capitolato Informativo per la UNI 11337). In questo modo ogni attore può conoscere l'uso finale delle informazioni sviluppate durante lo specifico processo nell'intero ciclo di vita, nonché le modalità e le procedure nel quale devono essere prodotte e fornite.

Per questo la procedura di seguito descritta e le indicazioni in essa contenute, riflettono la rappresentazione della mappa del flusso di lavoro e delle informazioni (Figura 1 del processo di DE in ambito BIM, interconnessa con l'intero processo edilizio e acquisiscono i risultati delle analisi di approfondimento rappresentata nei sub-processi nei quali il consulente energetico ha scambio informativo con il committente (paragrafi 2.1 e 2.2) e con l'architetto/modellatore BIM (paragrafo 2.3)⁹.

Introduzione

La linea guida si presenta come proposta di implementazione secondo la metodologia del Building Information Modeling (BIM), del rapporto tecnico UNI/TR 11775:2020 "Diagnosi Energetiche - Linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici" [3], documento che costituisce una linea guida per l'applicazione delle UNI CEI EN 16247-2 sulle diagnosi energetiche degli edifici ad uso residenziale, terziario ed altri assimilabili.

La presente linea guida fornisce a tutti gli attori coinvolti nel processo (in primis: soggetto proponente, committente, architetto/modellatore BIM e REDE) una procedura per l'esecuzione in ambito BIM delle diagnosi energetiche degli edifici ad uso residenziale, terziario ed altri assimilabili.

Tenendo presente il flusso di lavoro della diagnosi energetica BIM e il flusso di informazioni prodotte e scambiate con gli altri attori del processo (un esempio è rappresentato nella mappa di processo di DE in ambito BIM di Figura 1) e seguendo le linee guida [3], si sono analizzate punto per punto le fasi della procedura e si sono date indicazioni per la loro corretta esecuzione secondo il processo di gestione informativa BIM, identificando tutti gli aspetti che caratterizzano il flusso di lavoro e delle informazioni che intervengono in uno scambio informativo di DE in ambito BIM.

⁹ Nota per la comprensione del testo: le linee guida sono state pensate e strutturate come una integrazione del rapporto tecnico UNI/TR 11775, pertanto, approfondimenti utili alla migliore comprensione delle stesse sono stati sviluppati in capitoli separati, per non appesantire ed interrompere la trattazione delle linee guida. I richiami che, nel testo del capitolo 4, si fanno a tali approfondimenti, sono per la migliore lettura del presente lavoro ma non sarebbero inseriti nell'integrazione delle linee guida.

4.1 Scopo e campo di applicazione

Il presente capitolo rappresenta una proposta di integrazione del rapporto tecnico UNI/TR 11775:2020 allo scopo di costituire una linea guida per l'esecuzione delle diagnosi energetiche degli edifici (ad uso residenziale, terziario o altri assimilabili) da eseguire in ambito BIM.

Relativamente alle diagnosi energetiche BIM, questa integrazione è finalizzata a fornire suggerimenti e raccomandazioni per la definizione di una procedura standardizzata per la gestione del processo informativo delle Diagnosi Energetiche BIM, in particolare nei seguenti punti:

- L'identificazione, per ogni attività del processo e per ogni attore coinvolto:
 - del flusso di lavoro;
 - dei requisiti informativi;
 - degli scambi informativi.
- Coordinamento degli scambi informativi tra i soggetti coinvolti;
- Raccomandazioni per una corretta modellazione ai fini energetici per una interoperabilità aperta, fornite anche attraverso casi studio reali;
- Definizione dei modelli/documentazione tecnica facente parte del contenitore informativo della diagnosi energetica in ambito BIM.

4.2 Riferimenti normativi

Le norme tecniche di riferimento nazionali e internazionali per le diagnosi energetiche riportati al punto 2 del rapporto tecnico UNI/TR 11775:2020, sono integrate con i seguenti standard di riferimento per la digitalizzazione del settore delle costruzioni¹⁰.

UNI EN ISO 19650-1:2019	Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi.
UNI EN ISO 19650-2:2019	Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 2: Fase di consegna dei cespiti immobili.
EN ISO 19650-3:2020	Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 3: Operational phase of the assets.
UNI EN ISO 19650-5:2020	Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 5: Approccio orientato alla sicurezza per la gestione informativa.
UNI EN ISO 16739-1:2020	Industry Foundation Classes (IFC) per la condivisione dei dati nell'industria delle costruzioni e del Facility Management - Parte 1: Schema di dati.
UNI EN ISO 29481-1:2017	Modelli di informazioni di edifici - Guida per lo scambio di informazioni - Parte 1: Metodologia e formato.

¹⁰ Per approfondimenti sui principali riferimenti normativi per l'esecuzione delle diagnosi energetiche in ambito BIM si può fare riferimento al Capitolo 2 del lavoro della precedente annualità [2].

UNI EN 17412-1:2021	Building Information Modelling - Livello di fabbisogno informativo - Parte 1: Concetti e principi
UNI 11337-1:2017 ¹¹	Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi
UNI/TR 11337-2:2021	Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 2: Flussi informativi e processi decisionali nella gestione delle informazioni da parte della committenza
UNI/TS 11337-3:2015	Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione
UNI 11337-4:2017	Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti.
UNI 11337-5:2017	Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati.
UNI/TR 11337-6:2017	Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo.
UNI 11337-7:2018	Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.

4.3 Termini e definizioni

Ai fini delle presenti linee guida si applicano i seguenti termini e definizioni che vanno ad aggiungersi ai termini e definizioni di cui al punto 3 della UNI/TR 11775:2020 per quanto attiene l'ambito BIM:

Ambiente di condivisione dei dati (ACDat) (CDE): *Definizione 1:* fonte informativa concordata per una determinata commessa o cespite immobile, per raccogliere, per gestire e per inoltrare ciascun contenitore informativo per tutta la durata della gestione di una commessa
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.15)

Definizione 2: Ambiente di raccolta organizzata e condivisione dei dati relativi a modelli ed elaborati digitali, riferiti ad una singola opera o ad un singolo complesso di opere.
(FONTE: UNI 11337-1:2017, punto 3.2.1)

Archivio di condivisione documenti (ACDoc): Archivio di raccolta organizzata e condivisione di copie di modelli e copie od originali di elaborati su supporto non digitale, riferiti ad una singola opera o ad un singolo complesso di opere.
(FONTE: UNI 11337-1:2017, punto 3.2.2)

Attore: persona, organizzazione o unità organizzativa coinvolta in un processo di costruzione.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.2.1)

¹¹ Le norme della serie UNI 11337 sono in fase di completamento e da parte dell'UNI e in fase di revisione per uniformarle alla norma preminente della serie delle 19650 per le parti con la stessa discordanti.

Building Information Modelling (BIM): Utilizzo di una rappresentazione digitale condivisa di un cespite immobile per facilitare i processi di progettazione, di costruzione e di esercizio, in modo da creare una base decisionale affidabile.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.14)

Capitolato informativo (CI): esplicitazione delle esigenze e dei requisiti informativi richiesti dal committente agli affidatari.

Il capitolato informativo corrisponde, nelle sue linee essenziali, all'Employer Information Requirement (EIR)

(FONTE: UNI 11337-5:2017, punto 3.2.1)

Committente: (in aggiunta a quanto previsto al punto 3.4 del UNI/TR 11775:2020) Attore responsabile dell'avvio di una commessa e dell'approvazione del meta-progetto o documento di indirizzo preliminare.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.2.5)

Contenitore informativo: insieme coerente denominato di informazioni recuperabili all'interno di un file, di un sistema o di una struttura gerarchica¹².

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.12)

Fase di consegna: parte del ciclo di vita durante il quale un cespite immobile è progettato, costruito e messo in servizio.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.2.11)

Fase gestionale: parte del ciclo di vita durante il quale il cespite immobile è utilizzato e sottoposto a utilizzo e a manutenzione.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.2.12).

Federazione: creazione di un modello informativo composto da contenitori informativi.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.11)

Gruppo di consegna o di fornitura: soggetto incaricato principale e rispettivi soggetti incaricati.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.2.6)

Incarico: istruzione concordata per la fornitura di informazioni concernenti lavori, cespiti immobili o servizi.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.2.2)

Informazione: rappresentazione reinterpretabile di dati in un modo formalizzato, idoneo per la comunicazione, l'interpretazione o l'elaborazione.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.1)

Livello di fabbisogno informativo: struttura di riferimento che definisce l'estensione e la rilevanza dell'informazione.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.16)

Modello informativo: *Definizione 1:* Insieme di contenitori informativi strutturati e non strutturati.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.8)

Definizione 2: Insieme di contenitori di informazione strutturata, semistrutturata e non strutturata.

(FONTE: Decreto Ministeriale n. 560 del 01/12/2017 e s.m.i., art.2, punto1 let. 0a)

Modello informativo del cespite immobile (AIM): modello informativo relativo alla fase gestionale.

(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.9)

¹² La UNI EN ISO 19650-1:2019 al punto 3.3.12 fornisce i seguenti esempi:

Comprende sottodirectory, file di informazioni (incluso il modello, il documento, la tabella, il prospetto), o un sottoinsieme distinto di un file di informazioni come un capitolo o sezione, livello o simbolo.

I contenitori informativi strutturati includono modelli geometrici, prospetti e basi dati. I contenitori informativi non strutturati comprendono documenti, video, clip e registrazioni sonore.

Modello informativo della commessa (PIM): modello informativo relativo alla fase di consegna.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.10)

Piano di gestione informativa (pGI): documento redatto dall'aggiudicatario sulla base dell'offerta di gestione informativa, da sottoporre alla stazione appaltante dopo la sottoscrizione del contratto e prima dell'esecuzione dello stesso e che può essere aggiornato nel corso dell'esecuzione del contratto;
(FONTE: Decreto Ministeriale n. 560 del 01/12/2017 e s.m.i., art.2, punto1 let. g-bis)

Piattaforma collaborativa digitale: Ambiente digitale per la raccolta organizzata e la condivisione di dati, informazioni, modelli, oggetti ed elaborati, riferiti alla filiera delle costruzioni: prodotti risultanti, prodotti componenti, e processi (oggetti, soggetti e azioni).
(FONTE: UNI 11337-1:2017, punto 3.2.4)

Requisiti di scambio delle informazioni o Employer Information Requirement (EIR): Requisiti informativi in relazione a un incarico.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.6)

Requisito informativo: specifica di che cosa, quando, come e per chi è prodotta l'informazione.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.2)

Requisiti informativi dell'organizzazione; OIR: *Requisiti informativi* in relazione agli obiettivi dell'organizzazione.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.3)

Requisiti informativi del cespite immobile; AIR: *Requisiti informativi* in relazione all'utilizzo di un cespite immobile.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.4)

Requisiti informativi della commessa; PIR: *Requisiti informativi* in relazione alla realizzazione di un cespite immobile.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.5)

Scambio informativo: atto di adempimento di un requisito informativo o di parte di esso.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.3.7)

Soggetto incaricato: fornitore di informazioni concernenti lavori, cespiti immobili o servizi.
Si dovrebbe identificare un soggetto incaricato principale per ogni gruppo di consegna o di fornitura cui sono assegnati compiti sebbene esso possa coincidere con la stessa organizzazione di uno dei gruppi incaricati.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.2.3)

Soggetto proponente: destinatario delle informazioni concernenti lavori, cespiti immobili o servizi da parte di un soggetto incaricato principale.
(FONTE: UNI EN ISO 19650-1:2019, punto 3.2.4)

4.4 Simboli e unità di misura

Non sono previste integrazioni al punto 4 della UNI/TR 11775:2020.

4.5 Diagnosi Energetica

Il processo di diagnosi energetica BIM viene graficamente rappresentato in una mappa di processo (per il presente lavoro un esempio è riportato in Figura 1) che definisce per gli attori coinvolti (soggetto proponente/committente, Architetto/modellatore BIM, Consulente energetico (REDE)), la sequenza delle attività eseguite e gli scambi di dati e informazioni che tra gli stessi intercorrono, dall'apertura della

commessa alla sua chiusura. Inoltre, l'identificazione dei requisiti informativi per la diagnosi energetica avviene in relazione al processo di produzione e gestione delle informazioni dell'intero ciclo di vita del bene, dalla fase di definizione dei bisogni della committenza a livello strategico aziendale, fino alla fase di gestione dell'edificio.

Questa visione olistica rappresenta la principale chiave di lettura per comprendere appieno le ragioni delle integrazioni proposte per l'adozione della procedura di diagnosi energetica della UNI/TR 11775:2020 all'interno della progettazione integrata BIM.

Dunque, l'implementazione del processo in ambito BIM, non sviluppa la fase di diagnosi energetica fine a se stessa, ma include e dettaglia le fasi del processo edilizio con essa connesse. Per questo, nei paragrafi che seguono vengono esplicitate, negli elementi essenziali, sia le attività della DE che le principali attività con la stessa connesse.

4.5.1 Soggetti coinvolti nella Diagnosi Energetica

Al punto 5.1 del UNI/TR 11775:2020 è riportato, a titolo esemplificativo, il prospetto dei soggetti che possono essere coinvolti nella DE di un edificio ed il ruolo degli stessi.

Ad integrazione di quella tabella che si riferisce alla struttura del committente e alla sola attività di DE, nella seguente Tabella 6, si riportano gli attori¹³ che possono essere coinvolti nel processo di diagnosi energetica in ambito BIM (come sviluppato nella mappa di Figura 1) con l'individuazione delle fasi nelle quali svolgono un ruolo principale.

Tabella 6: Attori del processo di diagnosi energetica in ambito BIM¹⁴

SOGGETTO	ATTIVAZIONE INCARICO	ACQUISIZIONE DATI E INFORMAZIONI	MODELLO INFORMATIVO PIM	CONTENITORE INFORMATIVO ENERGETICI	SIMULAZIONE ENERGETICA	ANALISI COSTI BENEFICI	REVISIONE E VERIFICA MODELLI INFORMATIVI
Soggetto proponente/Committente	A	A				P	A
Soggetti per reperimento dei dati		P					
Architetto/Modellatore BIM	P	P	A	P			A
REDE	P	A	P	A	A	A	A
LEGENDA		A - Responsabile dell'attività		P - coinvolto e partecipa all'attività			

Il Soggetto proponente definisce gli obiettivi (aziendali e di commessa) e i requisiti informativi che devono essere soddisfatti lungo l'intero ciclo di vita del cespite immobile. È il destinatario delle informazioni – concernenti i lavori, il cespite immobile o i servizi – che vengono prodotte dai soggetti incaricati principali e che egli verifica per assicurarne la completezza in risposta ai requisiti informativi richiesti, approva ed archivia. Dunque assume funzioni più ampie del committente e del proprietario dell'immobile, pur se in alcuni momenti può con essi coincidere (Rif. Paragrafi 2.1 e 2.2).

I soggetti per il reperimento dei dati sono tutti i soggetti indicati dal committente, ai quali il REDE può rivolgersi per acquisire i dati necessari per la diagnosi energetica relativamente alla proprietà e alle fasi di gestione, conduzione e manutenzione dell'edificio. A titolo esemplificativo, dalla UNI/TR 11775:2020 sono: amministratore della proprietà, gestore degli impianti, direttore dei servizi tecnici, personale addetto ad

¹³ È importante precisare che il nome assegnato alla figura "architetto" è indicativo del ruolo che svolge nel processo, non dello specifico titolo accademico posseduto.

¹⁴ Questa tabella è una rielaborazione della tabella 25 del lavoro [2] della precedente annualità di ricerca

esercizio e manutenzione, personale della sicurezza, occupanti, personale (coloro che vi lavorano in modo permanente), temporanei (pazienti, clienti di un negozio), inquilini.

L'Architetto / modellatore BIM realizza il modello BIM *as is* dell'edificio una volta acquisiti o rilevati i dati della campagna di rilievo e di indagine e recepito quanto previsto nel CI (in particolare per quanto concerne gli usi previsti ed il livello di sviluppo informativo richiesto); sviluppa le prime idee progettuali sotto il profilo estetico e funzionale, tenendo presenti le normative vigenti, i requisiti previsti nel CI, sapendo quali saranno gli usi futuri delle informazioni (es. progettazione HVAC per il progetto dei sistemi per la climatizzazione invernale ed estiva, valutazione sostenibilità ambientale, ...) e i requisiti necessari alle altre discipline (strutturali, energetici, sostenibilità, ...), condivisi anche in sede di riunione iniziale. Nel processo di DE BIM ha principalmente il ruolo di coordinamento, implementazione e ottimizzazione, nell'ACDat, del modello informativo con i contenitori informativi delle discipline specialistiche.

4.5.2 Requisiti del REferente della Diagnosi Energetica

Il REDE è la figura tecnica esperta - sia esso un singolo professionista o una società di servizi - che esegue ed è responsabile della procedura di diagnosi energetica. Al punto 5.2 della UNI/TR 11775:2020 sono definite le conoscenze e le competenze che sono richieste al REDE per eseguire una diagnosi energetica efficace, con richiamo alla parte 5 della UNI CEI EN 16247-5:2015 [27].

A questi requisiti richiesti per DE tradizionalmente eseguite, se ne aggiungono altri quando la DE viene redatta in ambito BIM. L'utilizzo di questa metodologia richiede, infatti, nuovi ruoli e ulteriori competenze per tutti gli attori coinvolti nel processo, non solo per gli *esperti BIM* che partecipano direttamente alla produzione e gestione delle informazioni, ma anche per il soggetto proponente, per i fornitori esterni, per le pubbliche amministrazioni coinvolte,

La norma di riferimento per i profili e la qualifica delle competenze dei professionisti che operano in ambito BIM, è la UNI 11337-7:2018 [28]; in particolare, definisce i requisiti di conoscenza, abilità e competenza dei seguenti ruoli professionali:

- **CDE manager:** si occupa della gestione dell'ambiente di condivisione dei dati;
- **BIM manager:** si relaziona principalmente al livello dell'organizzazione, per la gestione della digitalizzazione dei processi posti in essere dalla stessa, avendo la supervisione o il coordinamento generale delle commesse in corso;
- **BIM coordinator:** coordinatore dei flussi informativi di commessa, opera a livello della singola commessa, di concerto con i vertici dell'organizzazione e secondo le indicazioni del BIM manager nella gestione complessiva dei processi digitalizzati;
- **BIM Specialist:** operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa, agisce all'interno delle singole commesse e opera tramite determinate procedure digitalizzate attraverso la modellazione a oggetti.

I requisiti aggiuntivi che il REDE deve possedere per l'esecuzione di una DE in ambito BIM sono sicuramente quelli previsti per la figura del **BIM specialist**, ovvero dell'*operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa* (punto 5.4 della UNI 11337-7). Tuttavia, occorre precisare che non sempre possono essere chiaramente definiti i confini di dove inizi o si concluda l'attività di un professionista del BIM, in quanto le responsabilità e le attività dallo stesso svolte dipendono dal ruolo che ricopre nell'ambito della struttura organizzativa del processo, nonché dalle dimensioni e dalle caratteristiche del processo stesso. Pertanto, la richiesta al REDE del possesso di specifici requisiti può essere fatta con riferimento a quanto previsto nella UNI 11337-7 secondo i ruoli che effettivamente è chiamato a svolgere nella gestione dello specifico processo informativo.

Per la certificazione di parte terza delle figure professionali previste alla UNI 11337-7:2018, la prassi di riferimento PdR 78:2020 [29] che fornisce i requisiti specifici per la valutazione di conformità a cui fare riferimento.

4.5.3 Requisiti della diagnosi energetica

La procedura di diagnosi è volta al conseguimento di precisi obiettivi stabiliti dal soggetto proponente. Dunque i requisiti che essa deve rispettare dovrebbero sempre essere definiti da accordi iniziali con la committenza. Ancora di più questo principio diventa imprescindibile in un processo BIM nel quale, come più volte detto, tutto il processo edilizio deve essere pianificato e progettato per l'intero ciclo di vita, fin dalle fasi iniziali della sua ideazione.

Oltre ai sei requisiti fondamentali individuati al punto 5.3 del rapporto tecnico UNI/TR 11775:2020, nel processo BIM si aggiunge il requisito fondamentale della **interoperabilità di tipo aperto**: il processo di realizzazione del contenitore informativo della diagnosi energetica, volto alla fornitura delle informazioni necessarie a dare completa risposta ai requisiti informativi richiesti dal soggetto proponente nel capitolato informativo, deve garantire completezza, efficacia ed efficienza sia nell'acquisizione dei dati di input necessari all'esecuzione della stessa, sia nella condivisione delle informazioni di output nell'ACDat.

Le caratteristiche dell'infrastruttura software e hardware, nonché le caratteristiche dell'organizzazione e del management aziendale, sono dettagliati nel piano di gestione informativa predisposto dal REDE secondo quanto previsto nel piano di gestione informativa del soggetto incaricato principale (se presente) e nel Capitolato Informativo elaborato dal soggetto proponente.

4.6 Procedura di diagnosi energetica BIM

L'implementazione in ambito BIM della procedura di diagnosi energetica può avvenire solo nel contesto dell'intero processo di progettazione integrata e in relazione con tutte le altre attività svolte. La rappresentazione di questo processo si identifica con le mappe di processo che descrivono il flusso delle attività e delle informazioni che si hanno nello specifico processo e nei processi con lo stesso collegati. Queste mappe sono definite al punto 5.4 delle UNI EN ISO 29481-1:2017 [30]; per ogni ruolo svolto dagli attori vengono schematizzate in sequenza logica, all'interno di specifiche sezioni orizzontali, le attività dallo stesso svolte e viene definito il contenuto informativo e le modalità degli scambi di dati e informazioni tra i vari attori.

Il processo di DE in ambito BIM (la mappa di processo di DE è rappresentata in Figura 1 per la fase di progettazione di fattibilità tecnica economica), inizia con l'attivazione dell'incarico da parte del committente e con la conferma e condivisione dei pGI dei gruppi di fornitura (4.6.1) (4.6.2).

Le successive attività di raccolta delle informazioni e di rilievo sono eseguite dal REDE (4.6.3) (4.6.4); nel caso in cui il modello informativo dell'edificio allo stato di fatto non sia presente, o sia necessario un aggiornamento del modello esistente, è necessario che l'architetto/modellatore BIM (o chi per lui) porti a termine un rilievo geometrico-architettonico dell'edificio per realizzare – sul software di authoring – il modello informativo dell'edificio allo stato di fatto o procedere alla sua revisione.

Prima di importare il file IFC nell'applicativo di analisi e simulazione energetica, il REDE esegue, nel BIM viewer, la verifiche del file IFC esportato dal modello informativo dello stato di fatto, come illustrato in Figura 8 per verificare se la modellazione BIM è ottimizzata per le analisi di tipo energetico (4.6.5). Nel caso in cui la verifica dia esito negativo, trasmetterà le richieste di correzione dei problemi all'architetto, che potrà seguire le raccomandazioni per l'ottimizzazione del modello in (4.6.5).

Successivamente all'importazione del file IFC nel software di analisi e simulazione energetica, il REDE, completate le ulteriori verifiche (Figura 8), procede con l'implementare del modello con i dati mancanti strettamente connessi con gli aspetti energetici. Dopo l'inventario energetico, il flusso di lavoro segue la sequenza di attività della procedura prevista nelle linee guida UNI/TR 11775 (da paragrafo 4.6.5 a paragrafo 4.6.15). In questa sequenza il REDE condivide con l'architetto il proprio contenitore informativo per le azioni di coordinamento e aggiornamento del modello informativo (PIM) dell'edificio allo stato di fatto. Per far questo, la proposta di Pset energetici di cui al paragrafo 5 può essere utilizzata come base per l'aggiornamento del PIM con i risultati della diagnosi.

Segue, infine, la consegna del contenitore informativo al committente e la chiusura da parte di quest'ultimo, della commessa con l'accettazione e archiviazione nell'ACDat delle informazioni fornite (4.6.16).

Anche se il processo di DE in ambito BIM non può essere compiutamente rappresentato dalla sola procedura di DE, ma, come sopra espresso, occorre fare riferimento alla mappa di processo, per completezza si riporta, in Figura 7, anche la procedura per le Diagnosi Energetiche degli edifici rappresentata nella figura 2 del rapporto tecnico UNI/TR 11775:2020, integrata con le attività e le fasi aggiuntive (riportate parallelamente sulla destra nello schema), che possono essere incluse, per collocare il processo in ambiente BIM. I blocchi aggiunti allo schema sono caratterizzati da un riempimento che individua il principale responsabile dell'attività in esso inclusa.

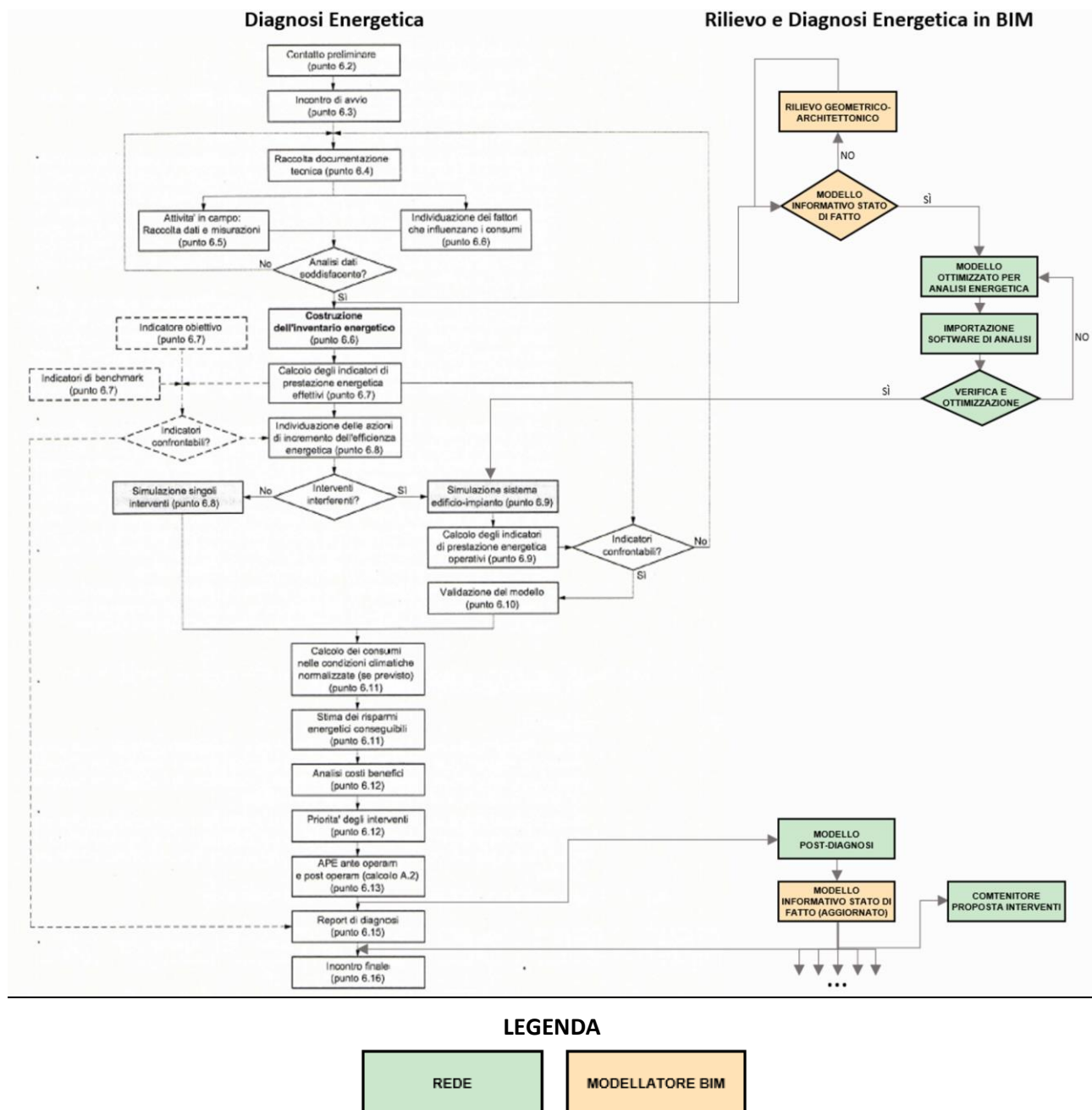


Figura 7: Schema a blocchi per le DE BIM degli edifici [3]

Allo schema a blocchi per la Diagnosi Energetica che descrive il processo standard, nel caso di Diagnosi BIM si affianca al REDE la figura dell'architetto/modellatore BIM che interagisce con quest'ultimo nel corso del processo, in prima istanza, realizzando il **modello BIM dello stato di fatto** a partire da un rilievo geometrico e architettonico e/o aggiornando il modello dello stato di fatto eventualmente già presente con le informazioni derivanti dall'analisi dati ed, eventualmente, dalle misurazioni del REDE.

Nel paragrafo 4.6.5 linee guida, sono contenute delle **raccomandazioni per una corretta modellazione BIM finalizzata alle analisi di tipo energetico**, che sono utili sia all'architetto/modellatore BIM per gli usi di rilievo e di realizzazione del modello informativo BIM sia al REDE, che le può utilizzare all'atto dell'analisi e verifica del modello per la sua ottimizzazione per l'analisi energetica. Le raccomandazioni prendono in considerazione diversi aspetti dell'attività di modellazione (ad esempio, modellazione geometrica degli oggetti, controllo delle stratigrafie, dei materiali costituenti e dei locali termici) e hanno l'obiettivo di rendere il processo di importazione del file IFC del modello dell'edificio il più scorrevole possibile, semplificando enormemente l'attività dei tecnici che effettuano la diagnosi pur garantendo un elevato grado di accuratezza¹⁵. Il modello informativo dello stato di fatto contiene, dunque, tutte le informazioni che sono state definite in fase di avvio della commessa. Tramite la modellazione BIM, è possibile immagazzinare una serie di informazioni sull'edificio e sui suoi sistemi impiantistici – tipicamente riconducibili a una molteplicità di file e documenti anche cartacei – in un modello interdisciplinare e interrogabile, associandole ai rispettivi elementi del modello (ad esempio, componenti, vani, zone) e rendendole dunque di più facile reperimento. In aggiunta, il modello può costituire il punto di partenza per la modellazione e simulazione energetica dell'edificio che viene effettuata all'interno del software di analisi scelto. Infatti, dopo aver effettuato tutte le ottimizzazioni (e semplificazioni) necessarie alla importazione all'interno di un software per l'analisi energetica, il modello così ottimizzato può essere importato. Fatte le dovute verifiche e completato il modello con tutte le informazioni necessarie alle analisi, il REDE può procedere alla simulazione del sistema edificio-impianto, al calcolo degli indicatori di prestazione energetica operativi, alla validazione del modello, all'analisi degli interventi migliorativi.

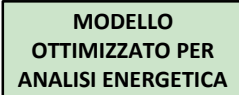
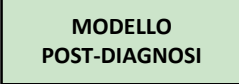
A questo punto il REDE consegna, al committente il contenitore informativo comprendente tutti gli elaborati richiesti contrattualmente e necessari allo scopo di restituire i risultati della diagnosi (modello post-diagnosi, rapporto di diagnosi, APE pre e post-interventi, documentazione a supporto, ...). All'interno di questo lavoro (Capitolo 5), si è proposto un sistema basato sull'utilizzo di set di proprietà (Pset) personalizzati contenenti una lista di parametri necessari per la restituzione dei risultati di una diagnosi e la loro implementazione all'interno del modello informativo BIM dell'edificio allo stato di fatto, da includere all'interno dei documenti da fornire all'aggiudicatario del servizio. Il modello informativo (PIM, secondo la terminologia proposta dalle norme tecniche) potrà, dunque, essere *arricchito* al termine della diagnosi con i risultati operativi della stessa (provenienti dal **modello post-diagnosi**) per una loro migliore consultazione, in modo da semplificare la gestione (economica, energetica, manutentiva, ecc.) dell'edificio oggetto di diagnosi, di tutta la documentazione ad essa associata.

Con l'attività di valutazione dei risparmi energetici conseguibili, il REDE determina gli scenari degli interventi possibili e quantifica per ognuno i relativi risparmi energetici. A seguire, con l'analisi costi benefici, procede con la valutazione economica per determinare, tenendo anche conto dei requisiti previsti dal committente nel CI, quale soluzione abbia un rapporto costi/benefici più favorevole. I risultati di queste valutazioni sono riportati nel cosiddetto **contenitore proposta interventi** che potrà essere utilizzato dal progettista MEP e architettonico per l'eventuale progetto degli interventi di riqualificazione energetica proposti, i cui contenuti sono stabiliti dal committente nel CI e sono dettagliati nel pGI nella fase di accettazione dell'incarico. Potrà

¹⁵ Il lavoro è partito dall'analisi delle problematiche di interoperabilità riscontrate in letteratura e nel corso dell'utilizzo di uno specifico software di authoring e di due specifici software – certificati ai sensi della normativa Italiana – per analisi energetica, cercando di fornire delle indicazioni di natura generale. Il lavoro, la cui metodologia è stata ampiamente descritta nell'ambito della seconda annualità di ricerca anche attraverso l'analisi di un caso studio specifico, è stato portato avanti anche durante la terza annualità di ricerca, attraverso ulteriori esempi di studio e attraverso l'utilizzo di un altro software di analisi energetica certificato.

trattarsi, ad esempio, di una o più tabelle riepilogative contenenti gli scenari di intervento individuati e valutati nel dettaglio, ma anche un vero e proprio modello informativo, contenente gli interventi proposti e i relativi risultati). In Tabella 7 sono sintetizzati e descritti i contenitori/modelli che intervengono nel processo.

Tabella 7: I modelli informativi che entrano in gioco nel processo

Responsabile		Descrizione
Architetto/ Modellatore BIM	REDE	
		MODELLO INFORMATIVO DELLO STATO DI FATTO Contiene le informazioni, definite in fase di avvio della commessa, sull'edificio e sui suoi sistemi impiantistici, associate ai rispettivi elementi (ad esempio, componenti, vani, zone...).
		MODELLO OTTIMIZZATO PER ANALISI ENERGETICA Dopo aver effettuato tutte le ottimizzazioni e semplificazioni necessarie, il modello così ottimizzato può essere importato nel software per l'analisi energetica scelto.
		MODELLO POST- DIAGNOSI Contenitore informativo contenente i risultati della diagnosi. Questo modello può essere usato per arricchire il modello informativo (PIM) con i risultati della stessa. Allo stato attuale, non essendo ancora possibile mediante file IFC, si propongono set di proprietà (Pset) personalizzati.
		MODELLO INFORMATIVO BIM (PIM) AGGIORNATO CON I RISULTATI DELLA DIAGNOSI La condivisione del contenitore informativo del modello post-diagnosi consente di aggiornare il modello informativo PIM (Project Information Model) anche con i risultati della diagnosi per una migliore consultazione degli stessi in modo da semplificare la gestione dell'edificio nonché di tutta la documentazione associata.
		CONTENITORE PROPOSTA INTERVENTI Contenitore informativo con le informazioni relative alla soluzione di scenario degli interventi che ha il rapporto costi/benefici più favorevole, informazioni necessarie al progetto e alla realizzazione degli interventi di riqualificazione energetica individuati.

4.6.1 Il contatto preliminare – Gerarchia requisiti informativi: sub processo attivazione dell'incarico

Quello che nella procedura tradizionale della DE viene chiamato “contatto preliminare” al punto 6.2 del rapporto UNI/TR 11775, rappresenta nel processo BIM qualcosa di molto più vasto e propedeutico alla procedura di realizzazione di diagnosi energetica, in quanto è parte fondamentale del processo di gestione informativa. In questa attività vengono elencati tutti gli aspetti che committente e REDE devono definire affinché il primo possa esplicitare compiutamente le proprie esigenze a livello aziendale, a livello di asset e anche a livello di commessa, in modo possa esprimere compiutamente le proprie richieste. Il REDE da parte sua affinché possa strutturare ed elaborare la propria modalità di gestione informativa in risposta alla richieste del committente e possa svolgere i compiti necessari perché gli venga conferito l'incarico. Per queste ragioni, la presente attività viene rinominata in ambito BIM “Gerarchia requisiti informativi: sub processo attivazione dell'incarico”.

Nel processo BIM, dunque, i dati e le informazioni richiesti al punto 6.2 del rapporto tecnico [3], non possono essere definiti in occasione di un incontro preliminare, ma sono obiettivi aziendali e requisiti informativi che devono essere puntualmente definiti dal soggetto proponente nei documenti che rappresentano la gerarchia dei requisiti informativi. I documenti a cui si fa riferimento sono quelli previsti dalla UNI EN ISO 19650-1 [5] che, partendo dal livello alto della strategia aziendale, sono: **OIR** per i requisiti informativi dell'organizzazione, **AIR** per i requisiti informativi del cespite immobile, **PIR** per i requisiti informativi della commessa. Infine il committente dettaglia nel Capitolato Informativo (**CI**) la richiesta dei requisiti di scambio delle informazioni, utilizzando la strutturazione dei dati, il database e le procedure disciplinate nei documenti precedenti. A seguire, gli elaborati che il REDE predispone per specificare come intende procedere per produrre e fornire le informazioni richieste nel CI, sono l'offerta di gestione informativa (**oGI**) redatta in fase di gara e il successivo piano di gestione informativa (**pGI**) che il REDE redige - in collaborazione con il soggetto incaricato principale e in accordo con il committente -, una volta aggiudicata la gara per confermare e rendere esecutivo l'oGI prima dell'assegnazione dell'incarico. Tutto questo è parte della gerarchia dei requisiti informativi propedeutici alla procedura di esecuzione della DE.

La prima attività del flusso di lavoro e delle informazioni (Figura 1) che il REDE deve effettuare, è il sub processo di "Attivazione dell'incarico" definito al punto 5.4 "Processo di gestione delle informazioni – Incarico" della UNI EN ISO 19650-2 [7] (e nel presente rapporto dettagliato nel paragrafo 2.1 e rappresentato nella Mappa processo Attivazione Incarico di Figura 2). Gli attori interessati nel sub-processo, sono committente, soggetto incaricato principale e soggetto incaricato (REDE). Le attività che il REDE deve svolgere e gli elementi e le informazioni che deve definire/acquisire sono:

- Conferma pGI di propria competenza sulla base dell'oGI e partecipa alla definizione del pGI del gruppo di fornitura. Il documento comprende la redazione del proprio piano individuale di consegna delle informazioni (TIDP). L'attività è volta a dettagliare:
 - Responsabile gestione informazioni.
 - Strategia di consegna.
 - Matrice di responsabilità del proprio gruppo esecutore.
 - Metodi e procedure di produzione informazioni.
 - Aggiornamenti/aggiunte (normative, ecc) del soggetto proponente.
 - Struttura hardware, software e infrastruttura IT.

Nel TaskIDP devono essere elencati per ogni contenitore informativo [7]:

- nome e titolo;
- predecessori e dipendenti;
- livello di fabbisogno informativo;
- durata stimata di produzione;
- autore dell'informazione responsabile della sua produzione;
- scadenze di consegna.
- Acquisisce dal soggetto incaricato principale:
 - Il piano di consegna delle informazioni principali (MIDP-Master Information Delivery Plan) del gruppo di fornitura che identifica le informazioni da produrre, i tempi e i protagonisti dello scambi e il gruppo incaricato attraverso la definizione: delle scadenze per la consegna, della matrice di responsabilità di alto livello, dei metodi e delle procedure di produzione delle informazioni, gli elementi dei contenitori per ciascun gruppo di fornitura, le dipendenze dal processo di produzione delle informazioni.
 - I requisiti di scambio definiti per il suo incarico dal soggetto incaricato principale nel proprio CI, ovvero: requisiti informativi che deve soddisfare, il livello di fabbisogno informativo richiesto, i criteri di accettazione per ogni requisito, le scadenze consegna informazioni e ogni altra informazione di supporto.

- Redige e trasmette il proprio programma di consegna delle informazioni, che, ad esempio in forma tabellare, dettaglia i tempi e i riferimenti dei responsabili per la consegna di ogni specifico modello informativo o elaborato prodotto ovvero documento previsto.
- Acquisisce l'incarico dal soggetto incaricato principale.

Dunque, ogni attività e informazione relative alla strutturazione del dato e alle procedure deve essere puntualmente dettagliata e condivisa con tutti gli altri protagonisti al fine di adempiere in maniera completa ed efficace ai requisiti informativi espressi dal committente nel CI dal quale il pGI deriva.

Gli elementi da pianificare e strutturare sono molteplici. Con riferimento agli elementi previsti al punto 6.2 "il contatto preliminare" della UNI/TR 11775, si fornisce in Tabella 8, a titolo esemplificativo, una tabella che esplicita i dati e gli elementi richiesti come obiettivi aziendale e di commessa e li colloca all'interno dei possibili documenti della gerarchia delle informazioni del soggetto proponente. Si precisa che la collocazione è solo indicativa non certamente vincolante, in quanto possono essere, anche, definiti diversamente.

Tabella 8: possibile dislocazione dei parametri nei documenti del soggetto proponente

Documenti soggetto proponente	Parametri del punto 6.2 delle linee guida diventano Obiettivi del committente
OIR	I fini concordati della diagnosi energetica: ✓ riduzione dei costi e consumi dell'energia; ✓ riduzione dell'impatto ambientale; ✓ conformità alla legislazione o ad obblighi volontari
AIR	Indicatore di prestazione energetica obiettivo (ad esempio, sul consumo specifico annuo (kWh/m ² anno, kWh/m ³ anno) e/o ambientali, basati ad esempio, sulle emissioni di CO ₂ .
PIR	✓ Il grado di accuratezza della diagnosi energetica ✓ Scopo e confini della diagnosi energetica: - edifici o parti di edifici; - servizi energetici; - sistemi tecnici dell'edificio; - aree e sistemi esterni agli edifici.
CI	

In base alle tre variabili (scopo, accuratezza e finalità) il REDE, per rispondere alle esigenze del committente, pianifica le attività di diagnosi prima nel oGI, poi le dettaglia nel pGI, tutti gli elementi spora riportati, ma in particolare derivante dal grado di accuratezza:

- tempo del sopralluogo;
- scelta del target;
- livello di modellazione;
- requisiti delle misure;
- livello di misurazione/contabilizzazione (contatori generali, contatori dedicati...);
- livello di approfondimento degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica individuati;
- necessarie competenze del Referente della diagnosi energetica

4.6.2 L'incontro di avvio

Nell'incontro di avvio di cui al punto 6.3 della UNI/TR 11775:2020, si disciplina il coordinamento tra le parti interessate al processo di DE e la condivisione di quanto stabilito nella Gerarchia requisiti informativi e nel sub processo attivazione dell'incarico.

In ambito BIM, è bene che un incontro d'avvio in primis coinvolga tutti i partecipanti al processo sia dalla parte del committente sia dalla parte dei soggetti incaricati - tra i quali, appunto, v'è il REDE -, per consentire il loro coordinamento e la reciproca informazione sui contenuti informativi e sulle modalità di produzione e gestione delle informazioni, anche perché le attività che seguono (raccolta documentazione tecnica, attività in campo) richiedono la collaborazione di tutti gli attori interessati (architetto/modellatore, strutturista, progettista MEP, ecc.) a seconda degli usi del BIM previsti dal committente. Questo dovrebbe consentire, la predisposizione/aggiornamento di un modello informativo dello stato di fatto che contenga le informazioni necessarie agli altri usi (quindi anche i dati di input per la diagnosi energetica, fatta eccezione per i dati termofisici strettamente di responsabilità del REDE) e che siano chiaramente definite per il REDE le richieste e le scelte del committente e i parametri a cui attenersi.

Possono, ovviamente, seguire anche incontri separati specifici per le esigenze di esecuzione delle attività inerenti lo specifico uso di DE.

Un altro aspetto importante differenzia la DE BIM e quella svolta secondo le linee guida in UNI/TR 11775: avendo già definito a monte e a livello strategico aziendale tutta la procedura e la struttura del corpo informativo, restano, in questa fase, da definire questioni più propriamente pratiche, legate alle esigenze organizzative della committenza quali, ad esempio, alle condizioni di accesso ai luoghi, a particolari esigenze lavorative, ecc..

4.6.3 Raccolta documentazione tecnica

Come previsto al punto 6.4 del UNI/TR 11775 [3], in questa fase il REDE acquisisce dai soggetti incaricati dal committente per reperimento dei dati, la documentazione necessaria all'acquisizione delle informazioni per la redazione della DE e per la produzione del proprio contenitore informativo, secondo quanto stabilito nel pGI e condiviso durante la precedente fase di attivazione dell'incarico.

In ambito BIM, questa attività può essere facilitata dalla possibilità di avere disponibili all'interno dell'ambiente di condivisione dati, le informazioni e la documentazione necessaria, opportunità che varia notevolmente caso per caso, in funzione del livello di maturità di partenza, dello stato di digitalizzazione dell'edificio, dell'interoperabilità dei software utilizzati, ecc..

Allo stato attuale di transizione digitale, le situazioni che possono incontrarsi sono molteplici, dipendenti anche dallo scopo del progetto e dalla presenza o meno del modello informativo *as is*. Quindi la quantità di incontri e di campagne di raccolta di documentazione sono variabili in funzione di questi fattori.

In un processo open BIM pienamente interoperabilità ed un alto livello di maturità del mercato, potendo ipotizzare la disponibilità del modello informativo dell'edificio (AIM) aggiornato in tempo (sistema BMS- IoT), con gli oggetti digitali gemelli dell'oggetto reale, che abbiano collegata la documentazione tecnica per la definizione del sistema fabbricato impianto e ogni altro dato di rilievo per gli aspetti energetici (parametri ambientali interni, profili di occupazione, manutenzioni/riqualificazioni eseguite), questa fase di raccolta della documentazione e la successiva attività in campo potrebbe ridursi notevolmente potendo il REDE acquisire le informazioni necessarie dal modello informativo.

Per quanto attiene il processo di gestione informativa della DE in ambito BIM, alla documentazione tecnica elencata al punto 6.4 del UNI/TR 11775, si aggiungono i documenti decritti nella precedente fase di attivazione dell'incarico 4.6.1, ovvero:

- Capitolati informativi del committente e del soggetto incaricato principale, per la definizione dei requisiti di scambio delle informazioni.

- Piano di gestione informativa del soggetto incaricato principale, che definisce la strategia, le modalità, le risorse e le procedure che s'intende adottare per soddisfare le richieste del Committente.

4.6.4 Attività in campo

Come indicato nella norma stessa, l'attività in campo consiste in sopralluoghi, durante i quali il REDE è tenuto a verificare la rispondenza dei dati ricevuti e di integrare quelli mancanti attraverso rilievi ed interviste agli occupanti.

I dati raccolti e le misurazioni effettuate relativamente a componenti di involucro e impianti vanno ad arricchire il modello importato nel software BEM mediante file IFC del modello ottimizzato per l'analisi energetica, di tutti i dati e le informazioni necessari per la diagnosi energetica. La successiva condivisione dei risultati della DE, con uno scambio informativo più o meno automatizzato in funzione del livello di interoperabilità possibile, consentirà l'implementazione del modello informativo PIM nell'Ambiente di Condivisione Dati (ACDat).

Qualora l'edificio non fosse già digitalizzato, quindi il modello informativo BIM dello stato di fatto non sia presente, è fondamentale la fase di coordinamento (durante l'attivazione dell'incarico (4.6.1)) con l'architetto/modellatore BIM responsabile per l'uso di rilievo e l'uso modellazione, al fine di ottimizzare le attività di raccolta dati e misurazioni che rimane, comunque, per ognuno riferita alle attività di propria competenza¹⁶.

La realizzazione di tale modello può richiedere livelli di sviluppo informativo superiori rispetto a quelli richiesti per una diagnosi, in relazione ad altri obiettivi descritti nel capitolato. In generale, si può affermare che il modello per una diagnosi parta dall'impostazione e dall'elaborazione di un calcolo energetico su un modello architettonico dello stato di fatto *as is* "semplificato", in cui gli elementi di involucro siano definiti nel dettaglio stratigrafico ma non geometrico. Sebbene gli obiettivi connessi a una diagnosi siano ben definiti, infatti, le esigenze in termini di contenuti e livelli informativi del modello BIM possono variare in maniera significativa in funzione degli usi previsti dal committente.

In questa fase, il capitolato informativo rappresenta il documento di riferimento che contiene l'esplicitazione delle esigenze e dei requisiti informativi del committente: è dunque quel documento che specifica fra le altre quali informazioni devono essere incluse nel modello informativo che si realizza dell'edificio.

4.6.5 Modello informativo BIM ottimizzato per l'analisi energetica

Obiettivo di questo paragrafo, in questa fase, è fornire delle raccomandazioni per la modellazione BIM ottimizzata finalizzata alle analisi di tipo energetico.

Questo paragrafo si aggiunge ai punti della procedura di DE descritta nel rapporto tecnico UNI/TR 11775. La ragione per cui si è ritenuto utile inserire all'interno delle linee guida queste raccomandazioni risiede nel fatto che non sono solo utili all'architetto/modellatore BIM per gli usi di rilievo e di realizzazione del modello informativo BIM, ma sono altrettanto utilizzabili dal REDE all'atto dell'analisi e verifica del modello per la sua ottimizzazione per l'analisi energetica. Infatti, le regole che seguono sono valide anche per il software di modellazione energetica e, qualora non fossero state applicate durante la modellazione BIM, porterebbero, se non corrette, ad errori e/o imprecisioni nel modello BEM importato.

Il processo, che comprende la realizzazione del modello BIM e il suo utilizzo per la simulazione delle prestazioni energetiche dell'edificio, passa attraverso l'utilizzo di diversi strumenti: software di authoring BIM; BIM viewer; software di analisi energetica (Figura 8).

Si può parlare di modello BIM ottimizzato per l'analisi energetica, realizzato a partire dal modello BIM architettonico dello stato di fatto, attraverso le semplificazioni e le ottimizzazioni necessarie a un'agevole

¹⁶ Si rimanda al paragrafo 3.1 del rapporto relativo alla prima annualità di ricerca [1] per un excursus sugli strumenti e sulle tecnologie utilizzate in ambito BIM per il rilievo e l'acquisizione dati utili per la realizzazione una DE di un edificio.

importazione all'interno dei software di analisi energetica. L'obiettivo delle raccomandazioni contenute in questo paragrafo è, dunque, di rendere il processo illustrato quanto più scorrevole possibile, contribuendo alla eliminazione delle frecce di "ritorno" (modifiche del modello e delle impostazioni di esportazione dello stesso), attraverso accorgimenti e suggerimenti per il modellatore BIM da seguire in sede di modellazione. Un approccio simile in termini di obiettivi e metodi – per quanto incentrato su uno specifico software di authoring BIM – può essere rilevato in [31].

Le raccomandazioni prendono in considerazione diversi aspetti dell'attività di modellazione, riferiti alle problematiche di modellazione geometrica degli oggetti, al controllo delle stratigrafie, al controllo dei materiali costituenti, al controllo dei locali, come sintetizzati in Figura 8.

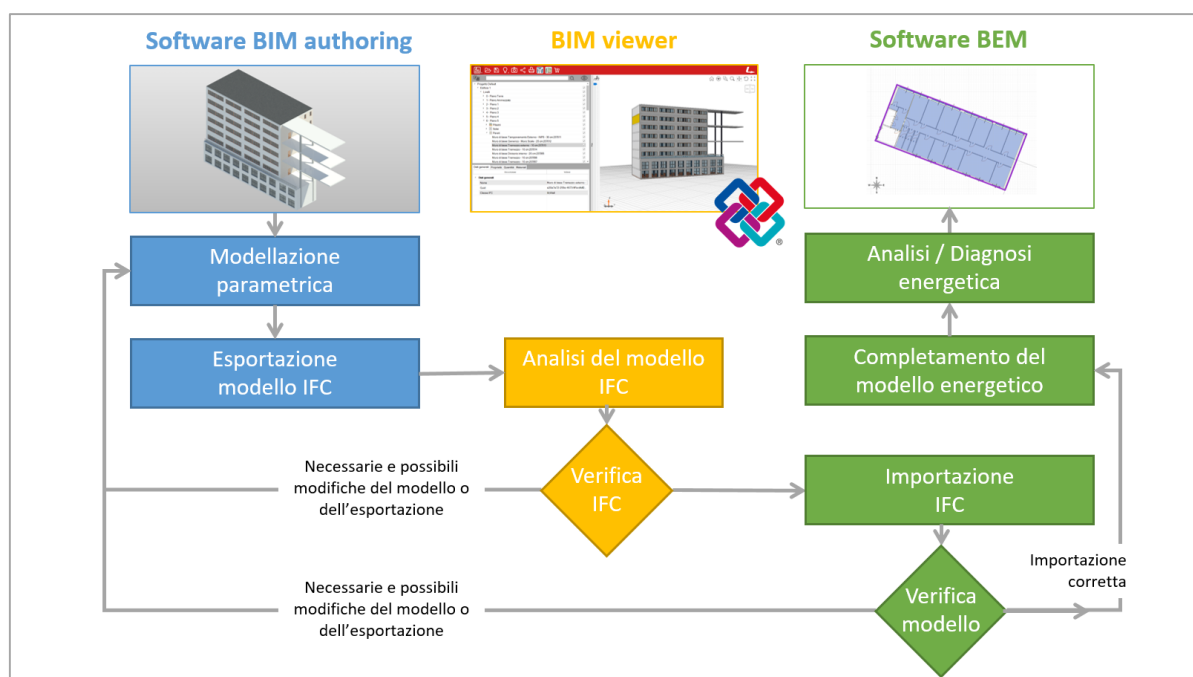


Figura 8: Processo di realizzazione/ottimizzazione del modello fino all'importazione e analisi energetica

I. DEFINIZIONE, OTTIMIZZAZIONE E CONTROLLO DELLA GEOMETRIA DEL MODELLO

Innanzitutto, occorre tenere conto delle difficoltà dei software di analisi energetica a leggere alcune complessità geometriche.

Si rimanda alle linee guida delle singole case software per le indicazioni specifiche per la gestione e l'ottimizzazione del modello. Ad ogni modo, vi sono alcuni aspetti che può risultare utile porre all'attenzione per una modellazione più agevole.

I.1. MODELLAZIONE DELLE PARETI PERIMETRALI

- Asse di inserimento delle pareti:

Si è riscontrata una migliore lettura del modello, quando tutte le pareti sono disegnate utilizzando lo stesso asse (o "filo") di inserimento che può, ad esempio, coincidere con il piano di finitura esterna o interna o con la mezzeria della parete stessa; si raccomanda come buona prassi, inoltre, di utilizzare lo stesso verso di inserimento delle pareti (orario o antiorario) che garantisce la corretta lettura delle pareti da parte del software di analisi energetica, in fase di importazione;

- **Giunti tra pareti:**
In alcuni casi i nodi tra pareti (ad esempio, fra pareti vicine ma che non si congiungono) possono causare problemi nella lettura del modello da parte del software di analisi energetica. Nel caso questo accada, è consigliato controllare ed eventualmente modificare il punto d'incontro tra le pareti, anche solo modificando il tipo di giunto;
- **Riferimenti ai livelli:**
Si suggerisce di modellare le pareti direttamente sul piano cui appartengono e di spezzarle in corrispondenza dei vari piani di un edificio, evitando quindi di estendere una stessa parete su più livelli. Questo approccio – che può essere già richiesto in sede di capitolato informativo – è utile per una corretta importazione del modello nei software di analisi energetica, dove si segue la stessa logica per piani e dove pareti e locali termici vengono identificati anche in ragione del piano a cui appartengono;
- **Pareti adiacenti:**
Generalmente i programmi non gestiscono la presenza di più pareti poste in adiacenza l'una all'altra. Se, in fase di modellazione, le pareti vengono disegnate in questo modo (ad esempio, per distinguere, la parte portante-strutturale da quella non portante), nel software energetico verrà inserita la sola parete posta direttamente in adiacenza all'entità che identifica l'ambiente. Per gestire correttamente pareti di questo tipo è necessario creare un'unica stratigrafia multistrato da inserire direttamente nel modello architettonico. Questo discorso vale sia per gli elementi verticali che per quelli orizzontali;
- **Associazione fra pareti e solai interpiano:**
Quando vengono modellati i solai, in particolare, il software chiede se associarvi o meno le basi e le sommità delle pareti: nel caso in cui si tratti di **pareti perimetrali inserite** (con tamponamenti interni rispetto al filo esterno della struttura) occorre, in fase di modellazione dei pavimenti, associare la base e la sommità delle pareti ai solai; viceversa, le pareti **perimetrali semi-inserite o a cortina** (con tamponamenti in parte o completamente esterni rispetto al filo delle strutture), in fase di modellazione dei pavimenti, devono essere dissociate dai solai.

1.2. MODELLAZIONE DELLE COPERTURE

- **Associazione fra pareti e coperture:**
In uno dei software analizzati, gli elementi "tetto" non vengono riconosciuti se posizionati su un livello nel quale non sono stati inseriti anche dei locali.
Si suggerisce di inserire le coperture sullo stesso livello in cui sono presenti gli ultimi locali con un offset tale da far sì che la copertura si trovi al giusto livello rispetto al piano di calpestio del piano di inserimento. Per essere certi che gli spazi delimitati da una copertura, vengano esportati correttamente verificare sempre di aver associato la parte superiore delle pareti alla copertura mediante l'apposito comando posto nella barra multifunzione.
- **Problemi nell'importazione di lucernari:**
Qualora le coperture siano dotate di lucernari, si suggerisce di valutarne l'eliminazione dal modello e la successiva rimodellazione direttamente all'interno del software di analisi energetica, in quanto sulla base delle sperimentazioni effettuate non vengono trasferiti e possono compromettere una corretta importazione del tetto.
- **Modellazione coperture a falde:**
È preferibile che le falde delle coperture siano modellate singolarmente per evitare errori in importazione.

1.3. MODELLAZIONE DI SERRAMENTI (FINESTRE E PORTE)

- **Finestre:**

Quando il file IFC del modello architettonico viene estratto ed importato nel programma di analisi energetica, la configurazione dei serramenti si perde: le dimensioni totali rimangono, ma quelle del telaio si perdono, i divisori orizzontali e verticali non compaiono e alcune informazioni devono essere reintrodotte. In questo modo è necessario modificare puntualmente i serramenti dell'edificio di cui si sta realizzando la diagnosi, con inevitabili perdite di tempo e maggiori possibilità di errori. Non vi è quindi interoperabilità piena, per questo sarebbe necessario un lavoro di ottimizzazione da parte delle case software.

Per semplificare questo lavoro, si suggerisce di adottare per gli elementi finestrati una nomenclatura che includa in maniera sintetica le informazioni principali che dovranno essere inserite nel software di analisi energetica e una codificazione che ne permetta una semplice individuazione all'interno degli abachi esportabili dal software di authoring.

Per definire le finestre nel software di authoring, si suggerisce inoltre di realizzare delle *famiglie parametriche ad hoc*, in cui i parametri geometrici richiesti per le analisi energetiche siano inseribili, utilizzabili ed esportabili. Oltre ai parametri di natura geometrica, ci sono informazioni quali il tipo di vetro, il materiale degli infissi che possono essere introdotti quali parametri o proprietà all'interno del software di authoring e che poi saranno necessari all'interno del software di analisi per la valutazione delle prestazioni energetiche dell'elemento. La modellazione parametrica e l'esportazione automatica di abachi degli infissi è una grandissima opportunità nella direzione della semplificazione del lavoro dei tecnici.

Su alcuni software di authoring v'è la possibilità per l'utente di definire la finestra attraverso l'attribuzione diretta delle proprietà globali da utilizzare per un calcolo semplificato delle prestazioni energetiche:

- **Trasmissione luminosa:** necessaria per le analisi di daylighting;
- **Indice di riscaldamento alla radiazione solare:** il cosiddetto g-value (o SHGC);
- **Coefficiente di scambio termico**, o trasmittanza U (W/m²K), inverso della resistenza termica.

Raramente tali proprietà sono già note negli edifici esistenti, oggetto di diagnosi: sono i software di analisi energetica a definirle a partire dalla geometria dell'infisso e dalle caratteristiche dei sub-componenti.

- **Porte:**

Le porte sono importate dal file IFC all'interno dei software di analisi energetica come pareti opache prive di stratigrafia: per poterle studiare anche sul piano energetico, è necessario associarvi il relativo valore di trasmittanza direttamente sul software di analisi (se lo si conosce) o, in alternativa, ricostruirvi la stratigrafia. Tali aspetti incrementano le operazioni, all'interno del software di modellazione e analisi energetica per il completamento del modello energetico, rallentando il processo e aumentando il rischio di errori.

Si suggerisce anche qui una nomenclatura che includa in maniera sintetica le informazioni principali che dovranno essere inserite nel software di analisi energetica (materiale porta, spessore, se si tratta di una porta interna o esterna): dopo l'importazione dell'elemento, infatti, il nome può facilitare l'inserimento della stratigrafia.

1.4. MODELLAZIONE DI ALTRI ELEMENTI

- **Pilastri:**

I software di analisi energetica non importano oggetti pilastro "IfcColumn". A seconda delle esigenze e della posizione all'interno del modello dell'edificio potranno essere aggiunti dopo l'importazione

come ponti termici. Se, in fase di modellazione, si specifica – attraverso gli appositi comandi – che i pilastri, siano essi architettonici o strutturali, non costituiscono un elemento di delimitazione dei locali con essi in contatto, si può evitare che le superfici di delimitazione del locale vengano riconosciute in maniera errata e che le pareti ad esse corrispondenti risultino interrotte in corrispondenza di tali elementi.

- **Curtain Walls:**

Alcuni software di analisi non sono in grado di leggere in importazione oggetti «curtain wall», perché non trovano riscontro in elementi corrispondenti nel modello energetico.

In questi casi, non potendo portarne a termine la corretta importazione, non vi sono altre scelte se non quella di rimodellare nel software di analisi energetica gli oggetti stessi, apportando inevitabili semplificazioni e andando a sostituirli con gli elementi, quali finestre o pareti.

II. CONTROLLO STRATIGRAFIE ED ELEMENTI

- Le stratigrafie dei componenti devono comprendere tutti gli elementi, sia strutturali che non. Qualora si sia realizzata la parte portante nel file strutturale e le finiture nel file architettonico, la stratigrafia deve essere modificata nel file energetico per comprendere tutto il «pacchetto». La stessa cosa deve essere nel caso in cui, all'interno dello stesso modello architettonico, si fossero realizzati muri o pavimenti di diversa tipologia ad indicare i differenti strati di una parete o di un solaio;

III. CONTROLLO MATERIALI

- È opportuno che alle stratigrafie dei componenti siano associati materiali definiti in maniera univoca, al fine di creare una corrispondenza con i materiali utilizzati dal software di analisi energetica. La nomenclatura dei materiali utilizzati dovrà identificare chiaramente il materiale;
- Si raccomanda di nominare nell'editor dei materiali delle proprietà del tipo gli strati costituenti l'elemento in maniera chiara, evitando spazi fra parole e caratteri speciali; in tal senso, costituisce un ottimo riferimento l'Agenzia del Demanio che, all'interno delle sue "Linee Guida di Produzione Informativa BIM" [32] sottolinea che *«Al fine di limitare l'insorgenza di eventuali problemi informatici, il codice degli elementi non deve contenere caratteri speciali quali, ad esempio, (, ., / \ & \$ € ? ! " ^ * + ° § @ = ÷ < > [] { } ~ % ¢ £ ¥ % !) e non è possibile utilizzare spazi per separare parole dello stesso campo. Per separare i campi della codifica si deve utilizzare il carattere score (-), mentre le parole che risiedono nello stesso campo possono essere separate dal simbolo underscore (_).»*;

IV. CONTROLLO DEI VANI

Si suggerisce di realizzare, già all'interno del software di authoring, locali/vani (IfcSpace): i software di analisi energetica, infatti, ne supportano l'importazione e alcuni inoltre richiedono obbligatoriamente la presenza di locali all'interno del modello IFC da importare.

Nei software di authoring, i contorni dei vani non possono essere modellati, in quanto corrispondono alle pareti che delimitano gli spazi all'interno di un edificio; questi possono anche rilevarsi in maniera automatica per ogni piano. È consigliato controllare in pianta, ma soprattutto in sezione, che i vani siano modellati correttamente, ossia che non vi siano sovrapposizioni fra componenti edilizi delimitanti l'ambiente e il volume del vano e che non vi siano vuoti all'interno dell'edificio. In particolare, va verificato che l'altezza definita corrisponda a quella effettiva dello spazio esaminato, soprattutto in considerazione della possibile variabilità delle altezze di ambienti diversi in un edificio; va altresì verificata la corretta appartenenza dei locali ai piani su cui si trovano; che non vi siano offset rispetto al livello su cui sono stati creati.

Anche i contorni delle zone termiche non possono modellarsi in maniera indipendente nel software di authoring – cosa invece possibile nel software di modellazione e analisi energetica – in quanto esse possono essere create solo a partire dal raggruppamento di vani. L'importazione delle zone termiche (IfcZone), tuttavia, non è supportata dai software di analisi energetica analizzati; pertanto, il raggruppamento in zone è un'operazione che si suggerisce di rimandare a dopo l'importazione del modello all'interno del file di analisi energetica.

Ai fini dell'analisi energetica, non è necessario che i locali coincidano con i singoli ambienti dell'edificio, ma possono essere considerati all'interno dello stesso vano ambienti adiacenti aventi le seguenti caratteristiche in comune:

- Altezza netta;
- Temperatura interna
- Tipo di ventilazione (meccanica/naturale);
- Sottocategoria destinazione uso / indice occupazione.

La scelta su come definire i locali dipende dalle caratteristiche dell'edificio e dalla finalità dell'analisi energetica (APE, diagnosi finalizzata alla progettazione). La riduzione del numero dei locali – ad esempio, ottenibile in uno dei software di authoring analizzati eliminando la spunta «*room bounding*» dalle proprietà delle pareti interne al locale considerato (Figura 9) – consente un alleggerimento del modello e velocizza la lettura da parte del software energetico, ma non è da considerarsi obbligatoria.

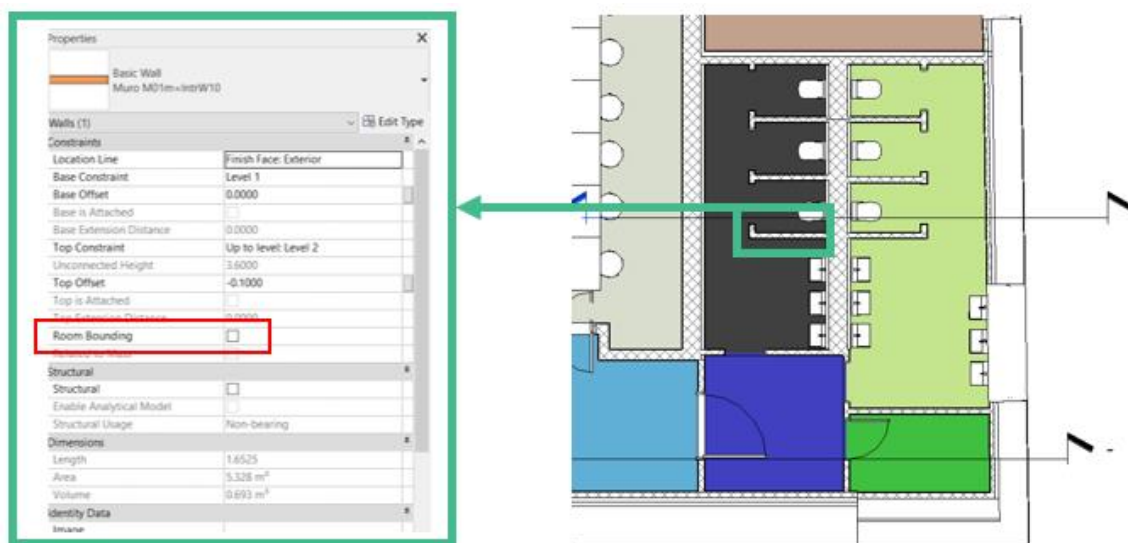


Figura 9: Esempio di modifica di locali

Nonostante i numerosi limiti di interoperabilità individuati, realizzando e ottimizzando il modello secondo le indicazioni pratiche mostrate all'interno di questo paragrafo e sintetizzate nelle quattro fasi di Figura 10, si può **rendere più scorrevole l'importazione del modello IFC** all'interno dei software di analisi che la supportano e ridurre in maniera significativa (se non eliminare) il lavoro all'interno del software di analisi di modellazione della geometria e delle proprietà termo-fisiche dei componenti dell'edificio di cui si intende realizzare la diagnosi.

1- CONTROLLO GEOMETRIA	2- CONTROLLO STRATIGRAFIE	3- CONTROLLO MATERIALI	4- CONTROLLO DEI LOCALI
Bisogna tenere conto della difficoltà del software di analisi di leggere alcune complessità geometriche. <u>Si rimanda alle linee guida delle singole case software per le indicazioni specifiche sulla semplificazione del modello</u>	Le stratigrafie dei componenti devono essere complete di tutti gli strati, sia strutturali che non	È opportuno che alle stratigrafie dei componenti siano associati materiali definiti, in maniera da poter creare una corrispondenza con i materiali utilizzati dal software di analisi energetica	Alcuni software di simulazione energetica richiedono obbligatoriamente la presenza di locali all'interno del modello .ifc importato. Tali locali devono essere correttamente identificati ai fini dell'analisi energetica

Figura 10: Operazioni necessarie per l'ottimizzazione del modello

4.6.5.1 Importazione del modello nel software di analisi

Dopo che l'architetto/modellatore BIM ha realizzato il modello BIM e sono state effettuate le necessarie ottimizzazioni ai fini dell'importazione del modello all'interno del software di analisi energetica, è possibile esportare il file in formato IFC del modello che si intende importare all'interno del software di analisi e energetica e utilizzare come base per i calcoli energetici.

Nell'ambito della definizione delle impostazioni di esportazione, è necessario scegliere la Model View Definition (MVD) fra quelle disponibili all'interno del software di authoring nonché definire le modalità di esportazione. In generale, si raccomanda di utilizzare le MVD standard definite a livello internazionale da buildingSmart e di utilizzare impostazioni di esportazione standard che utilizzino proprietà comuni e che evitino di appesantire il modello con informazioni e proprietà non necessarie.

Si sottolinea, infatti, che l'obiettivo di questo specifico modello non è quello di rappresentare l'edificio così com'è, quanto quello di immagazzinare le informazioni necessarie alle analisi energetiche.

A questo proposito, inoltre, si è notato come alcuni software siano caratterizzati da un maggiore compatibilità in importazione con una Model View Definition (MVD) piuttosto che un'altra¹⁷. Si rimanda alle linee guida delle singole case software per le indicazioni specifiche e si invitano comunque le case software ad esprimersi su questo punto.

Una volta esportato il modello in formato IFC, questo può essere caricato in un visualizzatore BIM per verificare che siano state esportate tutte le proprietà necessarie e l'assenza di problematiche di natura geometrica. Dopodiché, è possibile procedere all'importazione del modello nel software di analisi energetica per completare la diagnosi.

4.6.5.2 Verifica e ottimizzazione del modello

Con i software presi in esame, si può affermare che attraverso la corretta associazione dei materiali/strati definiti nel software di authoring con i materiali/strati del software di analisi energetica, le informazioni relative alla geometria degli edifici e ai componenti di involucro – opachi, in particolare (pareti e orizzontamenti) – risultano esportate in maniera corretta. Questo può rappresentare una semplificazione del lavoro per il tecnico che effettua la diagnosi, che troverebbe già svolto il lavoro di modellazione.

Al di là delle problematiche individuate a partire dall'esperienza specifica sul caso studio, il REDE, dopo l'importazione, deve effettuare tutta una serie di **attività di controllo e completamento** delle stratigrafie e del modello, nonché di caratterizzazione di locali, zone termiche ed impianti, che sono necessarie per portare avanti il lavoro di diagnosi. Occorre, in particolare:

¹⁷ Ad esempio, la MVD proposta da buildingSmart a livello internazionale e conosciuta come "IFC2x3 Coordination View" è risultata la più compatibile con i software di analisi che sono stati testati all'interno di questo lavoro.

- Impostare le caratteristiche del sito di localizzazione dell'edificio;
- Verificare locali termici e definire eventuali zone termiche;
- Verificare gli elementi d'involucro (ad esempio, controllarne il corretto posizionamento e la corretta definizione degli strati) e definire le caratteristiche degli ambienti a contatto con essi (ad es., oltre che, genericamente, con un interno ed un esterno una parete può confinare con il terreno, ambienti non riscaldati, zone riscaldate appartenenti a edifici vicini, ecc... ciò ha degli effetti sulla trasmissione di energia attraverso l'elemento);
- Dettagliare la configurazione delle finestre (come già sottolineato, infatti, le finestre vengono esportate solo parzialmente e risulta necessario inserire i valori "globali" già calcolati a parte – semplificandone però notevolmente il calcolo – o dettagliarle direttamente sul file) e delle porte (inserendone la stratigrafia o la trasmittanza globale, già calcolata a parte). Eventuali *curtain wall* devono essere rimodellati;
- Individuare e posizionare i ponti termici;
- Settare gli impianti, dai sistemi di generazione a quelli di emissione;
- Definire eventuali ombreggiamenti (ad es., quelli dovuti a edifici vicini si possono inserire direttamente sul software di analisi o importare se sono stati individuati come parte del modello BIM importato).

Alcune delle attività di controllo e completamento di cui si è appena fatta menzione potrebbero essere rese non necessarie, attraverso un intervento di ottimizzazione dell'importazione IFC da parte delle case software finalizzato a rendere l'importazione ancora più efficace e completa.

Il processo di ottimizzazione e realizzazione del modello per i calcoli energetici, in questo lavoro è, dunque, raccomandato sia eseguito prima dell'inventario energetico ed indipendentemente dalle condizioni di interferenza o meno degli interventi, come previsto al punto 6.8 del UNI/TR 11775.

4.6.6 Analisi dei consumi reali e costruzione dell'inventario energetico

Punto 6.6 della UNI/TR 11775:2020. Si evidenzia solo che, in futuro, quando il processo edilizio BIM potrà dirsi pienamente interoperabile e sarà disponibile il modello informativo del cespite immobile (AIM), anche i dati sui consumi (come altri dati, ad esempio quelli relativi alle manutenzioni ordinarie e straordinarie) potranno essere acquisiti direttamente dall'AIM costantemente aggiornato da un Building Management System (BMS) collegato ad un sistema IoT (Internet of Things) che trasmetta i dati del monitoraggio dei parametri ambientali e impiantistici direttamente alla piattaforma BIM, che diventa così un sistema informativo capace di rielaborare e rendere disponibili i dati stessi.

4.6.7 Indicatori di prestazione energetica

Nel capitolato informativo, il committente definisce anche i requisiti degli indicatori di prestazione energetica di cui al punto 6.7 dell'UNI/TR 11775, così come può richiedere la specifica produzione di ulteriori indicatori di prestazione energetica e di specifici obiettivi in relazione agli stessi.

4.6.8 Individuazione delle azioni d'incremento dell'efficienza energetica

Punto 6.8 della UNI/TR 11775:2020. Nel processo di analisi energetica integrata in un processo BIM, il modello dello stato di fatto è parte integrante del processo e si realizza/si aggiorna in risposta agli usi del BIM previsti dal committente nel capitolato informativo.

Esso rappresenta la base per la creazione del modello ottimizzato per gli aspetti energetici e la sua importazione all'interno del software di analisi per la realizzazione e l'analisi del modello energetico dell'edificio. Tale processo – che permette una maggiore accuratezza del modello realizzato e una riduzione dei tempi di modellazione dell'edificio – è quello che si raccomanda in questo lavoro.

Non si può, tuttavia, escludere la possibilità che non sia realizzato il modello energetico qualora non vi siano interventi interferenti o che questo sia realizzato senza importare il modello BIM dello stato di fatto ottimizzato all'interno del software di analisi. Tuttavia, il processo raccomandato è quello che prevede l'importazione del modello BIM ottimizzato per le analisi energetiche all'interno del software utilizzato.

4.6.9 Simulazioni del sistema edificio-impianto (energetiche)

Non sono previste integrazioni al punto 6.9 della UNI/TR 11775:2020.

Nota: questa fase, se si sono potute sfruttare le potenzialità del BIM nella realizzazione del modello informativo ottimizzato per le analisi energetiche, ha il vantaggio di simulazioni più attendibili a partire dalle fasi iniziali della progettazione di un intervento di riqualificazione, perché si basa su modelli più accurati.

4.6.10 Validazione della simulazione del sistema edificio-impianto

Non sono previste integrazioni al punto 6.10 della UNI/TR 11775:2020.

4.6.11 Valutazione risparmi energetici conseguibili

Non sono previste integrazioni al punto 6.11 della UNI/TR 11775:2020.

Nota: con il BIM si ha la possibilità di realizzare modelli energetici più attendibili, potendo acquisire le informazioni geometriche dal modello informativo BIM, pur se, come già illustrato, allo stato attuale è necessario effettuare azioni di verifica ed ottimizzazione dei dati importati. È noto che, più un modello realizzato è corretto, più la stima dei risparmi energetici conseguibili è realistica e fornisce un supporto decisionale migliore per le scelte da intraprendere.

4.6.12 Analisi costi benefici

Punto 6.12 della UNI/TR 11775:2020.

Questa attività porta ad individuare tra i possibili interventi oggetto di simulazione, quelli che rappresentano la soluzione economicamente più vantaggiosa e il risultato è riportato nel contenitore proposta interventi. Se nel CI il committente ha previsto anche gli usi di progettazione e realizzazione degli interventi, il contenitore deve essere condiviso con il progettista MEP per la progettazione di fattibilità tecnico economica degli interventi individuati. Successivamente, il progettista MEP condividerà con l'architetto/modellatore BIM il suo contenitore informativo contenente il progetto energetico, per le attività di coordinamento con il modello informativo BIM. Nel caso in cui non sia prevista (almeno non nello specifico processo), la progettazione degli interventi, è raccomandato comunque al REDE di condividere con l'architetto/modellatore BIM il proprio contenitore proposta interventi, pur se si tratta di indicazioni di interventi, al fine di effettuare comunque una preliminare attività di verifica (paragrafo 4.6.16).

Nota: sempre in prospettiva di una futuro pienamente interoperabile, l'acquisizione automatica dei dati necessari all'analisi dei costi dal modello informativo, agevolerà la valutazione rendendola più accurata ed estesa perché riferita ad un numero più ampio di possibili scenari di interventi e per basata su una maggiore attendibilità delle quantità, delle tipologie e delle caratteristiche dei componenti.

4.6.13 Classificazione nell'ambito della certificazione energetica

Non sono previste integrazioni al punto 6.13 della UNI/TR 11775:2020.

4.6.14 Diagnosi energetica e classificazione energetica da APE

Non sono previste integrazioni al punto 6.14 della UNI/TR 11775:2020.

4.6.15 Il Rapporto

Punto 6.15 della UNI/TR 11775:2020.

Si sottolinea che, nel processo di DE in ambito BIM, il rapporto di diagnosi rappresenta solo uno dei componenti del contenitore informativo che il REDE deve consegnare al committente (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), essendo lo stesso composto, in via prioritaria, dai modelli informativi del

fabbricato con tutte le informazioni in essi contenute e/o ad essi collegate (elaborati cartacei, certificazioni, schede tecniche, rapporti, ecc.).

4.6.16 Incontro finale - Consegna del contenitore Informativo e chiusura della commessa

L'*Incontro finale* descritto al punto 6.16 del rapporto UNI/TR 11775 rappresenta l'importante momento di assolvimento dell'onere contrattuale di fornitura delle informazioni con conseguente chiusura della commessa e del contratto. Per il processo di gestione delle informazioni BIM, queste fasi fanno riferimento ai seguenti punti¹⁸ della UNI EN ISO 19650-2 [7]:

- 5.7 "*Processo di gestione delle informazioni – Consegna del modello informativo*", per la descrizione del flusso di informazioni nelle fasi di consegna tra soggetto proponente/committente e soggetto incaricato principale e delle azioni di revisione e autorizzazione del contenitore informativo da parte del committente;
- 5.8 "*Processo di gestione delle informazioni – Chiusura della commessa*", per le attività che il soggetto proponente deve compiere, una volta accettato il contenitore informativo, per effettuare l'archiviazione dello stesso nell'ACDat e chiudere il processo.

La procedura: Il processo di consegna delle informazioni è disciplinato da una serie di passaggi di verifica ed approvazione che coinvolgono tutti i protagonisti dello specifico processo, fino ad arrivare all'accettazione finale da parte del committente con archiviazione del contenitore informativo nella sezione pubblicazione dell'ACDat di commessa. Nel rispetto di quanto stabilito nel capitolato informativo dal committente, i metodi e le procedure di produzione e consegna delle informazioni sono definite dal REDE (e, per quanto di sua competenza, dal soggetto incaricato principale) nel proprio piano di gestione informativa (pGI). Tra i contenuti del pGI, per la gestione delle scadenze e la definizione delle modalità per le consegne, il REDE predispone il piano di consegna delle informazioni (IDP) relativo alla propria attività (TIDP-Task Information Delivery Plan), in accordo a quanto stabilito nell'IDP redatto dal soggetto incaricato principale (MIDP - Master Information Delivery Plan). Nel proprio TIDP deve dettagliare quando devono essere preparate le informazioni relative alla diagnosi, chi ne è responsabile e quali sono i protocolli e le procedure da seguire per ciascuna fase.

Prima della trasmissione del proprio contenitore informativo al soggetto incaricato principale del suo gruppo di fornitura, il REDE lo revisiona¹⁹ per verificare la rispondenza delle informazioni prodotte a:

- requisiti di scambio delle informazioni del soggetto proponente previsti nel Capitolato Informativo del soggetto proponente;
- requisiti di scambio delle informazioni del soggetto incaricato principale previsti nel Capitolato Informativo del soggetto incaricato principale;
- criteri di accettazione per ogni requisito informativo in accordo a quanto disciplinato nel proprio piano di gestione informativa (pGI);
- livello di fabbisogno informativo per ciascun requisito informativo in accordo a quanto disciplinato nel proprio piano di gestione informativa (pGI).

A sua volta il soggetto incaricato principale, eseguirà la procedura di revisione e approvazione sulla base degli stessi elementi sopra riporta. Nel caso vengano riscontrate difformità, il contenitore viene rifiutato e viene

¹⁸ Nel presente rapporto i sub processi sono dettagliati nel paragrafo 2.2 e sono rappresentati nella Mappa processo Consegna del modello informativo e Chiusura commessa di Figura 4

¹⁹ Questo corrisponde al primo livello di verifica dei modelli, come definiti nel capitolo 5.3 della norma UNI 11337-5. I livelli dalla stessa previsti sono i seguenti tre:

- LC1: verifica dei dati e delle informazioni interne ad un modello grafico singolo;
- LC2: verifica dei dati e delle informazioni tra più modelli singoli attraverso la loro aggregazione simultanea;
- LC3: verifica tra dati/informazioni/contenuti informativi generati da modelli e dati/informazioni/contenuti informativi non generati da modelli.

aperta la procedura di richiesta di risoluzione dei problemi (possibilmente attraverso il formato BCF²⁰- BIM Collaboration Format) che il REDE recepisce per effettuare le correzioni richieste. Qualora, invece, l'esito della revisione fosse positivo, REDE condivide il contenitore con il committente nell'ACDat della commessa seguendo le istruzioni ricevute dall'incaricato principale. Con le stesse modalità e con gli stessi criteri, il committente esegue a sua volta, la revisione del contenitore informativo con accettazione ovvero rifiuto con richiesta di correzione, del deliverable.

Qualora previsto nel capitolato informativo (è bene che sia prevista), il REDE raccoglie le lezioni apprese e le trasmette al committente in modo che le archivi nell'ACDat in apposito database di conoscenze, per il futuro utilizzo per il buon esito dei progetti successivi.

Con l'archiviazione del contenitore informativo e delle lezioni apprese, il committente chiude la commessa.

I deliverable: Nel rispetto dei contenuti tecnici e delle indicazioni fornite a livello nazionale dalle Linee Guida del rapporto tecnico UNI/TR 11775 [3], il contenitore informativo che il REDE deve consegnare per l'assolvimento dell'incarico di redazione della diagnosi energetica in ambiente BIM, contiene al minimo i seguenti contenitori:

- Modello post-diagnosi (Tabella 7);
- Contenitore proposta interventi (Tabella 7);
- Rapporto di diagnosi energetica (4.6.15);
- APE pre e post (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Con il cosiddetto Modello post-diagnosi - i cui contenuti possono essere sintetizzati in Figura 9-, il REDE condivide nell'ACDat del gruppo di fornitura, i risultati della diagnosi energetica eseguita in modo che l'architetto/modellatore BIM provveda all'aggiornamento del modello informativo PIM con tutte le informazioni utilizzate e/o elaborate nonché delle risultanze della diagnosi e delle analisi energetiche effettuate.

Tali informazioni e risultanze possono essere organizzate all'interno di rapporti tecnici specialistici (come il rapporto di diagnosi e relativi allegati) o essere implementati nel file IFC del modello post-diagnosi, attraverso l'utilizzo di link e di property set.

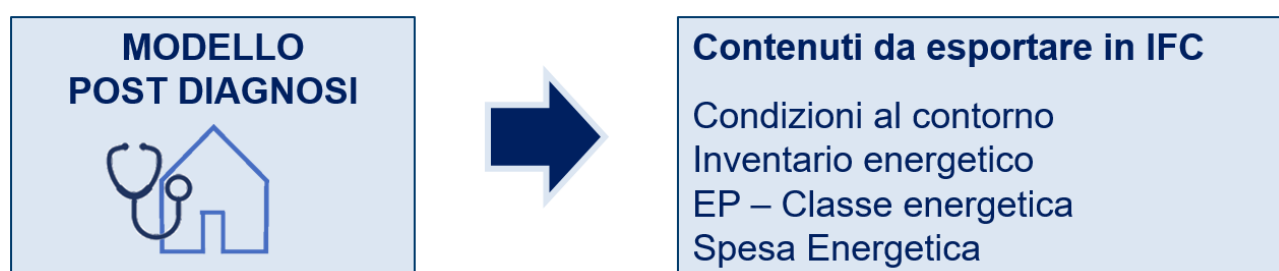


Figura 11: Contenuti da esportare in IFC di una diagnosi

Dopo aver definito con valutazione costi benefici, lo scenario d'interventi di riqualificazione energetica economicamente più vantaggioso, il REDE – eventualmente – condivide nell'ACDat del gruppo di fornitura, il contenitore che ne riporta i risultati, denominato contenitore proposta interventi, per consentire al responsabile del modello informativo PIM, di eseguire l'analisi delle interferenze (Clash Detection) per la verifica e controllo delle possibili interferenze geometriche tra oggetti, modelli ed elaborati, nonché per eseguire l'analisi delle Incoerenze (Model e Code Checking) per il rilevamento di possibili incoerenze informative di oggetti, modelli ed elaborati rispetto a regole e regolamenti [8] e la verifica della corrispondenza ai requisiti definiti nel CI.

²⁰ BCF è un standard di BuildingSMART international utilizzato per le richieste informative di modifica e di coordinamento automatizzate. Nel flusso di lavoro BIM consente una comunicazione controllata ed in formato aperto (basato su file BCF-XML) tra gli attori del processo edilizio, direttamente all'interno della piattaforma BIM.

In caso di esito negativo, il REDE attua la risoluzione dei problemi comunicati dall'architetto (possibilmente) con procedura BCF. Le condizioni in cui si svolge l'attività di coordinamento del contenitore che riporta le informazioni relative ai futuri interventi di riqualificazione energetica dipendono, ovviamente, dai requisiti e dagli usi del modello stabiliti dal committente nel CI. Se nello specifico processo non è prevista la contestuale progettazione e realizzazione degli interventi, il modello post diagnosi conterrà una definizione solo indicativa degli interventi.

Se nel CI il committente ha previsto anche l'uso di progettazione e realizzazione degli interventi, il contenitore deve essere condiviso con il progettista MEP per la progettazione di fattibilità tecnico economica degli interventi scelti e, successivamente, questi lo condividerà con l'architetto/modellatore BIM per le attività di coordinamento e verifica di cui sopra. In questo caso il livello di sviluppo degli interventi di riqualificazione, sarà relativo alla fase di progettazione di fattibilità tecnica ed economica²¹.

5 Restituzione dei risultati di una diagnosi: creazione e proposta di Pset energetici personalizzati

Nei paragrafi 2.2 e 4.6, si è introdotto – tra i contenuti informativi da consegnare in fase di chiusura del processo - il modello post-diagnosi, ovvero il modello validato con i consumi reali che contiene i risultati della diagnosi e aggiorna il modello informativo dello stato di fatto, in modo che, quest'ultimo, possa contenere le informazioni sull'edificio e sui suoi sistemi impiantistici definite in fase di avvio della commessa nonché le risultanze delle analisi energetiche effettuate.

Si è sottolineato come tali informazioni e risultanze possano continuare ad essere organizzate all'interno di rapporti tecnici specialistici (come il rapporto di diagnosi) e di allegati da condividere nell'ACDAt all'interno di specifiche sottocartelle. Fra questi, vi è il file elaborato con il software di analisi energetica utilizzato dal REDE, che però risulta leggibile soltanto da chi possiede il software specifico. Con un approccio come questo, il lavoro dei tecnici che effettuano le diagnosi non risulta pienamente valorizzato, anche in relazione alle grandi potenzialità del BIM per una maggiore conoscenza e per la digitalizzazione del patrimonio edilizio esistente.

Il modello BIM, infatti, altro non è che un contenitore di informazioni che – attraverso l'esportazione in IFC – possono essere condivise con tutti gli attori coinvolti nel processo, indipendentemente dal software che le ha prodotte. È quindi il file IFC del modello post-diagnosi, adeguatamente arricchito con le informazioni di cui alla Figura 11, lo strumento da utilizzare per restituire e rendere al meglio fruibile il lavoro di conoscenza dello stato di fatto e di analisi energetica del sistema edificio-impianto che i tecnici responsabili della diagnosi effettuano.

Tuttavia, come si è sottolineato nel corso della precedente annualità di ricerca [2], analizzando il file IFC esportato dal software di analisi energetica utilizzato su un caso studio, l'esportazione IFC della diagnosi include solo le caratteristiche geometriche dell'edificio, con solo alcune informazioni termo-fisiche connesse ai componenti stratigrafici dello stesso. Ad esempio, non v'è traccia nel file IFC esportato, delle valutazioni fatte in sede di diagnosi in materia di impianti (dai carichi termici alle schedule di occupazione e utilizzo, alle portate di ventilazione...) né dei risultati delle analisi delle prestazioni energetiche. Riprendendo il lavoro avviato nel corso dell'annualità precedente, relativo alla definizione di una tabella dei contenuti minimi per un file IFC di una diagnosi energetica, in questo lavoro si è provato a definire una lista di **parametri quantitativi ed energetici** da associare al modello dello stato di fatto con l'obiettivo di restituire i risultati di una diagnosi energetica, non solo per una corretta e completa descrizione dell'edificio oggetto di diagnosi, ma anche ai fini di un'eventuale "catalogazione" dello stesso secondo parametri energetici specifici. Per

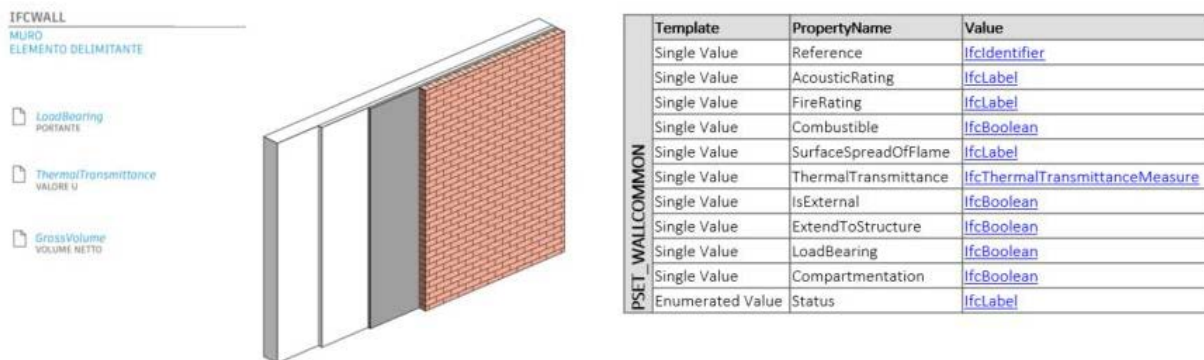
²¹ Come definito all'art. 23 del D.Lgs 50/2016 e s.m.i.: "Nuovo codice dei contratti pubblici".

implementare tali contenuti all'interno del modello BIM dell'edificio allo stato di fatto si è fatto ricorso ai cosiddetti **IfcPropertySet (o Pset)**.

Un PropertySet è l'insieme delle proprietà che si possono assegnare a tutti gli elementi di un modello IFC, dal singolo componente all'intero edificio. Essendo un contenitore di proprietà, serve a comunicare informazioni a tutti gli attori coinvolti durante tutto il ciclo di vita dell'edificio [35][36]. All'interno di un set di proprietà, o Pset, si raggruppano, dunque, una serie di proprietà che possono essere di due tipi:

- **predefinite** (standard, implementate nei software certificati da buildingSMART);
- **personalizzate** (cioè definite dall'utente).

Per esempio, se si considera un elemento "muro" (IfcWall), vi sono delle proprietà standard associate e raggruppate nel Pset_WallCommon, definito a livello di standard IFC. In generale, i software certificati da buildingSMART implementano e permettono di esportare tali proprietà standard (Figura 12); al tempo stesso, permettono di implementare anche proprietà personalizzate, richieste in relazione alle esigenze del progetto o della committenza.



The figure shows a 3D perspective view of a wall element on the left and a table of its properties on the right. The wall is composed of several layers: a white outer layer, a grey middle layer, and a red brick inner layer. To the left of the wall, there are three labels with icons: 'LoadBearing PORTANTE', 'ThermalTransmittance VALORE U', and 'GrossVolume VOLUME NETTO'. The table on the right is titled 'PSET_WALLCOMMON' and lists various properties and their values.

Template	PropertyName	Value
Single Value	Reference	IfcIdentifier
Single Value	AcousticRating	IfcLabel
Single Value	FireRating	IfcLabel
Single Value	Combustible	IfcBoolean
Single Value	SurfaceSpreadOfFlame	IfcLabel
Single Value	ThermalTransmittance	IfcThermalTransmittanceMeasure
Single Value	IsExternal	IfcBoolean
Single Value	ExtendToStructure	IfcBoolean
Single Value	LoadBearing	IfcBoolean
Single Value	Compartmentation	IfcBoolean
Enumerated Value	Status	IfcLabel

Figura 12: Lista delle proprietà contenute in un Pset_WallCommon associato a un elemento "muro" (IfcWall) all'interno dello standard IFC

I set di proprietà necessari per l'obiettivo dichiarato di restituire i risultati della diagnosi sono associati all'entità fabbricato/edificio (IfcBuilding, nel linguaggio IFC) e sono due:

- **FabbricatoDatiQuantitativi:** contiene i dati quantitativi del fabbricato che servono a identificare le superfici e i volumi netti e lordi riscaldati, la superficie dell'involucro disperdente e sulla base dei quali vengono calcolati anche i principali indicatori di prestazione energetica;
- **FabbricatoDatiEnergetici:** contiene i risultati dell'inventario energetico e dei calcoli prestazionali condotti all'interno della diagnosi (indicatori di prestazione energetica e del fabbricato, consumi energetici, spesa per ciascun vettore energetico...).

Per la definizione e la codificazione (o *mapping*) dei Pset e delle proprietà contenute al loro interno, ci si è riallacciati al lavoro dell'Agenzia del Demanio che, all'interno delle sue "LINEE GUIDA Produzione Informativa BIM" [32], ha definito un insieme di proprietà personalizzate, richieste dall'Agenzia e strutturate in specifici set di proprietà, da assegnare ai modelli BIM indipendentemente dal servizio specifico oggetto di bando. Tali proprietà sono contenute e codificate all'interno di un documento allegato alle Linee Guida, che è parte integrante dei documenti di processo di gestione informativa BIM che l'Agenzia del Demanio mette a disposizione di tutti gli aggiudicatari dei bandi BIM da essa promulgati.

I criteri di codificazione proposti dall'Agenzia in tale documento sono ripresi nel presente lavoro, unitamente alle proprietà in esso contenute e sono anche integrati con nuovi parametri, al fine di permettere una completa restituzione dei risultati delle analisi energetiche, facendo riferimento alla già citata tabella dei contenuti minimi per un file IFC, sviluppata nel corso della precedente annualità di ricerca.

I risultati di tale lavoro sono mostrati in Tabella 9. Essa contiene i due set di proprietà personalizzati già introdotti (FabbricatoDatiQuantitativi; FabbricatoDatiEnergetici), tutti attribuiti all'entità IfcBuilding; all'interno di ciascun set, sono elencate le proprietà specifiche, per ciascuna delle quali, si è introdotta:

- Proposta di codificazione (mapping IFC);
- Nome della proprietà (proprietà);
- Tipologia del valore della proprietà (tipo). Può essere:
 - o *IfcText*, usato per stringhe, testo libero, URL e date;
 - o *IfcBoolean*, usato per proprietà del tipo vero/falso, o sì/no;
 - o *IfcReal*, usato per proprietà da popolare con numeri reali;
 - o *IfcInteger*, usato per proprietà da popolare con numeri interi;
- Unità di misura della proprietà, se presente (U.M.);
- La grandezza che descrive la proprietà (area, volume, peso, ecc...)²²;
- Descrizione della proprietà con eventuali note utili alla compilazione.

La Tabella 9 può rappresentare una **guida per i committenti** per la definizione dei requisiti informativi da richiedere nel Capitolato Informativo per le analisi energetiche. Può anche essere utilizzata come **check-list dalle case software** ai fini dell'individuazione delle informazioni da includere nel file IFC dei propri applicativi quando utilizzati nel processo di analisi energetica.

La possibilità di esportare in maniera automatica tutti i parametri contenuti nella tabella e, quindi, di avere un file IFC completo delle risultanze di una diagnosi potrebbe semplificare notevolmente il lavoro dei tecnici.

Si può osservare come, per alcuni dei parametri contenuti nella

Tabella 9, esistano delle corrispondenze esatte con delle proprietà standard all'interno dello formato IFC; tuttavia, la maggior parte dei parametri individuati fanno riferimento specifico alla prassi di calcolo energetico contenuta nelle norme Italiane e, quindi, rendono necessaria l'utilizzo di Property Set (Pset) personalizzati.

La

Tabella 9 – riprendendo il lavoro di codificazione portato avanti dall'Agenzia del Demanio – ha definito una “nomenclatura” comune per tutti i parametri non standard contenuti nei set di proprietà personalizzati introdotti. Un possibile prosieguo dell'attività di ricerca, nella direzione dell'interoperabilità delle Diagnosi Energetiche in ambiente BIM, potrebbe prevedere l'individuazione delle corrispondenze di tali parametri all'interno dello standard IFC secondo le indicazioni del comitato buildingSMART e **la proposta di nuovi parametri da implementare a livello di standard.**

In

e in Figura 14 (rispettivamente a pagina 66 e 67) sono riportate due schermate tratta da due BIM viewer – disponibili per il download gratuito sul web – in cui si possono visualizzare alcuni dei Pset energetici e quantitativi di cui alla

Tabella 9 compilati. Si vede dunque come, indipendentemente dal metodo utilizzato per la compilazione dei Pset e dal viewer adoperato, i risultati della diagnosi risultano così visualizzabili e contenuti all'interno del file IFC del modello dell'edificio oggetto di analisi. Essi, in particolare, sono assegnati all'oggetto Edificio (IfcBuilding).

²² Nel caso di indicatori di prestazione si è inserito in questa cella il simbolo definito per l'indicatore stesso.

Tabella 9: Tabella dei Pset e delle proprietà/parametri definiti

LEGENDA	Parametri ADM
	Parametri ADM modificati
	Parametri aggiunti

MAPPING IFC	PROPRIETÀ	TIPO	U.M.	GRANDEZZA	DESCRIZIONE
FabbricatoDatiQuantitativi					
IfcBuilding.FabbricatoDatiQuantitativi.SupLorda	SupLorda	IfcReal	m ²	Area	Superficie Lorda dell'edificio
IfcBuilding.FabbricatoDatiQuantitativi.SupRiscaldato	SupRiscaldato	IfcReal	m ²	Area	Superficie Riscaldato in metri quadrati dell'edificio
IfcBuilding.FabbricatoDatiQuantitativi.SupCalpestabile	SupCalpestabile	IfcReal	m ²	Area	Superficie Calpestabile in metri quadrati dell'edificio
IfcBuilding.FabbricatoDatiQuantitativi.SupCoperta	SupCoperta	IfcReal	m ²	Area	Superficie Coperta in metri quadrati dell'edificio
IfcBuilding.FabbricatoDatiQuantitativi.VolumeLordo	VolumeLordo	IfcReal	m ³	Volume	Volume Lordo dell'edificio
IfcBuilding.FabbricatoDatiQuantitativi.VolumeNetto	VolumeNetto	IfcReal	m ³	Volume	Volume Netto dell'edificio
IfcBuilding.FabbricatoDatiQuantitativi.VolumeRiscaldato	VolumeRiscaldato	IfcReal	m ³	Volume	Volume Riscaldato dell'edificio
IfcBuilding.FabbricatoDatiQuantitativi.SupDisperdente	SuperficieDisperdente	IfcReal	m ²	Area	Superficie Disperdente
FabbricatoDatiEnergetici					
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.MetodoDiCalcolo	Metodo di calcolo	IfcText	N.A.	N.A.	Metodo di calcolo utilizzato per determinare le energie
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ClasseEnergeticaComplessiva	Classe Energetica Complessiva	IfcText	N.A.	N.A.	Classe energetica del fabbricato
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.PrestazioneFabbricatoInvernale	Prestazione fabbricato invernale	IfcText	N.A.	N.A.	Prestazione energetica del fabbricato invernale assegnata tramite la faccina
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.PrestazioneFabbricatoEstiva	Prestazione fabbricato estiva	IfcText	N.A.	N.A.	Prestazione energetica del fabbricato estiva assegnata tramite la faccina
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPH	EPH	IfcReal	kWh/m ²	EPH,nd	FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA: Indice di prestazione termica utile riscaldamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPC	EPC	IfcReal	kWh/m ²	EPC,nd	FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA: Indice di prestazione termica utile raffrescamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPW	EPW	IfcReal	kWh/m ²	EPW,nd	FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA: Indice di prestazione termica utile ACS
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPHnren	EPHnren	IfcReal	kWh/m ²	EPH,nren	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPHren	EPHren	IfcReal	kWh/m ²	EPH,ren	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Indice di prestazione rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPHtot	EPHtot	IfcReal	kWh/m ²	EPH,tot	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Indice di prestazione totale

MAPPING IFC	PROPRIETÀ	TIPO	U.M.	GRANDEZZA	DESCRIZIONE
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EfficienzaGlobaleStagionaleInvernale	EfficienzaGlobaleStagionaleInvernale	IfcReal	N.A.	$\eta H, \text{tot}$	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Efficienza globale stagionale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QuotaRinnovabileH	QuotaRinnovabile	IfcReal	%	QR,H	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Quota rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpHnren	QpHnren	IfcReal	kWh	Qp,H,nren	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Consumo Annuo Energia Primaria Non Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpHren	QpHren	IfcReal	kWh	Qp,H,ren	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Consumo Annuo Energia Primaria Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpHtot	QpHtot	IfcReal	kWh	Qp,H,tot	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE: Consumo Annuo Energia Primaria Totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPCnren	EPWnren	IfcReal	kWh/m ²	EPW,nren	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPCren	EPWren	IfcReal	kWh/m ²	EPW,ren	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Indice di prestazione rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPCtot	EPWtot	IfcReal	kWh/m ²	EPW,tot	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Indice di prestazione totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EfficienzaGlobaleStagionaleEstiva	EfficienzaGlobaleStagionaleEstiva	IfcReal	N.A.	$\eta H, \text{tot}$	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Efficienza globale stagionale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QuotaRinnovabileC	QuotaRinnovabileH	IfcReal	%	QR,H	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Quota rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpCnren	QpCnren	IfcReal	kWh	Qp,C,nren	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Consumo Annuo Energia Primaria Non Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpCren	QpCren	IfcReal	kWh	Qp,C,ren	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Consumo Annuo Energia Primaria Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpCtot	QpCtot	IfcReal	kWh	Qp,C,tot	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA: Consumo Annuo Energia Primaria Totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPWnren	EPWnren	IfcReal	kWh/m ²	EPW,nren	PRODUZIONE ACS: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPWren	EPWren	IfcReal	kWh/m ²	EPW,ren	PRODUZIONE ACS: Indice di prestazione rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPWtot	EPWtot	IfcReal	kWh/m ²	EPW,tot	PRODUZIONE ACS: Indice di prestazione totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EfficienzaGlobaleStagionaleACS	EfficienzaGlobaleStagionaleACS	IfcReal	N.A.	$\eta W, \text{tot}$	PRODUZIONE ACS: Efficienza globale stagionale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QuotaRinnovabileACS	QuotaRinnovabileACS	IfcReal	%	QR,W	PRODUZIONE ACS: Quota rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpWnren	QpWnren	IfcReal	kWh	Qp,W,nren	PRODUZIONE ACS: Consumo Annuo Energia Primaria Non Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpWren	QpWren	IfcReal	kWh	Qp,W,ren	PRODUZIONE ACS: Consumo Annuo Energia Primaria Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpWtot	QpWtot	IfcReal	kWh	Qp,W,tot	PRODUZIONE ACS: Consumo Annuo Energia Primaria Totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPVnren	EPVnren	IfcReal	kWh/m ²	EPV,nren	VENTILAZIONE: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPVren	EPVren	IfcReal	kWh/m ²	EPV,ren	VENTILAZIONE: Indice di prestazione rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPVtot	EPVtot	IfcReal	kWh/m ²	EPV,tot	VENTILAZIONE: Indice di prestazione totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QuotaRinnovabileV	QuotaRinnovabileV	IfcReal	%	QR,V	VENTILAZIONE: Quota rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpVnren	QpVnren	IfcReal	kWh	Qp,V,nren	VENTILAZIONE: Consumo Annuo Energia Primaria Non Rinnovabile

MAPPING IFC	PROPRIETÀ	TIPO	U.M.	GRANDEZZA	DESCRIZIONE
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpVren	QpVren	IfcReal	kWh	Qp,V,ren	VENTILAZIONE: Consumo Annuo Energia Primaria Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpVtot	QpVtot	IfcReal	kWh	Qp,V,tot	VENTILAZIONE: Consumo Annuo Energia Primaria Totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPLnren	EPLnren	IfcReal	kWh/m²	EPL,nren	ILLUMINAZIONE: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPLren	EPLren	IfcReal	kWh/m²	EPL,ren	ILLUMINAZIONE: Indice di prestazione rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPLtot	EPLtot	IfcReal	kWh/m²	EPL,tot	ILLUMINAZIONE: Indice di prestazione totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QuotaRinnovabileL	QuotaRinnovabileL	IfcReal	%	QR,L	ILLUMINAZIONE: Quota rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpLnren	QpLnren	IfcReal	kWh	Qp,L,nren	ILLUMINAZIONE: Consumo Annuo Energia Primaria Non Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpLren	QpLren	IfcReal	kWh	Qp,L,ren	ILLUMINAZIONE: Consumo Annuo Energia Primaria Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpLtot	QpLtot	IfcReal	kWh	Qp,L,tot	ILLUMINAZIONE: Consumo Annuo Energia Primaria Totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPTnren	EPTnren	IfcReal	kWh/m²	EPT,nren	TRASPORTO: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPTren	EPTren	IfcReal	kWh/m²	EPT,ren	TRASPORTO: Indice di prestazione rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPTtot	EPTtot	IfcReal	kWh/m²	EPT,tot	TRASPORTO: Indice di prestazione totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QuotaRinnovabileT	QuotaRinnovabileT	IfcReal	%	QR,T	TRASPORTO: Quota rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpTnren	QpTnren	IfcReal	kWh	Qp,T,nren	TRASPORTO: Consumo Annuo Energia Primaria Non Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpTren	QpTren	IfcReal	kWh	Qp,T,ren	TRASPORTO: Consumo Annuo Energia Primaria Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpTtot	QpTtot	IfcReal	kWh	Qp,T,tot	TRASPORTO: Consumo Annuo Energia Primaria Totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPGLnren	EPGLnren	IfcReal	kWh/m²	EPgl,nren	FABBISOGNO GLOBALE: Indice di prestazione non rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPGLren	EPGLren	IfcReal	kWh/m²	EPgl,ren	FABBISOGNO GLOBALE: Indice di prestazione rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EPGLtot	EPGLtot	IfcReal	kWh/m²	EPgl,tot	FABBISOGNO GLOBALE: Indice di prestazione totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QuotaRinnovabileGL	QuotaRinnovabileGL	IfcReal	%	QR,gl	FABBISOGNO GLOBALE: Quota rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpGLnren	QpGLnren	IfcReal	kWh	Qp,GL,nren	FABBISOGNO GLOBALE: Consumo Annuo Energia Primaria Non Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpGLren	QpGLren	IfcReal	kWh	Qp,GL,ren	FABBISOGNO GLOBALE: Consumo Annuo Energia Primaria Rinnovabile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.QpGLtot	QpGLtot	IfcReal	kWh	Qp,GL,tot	FABBISOGNO GLOBALE: Consumo Annuo Energia Primaria Totale
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.EmissioniCO2	EmissioniCO2	IfcReal	kg/m²	Peso	Emissioni globali di CO2 all'anno
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.YIE	YIE	IfcReal	N.A.	YIE	Trasmittanza termica periodica media
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.AsolestSuAsuputile	AsolestSuAsuputile	IfcReal	N.A.	Asolest/ Asuputile	Area solare estiva equivalente su superficie utile
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.Ht	Ht	IfcReal	W/m²K	H'T	Coefficiente medio globale di scambio

MAPPING IFC	PROPRIETÀ	TIPO	U.M.	GRANDEZZA	DESCRIZIONE
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.IndicatorePrestazione	IndicatorePrestazione	IfcReal	%		Rapporto percentuale tra il coefficiente medio globale di scambio termico H'T dell'edificio in esame e quello corrispondente ai limiti di legge
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoElettrico	ConsumoAnnuoElettrico	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo energia elettrica
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoElettricoH	ConsumoAnnuoElettricoH	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo energia elettrica per Riscaldamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoElettricoC	ConsumoAnnuoElettricoC	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo energia elettrica per Raffrescamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoElettricoW	ConsumoAnnuoElettricoW	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo energia elettrica per ACS
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoElettricoV	ConsumoAnnuoElettricoV	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo energia elettrica per Ventilazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoElettricoL	ConsumoAnnuoElettricoL	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo energia elettrica per Illuminazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoElettricoT	ConsumoAnnuoElettricoT	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo energia elettrica per Trasporto
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoMetano	ConsumoAnnuoMetano	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas metano
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoMetanoH	ConsumoAnnuoMetanoH	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas metano per Riscaldamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoMetanoC	ConsumoAnnuoMetanoC	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas metano per Raffrescamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoMetanoW	ConsumoAnnuoMetanoW	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas metano per ACS
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoMetanoV	ConsumoAnnuoMetanoV	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas metano per Ventilazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoMetanoL	ConsumoAnnuoMetanoL	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas metano per Illuminazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoMetanoT	ConsumoAnnuoMetanoT	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo gas metano per Trasporto
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoGPL	ConsumoAnnuoGPL	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo GPL
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoGPLH	ConsumoAnnuoGPLH	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo GPL per Riscaldamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoGPLC	ConsumoAnnuoGPLC	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo GPL per Raffrescamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoGPLW	ConsumoAnnuoGPLW	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo GPL per ACS
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoGPLV	ConsumoAnnuoGPLV	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo GPL per Ventilazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoGPLL	ConsumoAnnuoGPLL	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo GPL per Illuminazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoGPLT	ConsumoAnnuoGPLT	IfcReal	smc	Volume	Consumo annuo GPL per Trasporto
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoBiomassa	ConsumoAnnuoBiomassa	IfcReal	kg	Peso	Consumo annuo Biomassa
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoBiomassaH	ConsumoAnnuoBiomassaH	IfcReal	kg	Peso	Consumo annuo Biomassa per Riscaldamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoBiomassaC	ConsumoAnnuoBiomassaC	IfcReal	kg	Peso	Consumo annuo Biomassa per Raffrescamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoBiomassaW	ConsumoAnnuoBiomassaW	IfcReal	kg	Peso	Consumo annuo Biomassa per ACS
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoBiomassaV	ConsumoAnnuoBiomassaV	IfcReal	kg	Peso	Consumo annuo Biomassa per Ventilazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoBiomassaL	ConsumoAnnuoBiomassaL	IfcReal	kg	Peso	Consumo annuo Biomassa per Illuminazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoBiomassaT	ConsumoAnnuoBiomassaT	IfcReal	kg	Peso	Consumo annuo Biomassa per Trasporto

MAPPING IFC	PROPRIETÀ	TIPO	U.M.	GRANDEZZA	DESCRIZIONE
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoTeleriscaldamento	ConsumoAnnuoTeleriscaldamento	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo Teleriscaldamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoH	ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoH	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo Teleriscaldamento per Riscaldamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoC	ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoC	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo Teleriscaldamento per Raffrescamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoW	ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoW	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo Teleriscaldamento per ACS
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoV	ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoV	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo Teleriscaldamento per Ventilazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoL	ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoL	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo Teleriscaldamento per Illuminazione
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoT	ConsumoAnnuoTeleriscaldamentoT	IfcReal	kWh	Energia	Consumo annuo Teleriscaldamento per Trasporto
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.ConsumoAnnuoIdrico	ConsumoAnnuoIdrico	IfcReal	L	Capacità	Consumo annuo idrico
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.SpesaAnnuaElettrica	SpesaAnnuaElettrica	IfcReal	EUR		Spesa annua elettricità
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.SpesaAnnuaMetano	SpesaAnnuaMetano	IfcReal	EUR		Spesa annua gas metano
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.SpesaAnnuaGPL	SpesaAnnuaGPL	IfcReal	EUR		Spesa annua GPL
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.SpesaAnnuaBiomassa	SpesaAnnuaBiomassa	IfcReal	EUR		Spesa annua Biomassa
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.SpesaAnnuaTeleriscaldamento	SpesaAnnuaTeleriscaldamento	IfcReal	EUR		Spesa annua Teleriscaldamento
IfcBuilding.FabbricatoDatiEnergetici.SpesaAnnuaIdrica	SpesaAnnuaIdrica	IfcReal	EUR		Spesa annua idrica

LEGENDA	Parametri ADM
	Parametri ADM modificati
	Parametri aggiunti

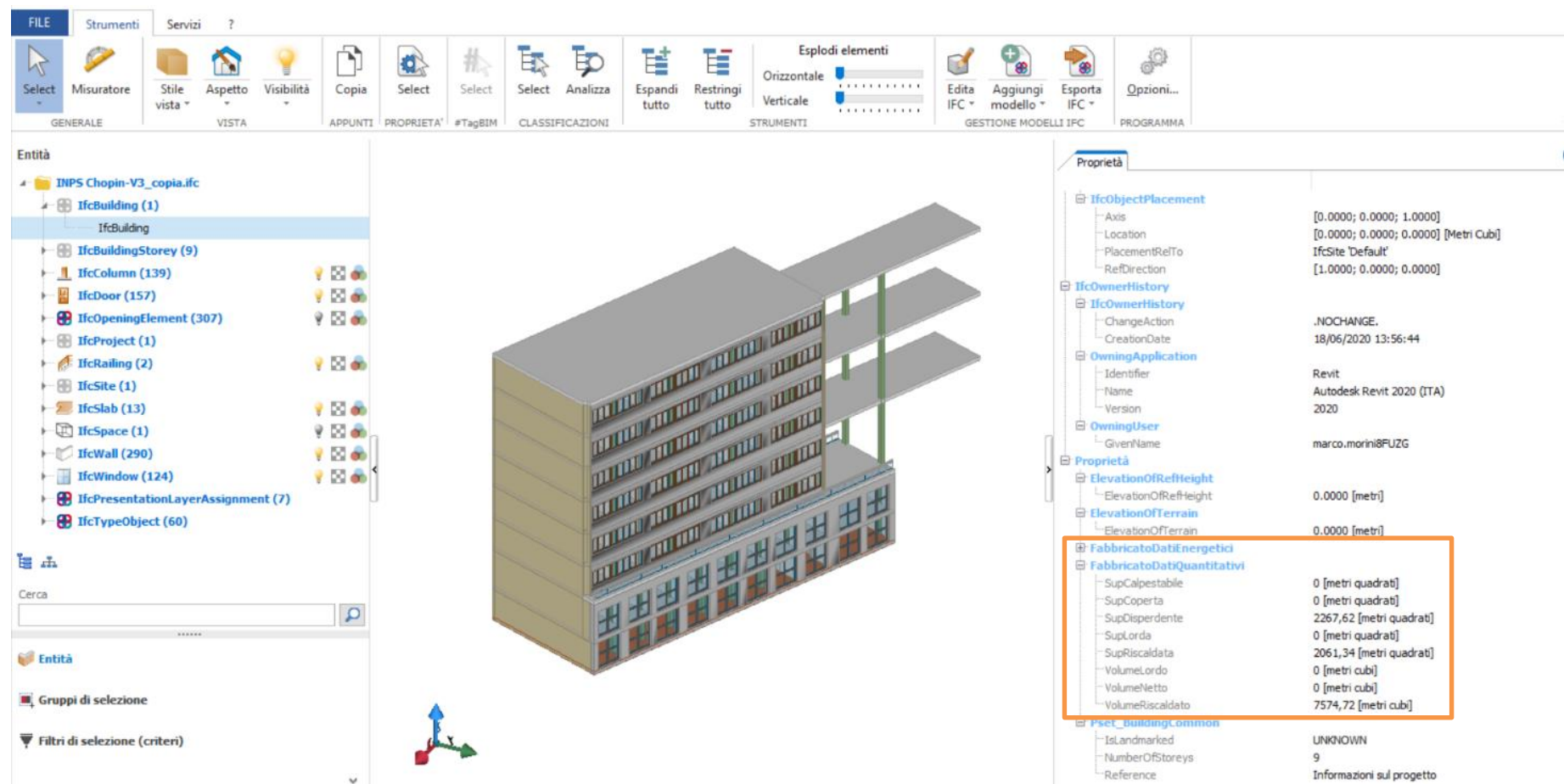


Figura 13: Schermata modello IFC del caso studio analizzato nel corso del secondo anno della ricerca (esempio 1)

The screenshot displays a software application window titled "INPS Chopin-V8_con VANI e ZONE". The interface is divided into several panels:

- Browser Toolbar:** Located on the left, it shows a hierarchical tree of the model's structure, including levels like "2 - Piano 1", "8 - Piano Coperture", and "0 - Piano Terra".
- Element Toolbar:** Below the browser, it lists various IFC elements such as "IfcBuilding", "IfcBuildingStorey", "IfcColumn", etc.
- Central View:** A 3D perspective view of a building model with a grid of windows and a green roof. A coordinate system is visible in the bottom left corner.
- Property Toolbar:** On the right, it shows a table of properties for the selected entity. The table is titled "PropertySets from entity" and lists various energy-related properties.

The property table on the right contains the following data:

Name	Value
PropertySets from entity	
fabbricatodatienergetici	
asolestsuasuputile	0.
consumoannuobiomassa	0.
consumoannuobiomassac	0.
consumoannuobiomassah	0.
consumoannuobiomassal	0.
consumoannuobiomassat	0.
consumoannuobiomassav	0.
consumoannuobiomassaw	0.
consumoannuoelettrico	305194.
consumoannuoelettricoc	55151.
consumoannuoelettricoh	44471.
consumoannuoelettricol	78793.
consumoannuoelttricot	1890.
consumoannuoelttricot	14480.
consumoannuoelttricot	5432.
consumoannuogpl	0.
consumoannuogplc	0.
consumoannuogplh	0.
consumoannuogplil	0.
consumoannuogpllt	0.
consumoannuogplv	0.
consumoannuogplw	0.
consumoannuidrico	0.
consumoannuometano	0.
consumoannuometanoc	0.
consumoannuometanoh	0.
consumoannuometanol	0.

Figura 14: Schermata modello IFC del caso studio analizzato nel corso del secondo anno della ricerca (esempio 2)

6 Valutazione tecnico-economica dei benefici di analisi energetiche BIM

In questo capitolo si riporta una valutazione qualitativa dei vantaggi competitivi che il processo di analisi energetica acquisisce quando svolto in ambito BIM. Si tratta di un approfondimento di quanto si è già avuto modo di vedere nel corso delle precedenti linee di attività, senza la pretesa di effettuare una valutazione della fattibilità tecnico-economica della progettazione integrata BIM, in quanto è oggetto di una linea di ricerca parallela alla presente, focalizzata sulla definizione delle differenze di costo e dei benefici lungo tutte le fasi del processo edilizio tra la progettazione integrata (modelli BIM) e la progettazione convenzionale di edifici di nuova costruzione ZEB [33], [34]. Lo scopo della presente analisi è evidenziare la convenienza di svolgere anche l'analisi energetica di edifici esistenti in ambito BIM, in modo da incentivarne lo sviluppo.

Le considerazioni che seguono si basano su una review della letteratura scientifica esistente (6.1) e sui riscontri di un sondaggio che ha visto la partecipazione di primarie aziende protagoniste del settore (6.2), ma trae conclusioni anche dall'esperienza maturata dagli autori nel corso del triennio di ricerca restituito in questo lavoro e nei precedenti report consegnati [1] [2].

Come si è già avuto modo di dire, la strada verso la digitalizzazione è tracciata dalla progressiva obbligatorietà di applicazione negli appalti pubblici: a livello nazionale "l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici" è previsto nel nuovo codice degli appalti (D.lgs n. 50/2016 e s.m.i. art. 23 c. 13) e delineato nella roadmap e nelle modalità di esecuzione dal DM 560/2017 e s.m.i. (di recente aggiornato con il decreto n.312 del 2 agosto 2021). I desiderata normativi possono, però, trovare non semplice ed immediata applicazione nel mercato reale, soprattutto se, come nel caso della metodologia BIM, è richiesto un profondo cambio di mentalità e di approccio metodologico che non riguarda solo il singolo professionista, ma tutti gli attori della filiera, oltreché un importante aggiornamento delle tecnologie e degli strumenti da utilizzare.

Per stimolare un tale cambiamento in modo coordinato tra tutti gli stakeholder e accompagnato da importanti investimenti in termini economici e di tempo, occorre mettere in campo una serie di azioni, tra le quali, certamente, può giocare un ruolo importante una campagna d'informazione e di formazione per gli addetti dell'intera filiera che accresca la consapevolezza dei reali benefici e vantaggi dell'approccio metodologico BIM, sia sotto l'aspetto tecnico sia sotto l'aspetto economico, e che quindi porti a perseguire il BIM come una necessità di miglioramento, piuttosto che un obbligo imposto da dettati normativi.

L'approfondimento di cui al presente capitolo ha inteso dare un contributo in questa direzione, portando una riflessione specifica sui vantaggi e benefici del BIM nel processo di riqualificazione energetica degli edifici. Sono numerosi – e molti ancora sono in corso – gli studi e le ricerche finalizzate a valutare la fattibilità tecnica ed economica dell'utilizzo dell'approccio BIM nell'industria delle costruzioni. Diversi gli approcci e i risultati raggiunti (alcuni dei quali saranno introdotti brevemente al paragrafo 6.1).

Le considerazioni che seguono sono riferite a una valutazione qualitativa che ha tenuto in considerazione non solo i possibili vantaggi di tipo economico, ma anche i possibili benefici di tipo "non strettamente economico" valutati lungo l'intero ciclo di vita del bene (maggiore qualità, garanzia della disponibilità di informazioni aggiornate nel tempo, ecc.).

Effettuare la valutazione dei benefici e dei vantaggi competitivi dell'utilizzo del BIM rispetto al metodo tradizionale non è affatto immediato, in quanto questa è influenzata da una serie di fattori legati alla tipologia e alla dimensione dell'opera da costruire, all'efficacia ed efficienza del flusso bidirezionale delle informazioni tra i software di modellazione BIM e i software per le analisi energetiche e alla conoscenza e consapevolezza dei protagonisti della filiera che siano direttamente o indirettamente coinvolti. Così come è rilevante la presenza o meno di standard/linee guida che ne definiscano il processo.

Per fornire una panoramica e sintesi, si elencano di seguito per punti i principali aspetti che hanno influenza negativa e positiva sul processo edilizio in ambito BIM. Seguiranno nei paragrafi successivi, considerazioni relative agli aspetti energetici.

Principali Benefici e vantaggi del BIM

Più nel dettaglio i principali benefici e i vantaggi della digitalizzazione del processo edilizio sono:

- Migliore qualità in ogni fase del processo (progettazione, realizzazione, Facility Management) in termini di attendibilità, disponibilità e precisione delle informazioni e di rispondenza alle richieste del committente;
- Stima più attendibile dei costi dell'opera, grazie all'acquisizione automatica di quantità, materiali e processi direttamente dal modello informativo BIM;
- Scelte più consapevoli da parte del committente, grazie alla verifica "visiva" del modello tridimensionale del futuro edificio;
- Maggiore rispetto dei tempi di realizzazione e consegna delle informazioni e del bene;
- Reperibilità delle informazioni con garanzia di attendibilità dei dati nel tempo: la digitalizzazione dell'edificio in un luogo unico e in un formato aperto e collaborativo, consente di creare un archivio dati organizzato che sostituisce i frammentati elaborati cartacei del processo tradizionale;
- Ottimizzazione dell'organizzazione del cantiere, per una più puntuale programmazione già nella fase di pianificazione e per il controllo digitale dell'avanzamento lavori;
- Ottimizzazione del Facility Management, grazie ad un archivio dati organizzato che consente di condividere automaticamente e aggiornare costantemente informazioni nell'ambiente di condivisione dati, anche attraverso l'acquisizione di parametri relativi allo stato di funzionamento e performance dell'edificio da reti di monitoraggio e controllo (BMS, reti IoT);
- Individuazione e correzione di errori e incongruenze già in fase di progettazione di fattibilità tecnica economica, evitando costose varianti in fase di progettazione esecutiva e, soprattutto in fase di realizzazione (*Model Checking* – insieme delle operazioni di verifica del modello informativo BIM –, *Clash Detection* – ricerca di sovrapposizioni e criticità tra i vari oggetti del modello – e *Code Checking* – verifica automatica della rispondenza alle norme di riferimento).

Principali Svantaggi e ostacoli del BIM:

- Interoperabilità non totale: allo stato attuale il flusso automatico delle informazioni BIM non sempre può dirsi completo ed efficace, costringendo i professionisti ad intervenire manualmente per il completamento e per la correzione dei dati di input e/o di output del proprio contenitore informativo;
- Necessità di un importante cambiamento culturale nelle modalità di produzione e gestione del processo edilizio che coinvolga, secondo standard ed indirizzi condivisi e aperti, tutti gli stakeholder del settore, da coloro che sono direttamente coinvolti nella progettazione e realizzazione (committenti, progettisti, produttori, fornitori, costruttori) agli organismi della pubblica amministrazione coinvolti nei procedimenti legislativi e amministrativi;
- Necessità di importanti investimenti iniziali di risorse per l'aggiornamento tecnico in ambito BIM, di professionisti, studi professionali e aziende (acquisizione delle competenze tecniche e gestionali, dotazione delle strumentazioni hardware e software, conversione dei processi aziendali, ...);
- Richiesta di maggiore sforzo – di carattere economico e non – per alcune attività specifiche (le più evidenti: preparazione e gestione della gara d'appalto, fase progettazione di fattibilità tecnica ed economica, coordinamento del processo), pur se vengono poi ampiamente compensati nelle altre fasi del processo.

Altri vantaggi e benefici importanti si aggiungono nel campo specifico dell'efficienza energetica e della sostenibilità dell'ambiente costruito, come meglio dettagliato nei paragrafi seguenti.

6.1 *L'esperienza dei protagonisti del settore: la review della letteratura scientifica*

Lo studio della letteratura scientifica prodotta con riferimento al processo di analisi energetica in ambito BIM, ha evidenziato l'assenza di lavori che abbiano affrontato una valutazione riferita all'intero processo edilizio, delle potenzialità dell'utilizzo della metodologia BIM in contrapposizione al metodo "tradizionale". Le ragioni possono essere molteplici: certamente non giocano a favore la maggiore quantità necessaria di dati (a cui corrisponde però una maggiore precisione e qualità delle informazioni all'interno del processo BIM) e la difficoltà del loro reperimento, la variabilità delle condizioni a contorno e del livello di maturità del BIM.

Le valutazioni qualitative eseguite su casi specifici sono, inoltre, difficili da confrontare [38]. In questo lavoro gli autori svolgono una corposa revisione scientometrica degli studi eseguiti tra il 1990 e il 2018 sull'integrazione della simulazione energetica in ambito BIM; tra l'altro, evidenziano che l'adozione ampia del BIM dipende anche da una quantificazione chiara e ben definita dei vantaggi derivanti dalla sua applicazione. Infatti, a causa della mancata definizione delle potenzialità offerte dal BIM, i proprietari e gli appaltatori non hanno elementi quantitativi della reale efficienza del BIM che possano incentivarli nella decisione di integrarlo nel proprio flusso di lavoro. Sebbene la maggior parte degli utenti BIM sia convinta dei potenziali vantaggi, la stragrande maggioranza degli appaltatori si affida ancora ai disegni tradizionali, principalmente a causa della difficoltà di abbandonare la pratica lavorativa consolidata, oltre la limitata interoperabilità ancora esistente [38].

Alcuni autori hanno affrontato analisi, anche di tipo quantitativo, per individuare i potenziali vantaggi del BIM. La quantificazione finanziaria condotta da Eadie et al. [39] ha portato ad individuare, quale aspetto più favorevole dal punto di vista finanziario in ambito BIM, l'aumentata collaborazione tra i professionisti, seguita da una più efficiente fase gestionale, mentre di minore impatto finanziario è risultata la visualizzazione 3D. Con un metodo empirico, Barlish et al. [40] hanno confrontato il "progetto non-BIM" con il BIM determinando in uno dei loro casi studio, risparmi del 42% per le minori richieste di modifica, del 50% per il reperimento delle informazioni e una riduzione del 33% della durata della fase progettuale. Considerando, però, l'aumento riscontrato del 30% dell'investimento economico per l'implementazione della progettazione BIM, la stima finale ha condotto a un risparmio totale medio pari al 2%.

I processi svolti in ambito BIM sono più veloci ed efficaci e consentono un potenziale riduzione degli errori [41]. Inoltre, l'intero team di progettazione ne trae vantaggi grazie ad un migliore coordinamento e una maggiore efficienza tra i professionisti, anche relativamente alla pianificazione (4D) e alla gestione dei costi (5D). Ugualmente il committente/proprietario dell'edificio può trarre benefici dall'utilizzo degli strumenti BIM, principalmente grazie alla riduzione dei tempi della fase di progettazione, alla diminuzione dei costi di realizzazione del bene e alla diminuzione delle varianti in fase di esecuzione [41].

Analizzando più nello specifico l'utilizzo del BIM per l'analisi energetica, più autori concordano che un importante beneficio consiste nella riduzione del gap di performance energetica tra quanto calcolato a progetto e quanto effettivamente ottenuto e mantenuto in fase di utilizzo grazie ad una più puntuale stima delle prestazioni energetiche dell'edificio già in fase di progettazione preliminare [43], [44], [45], [46] e all'ottimizzazione e migliore definizione degli scenari d'intervento possibili [44], [48].

Alcuni autori evidenziano, fra i benefici del BIM, la riduzione dei tempi e dei costi per la realizzazione del modello per la simulazione energetica [44], [47] e la mitigazione dei rischi e la riduzione dei costi nella fase di Facility Management [48].

Sui vantaggi dello scambio di dati "semiautomatico" da BIM a BEM (Building Energy Modelling), O'Donnell et al. [44] sottolineano come sia fondamentale la definizione di modelli di simulazione quanto più realistici ed attendibili possibile perché risultati non verosimili delle simulazioni possono portare a prendere, poi, scelte sbagliate. Bazjanac [49] ha determinato che la creazione della geometria dei modelli di edifici "medio-piccoli", attraverso una corretta acquisizione automatica del processo BIM, porta a un risparmio di tempo del 75%.

I benefici che il BIM può apportare al processo di analisi energetica, dipendono dunque dalla maggiore attendibilità dei dati di input e di output che il processo è in grado di garantire. In merito all'attendibilità dei dati, più precisamente sulla determinazione del consumo energetico, secondo Van Dessel et al. [45] il consumo energetico determinato può variare significativamente in base ai processi di trasferimento dei dati BIM to BEPS (Building Energy Performance Standard) utilizzati: con una valutazione quantitativa e qualitativa dei vari metodi, gli autori hanno riscontrato che, a seconda del metodo utilizzato, si possono ottenere differenze nella determinazione del consumo di energia fino al 25,89%, evidenziando come sia fondamentale la correttezza e la trasparenza dei dati ai fini dell'attendibilità dei risultati delle simulazioni.

Anche in Andriamamonjy et al. [38], si sottolinea che, per quanto gli studi per determinare le potenzialità del BIM siano parziali, essi sono comunque importanti per incoraggiare i protagonisti della filiera all'utilizzo del BIM, in quanto possono comunque far comprendere che i benefici di questa metodologia vanno ben oltre quelli della semplice visualizzazione 3D e del rendering. Gli stessi autori sottolineano, peraltro, che la simulazione energetica sia tra le fasi che possono trarre i maggiori vantaggi dall'uso del BIM.

La progettazione energetica e della sostenibilità ambientale possono essere pienamente sviluppati già nelle prime fasi della progettazione solo attraverso *«l'ambiente multidisciplinare del BIM, che richiede un processo di progetto molto più integrato di quello tradizionale, attualmente sperimentato dal settore delle costruzioni»* [42]. In questo modo l'analisi energetica può contribuire in maniera significativa nelle scelte progettuali da prendere.

Già nel 1999, Bazjanac et al. [50] dimostravano, attraverso diversi casi di studio, che l'utilizzo di un approccio BIM interoperabile consente un elevato potenziale di risparmio sui costi e sui tempi per l'esecuzione delle simulazioni energetiche degli edifici durante la fase di progettazione iniziale.

Le problematiche legate alla limitata interoperabilità tra i software, risultano per diversi autori uno dei principali ostacoli alla diffusione del BIM. Secondo l'indagine eseguita da McGraw-Hill Construction (2007) citata in [42], la non interoperabilità nello scambio informativo può portare ad un aumento dei costi di progetto fino a circa il 3,1%, per la maggior parte dovuti al reinserimento manuale dei dati proprio a causa della non interoperabilità tra applicazioni.

Per il pieno sfruttamento del potenziale del BIM anche per il processo di analisi energetica, Van Dessel et al. [45] ritengono che gli sforzi futuri debbano concentrarsi sull'implementazione degli strumenti software BIM e BEM e sull'implementazione degli applicativi per il controllo e la verifica dei modelli, al fine di migliorare la qualità dei modelli creati e calcolare prestazioni energetiche col maggior grado di precisione possibile.

6.2 L'esperienza dei protagonisti del settore: il sondaggio

Nell'ambito della parallela linea di attività svolta dall'università IUAV sempre con riferimento all'accordo MISE-ENEA – i cui risultati sono riportati nel rapporto [34] – IUAV ha svolto un dettagliato sondaggio tra aziende del settore selezionate per la loro provata esperienza nell'uso della metodologia BIM. I temi trattati nel survey erano volti principalmente alla valutazione della fattibilità tecnico-economica dell'impiego del BIM nella progettazione di edifici ZEB di nuova costruzione. Al fine di contribuire alla valutazione dei benefici del BIM relativamente alla riqualificazione energetica degli edifici esistenti oggetto di questo lavoro, nel sondaggio sono state appositamente aggiunte specifiche domande utili allo scopo. La trattazione in questo paragrafo riporta l'analisi del sondaggio dettagliato in [34], per quanto attiene l'ambito della riqualificazione energetica degli edifici esistenti.

Il sondaggio è stato inviato a 30 aziende e si sono ottenute risposte da 10 di esse, campione ritenuto rappresentativo considerate l'elevata specificità delle competenze richieste e la complessità del sondaggio stesso. Per identificare il target dei partecipanti, più del 40% rende noto di avere proprio personale con una preparazione molto buona in ambito BIM, mentre oltre il 20% dichiara una eccellente preparazione di almeno un proprio esperto BIM; inoltre l'80% dichiara, in parti uguali, di aver convertito nel processo BIM buona parte delle proprie attività, ovvero di svolgerle nella quasi totalità in BIM.

Tra le attività che le aziende partecipanti svolgono in BIM senza sub-appaltare rappresentate in Figura 15, di interesse specifico per l'analisi energetica ai fini della riqualificazione energetica degli edifici esistenti, sono state inserite:

- Diagnosi energetica;
- Rilievo (architettonico, energetico...);
- Certificazione energetica.

Di interesse sono anche Facility Management e computo metrico estimativo.

In merito ai vantaggi e agli svantaggi del BIM, gli interlocutori sostanzialmente confermano i punti elencati in premessa al presente capitolo²³. Molti evidenziano come sia importante tenere presente quando si leggono i vantaggi e gli svantaggi del singolo aspetto, che c'è un beneficio finale sostanziale che non è tenuto in conto nella valutazione, ma che non va dimenticato, ovvero che la **qualità del progetto su piattaforma BIM non è comparabile rispetto alla qualità del progetto tradizionale**.

Tra gli svantaggi è sentita la scarsa preparazione degli operatori del filiera all'esterno della loro azienda, in particolare con riferimento alla pubblica amministrazione, così come sono sentite le difficoltà legate al numero ancora importante di interlocutori che non utilizzano il BIM. Tra i costi, iniziali e di mantenimento, per l'implementazione del BIM in azienda, vengono segnalati come principali ostacoli economici, in primis, le spese per i software e, a seguire, i costi di certificazione del personale, quest'ultimi maggiori nella fase di mantenimento rispetto a quella iniziale.

In Figura 15 sono messe a confronto le risposte ricevute (voto medio ottenuto) in merito alle attività svolte dall'azienda senza sub-appaltare, sia con metodi tradizionali (colonne verde chiaro), sia con procedure BIM/su piattaforma BIM (colonne verde scuro).

Si vede che l'attività maggiormente eseguita in BIM, rispetto alla progettazione "tradizionale", risulta essere la progettazione d'interni ma, per quanto di interesse di questo lavoro, la diagnosi energetica e la progettazione di impianti elettrici e meccanici trovano maggiore spazio ed interesse nella progettazione BIM. Alcune aziende hanno evidenziato, inoltre, che le simulazioni energetiche e le analisi di valutazione di sostenibilità ambientale sono più vantaggiose e immediate se svolte su piattaforma BIM piuttosto che con metodi tradizionali. Mentre per il rilievo sembra ancora non essere sentita forte la convenienza nell'esecuzione con le tecnologie legate al BIM (laser scanner e nuvola di punti). Quest'ultimo aspetto viene confermato quando si chiede di valutare il tempo di lavoro dedicato a ciascuna attività, sia con workflow convenzionale, sia con workflow BIM: il rilievo dello stato di fatto risulta sfavorito, insieme alla fase di sviluppo del progetto, all'elaborazione dei documenti grafici e all'elaborazione dei documenti tecnici (computi, relazioni, ...), evidenziando il maggiore impegno richiesto per le fasi di progettazione iniziale rispetto alle fasi di progettazione successiva, che beneficeranno di una riduzione delle problematiche grazie alla maggiore qualità del progetto e ad una sostanziale riduzione dei tempi di successivo aggiornamento degli elaborati rispetto alla procedura convenzionale. Il rilievo risulta essere, però, l'attività nella quale è percepita meno la criticità dei tempi più lunghi del BIM per la restituzione dello stato di fatto.

²³ Per approfondimenti si rimanda a [34]

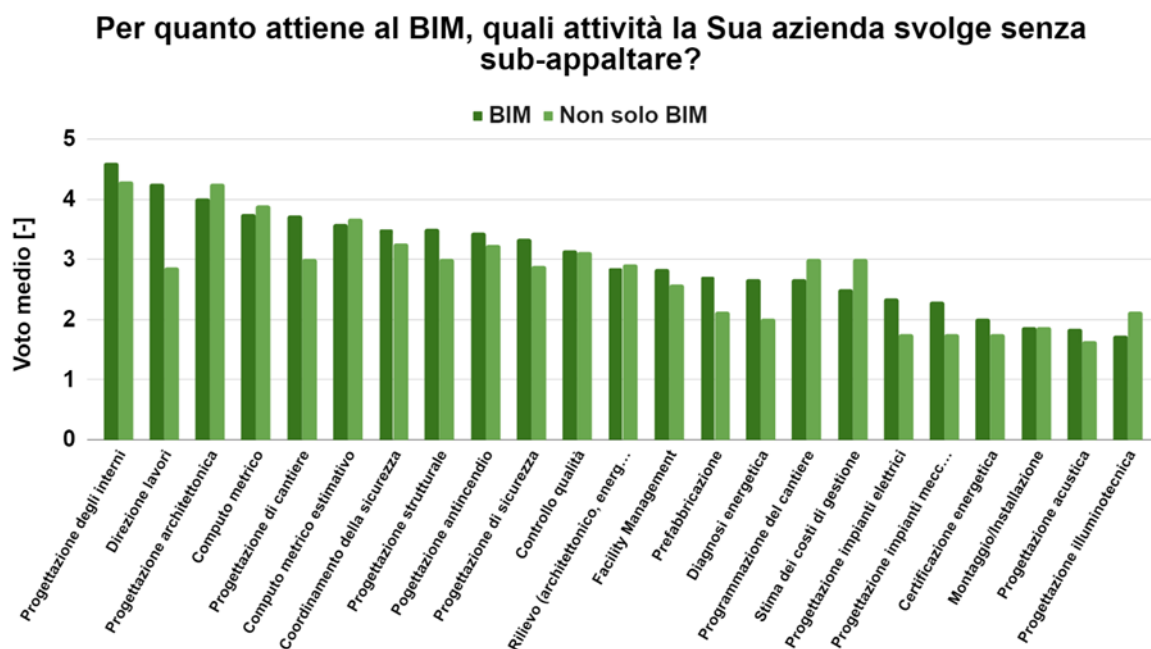


Figura 15: Principali attività svolte dalle aziende partecipanti mediante procedure/piattaforme BIM (Fonte [34])

Tra le macro-attività che hanno avuto vantaggio competitivo grazie al BIM (Figura 16), trovano un posto importante le attività che si riferiscono alla riqualificazione e alla gestione dell'esistente: diagnosi energetica, rilievo dell'esistente e Facility Management.

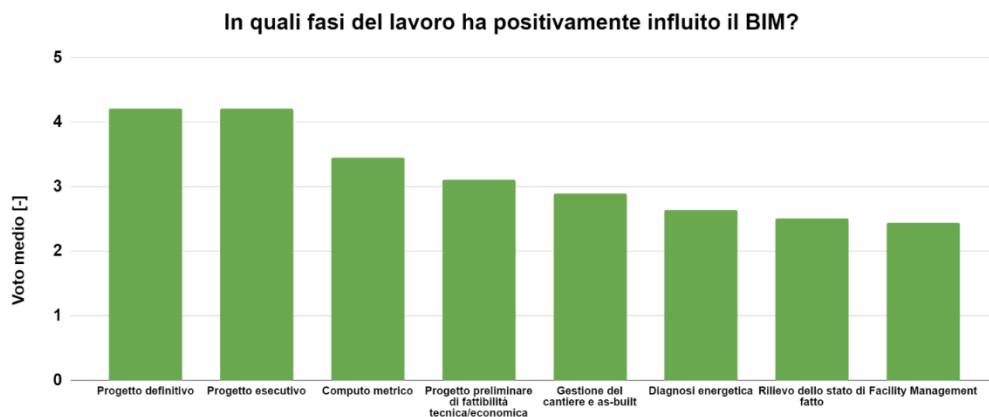


Figura 16: Vantaggio competitivo indotto dal BIM nelle diverse macro-attività (Fonte [34]).

Infine, in Figura 17 sono restituite le risposte sulla comparazione dei costi senza BIM (colonna verde scuro) e con BIM (colonna verde chiaro) di ciascuna attività, affiancate dall'istogramma giallo che rappresenta la variazione dei costi di ciascuna attività con procedure/piattaforme BIM, normalizzata rispetto al costo impiegato in modalità non BIM. Si dimostra così l'elevata convenienza che i partecipanti al sondaggio attribuiscono alle procedure/piattaforme BIM, con **risparmi superiori al 15%** in particolare per **rilievo dello stato di fatto** e **sviluppo del progetto**, fino ad arrivare a circa il 45%, per attività come la clash detection e il Facility Management.

Percentualmente, nella Sua azienda, quanto incidono globalmente a livello annuo i seguenti costi, senza/con procedure BIM?

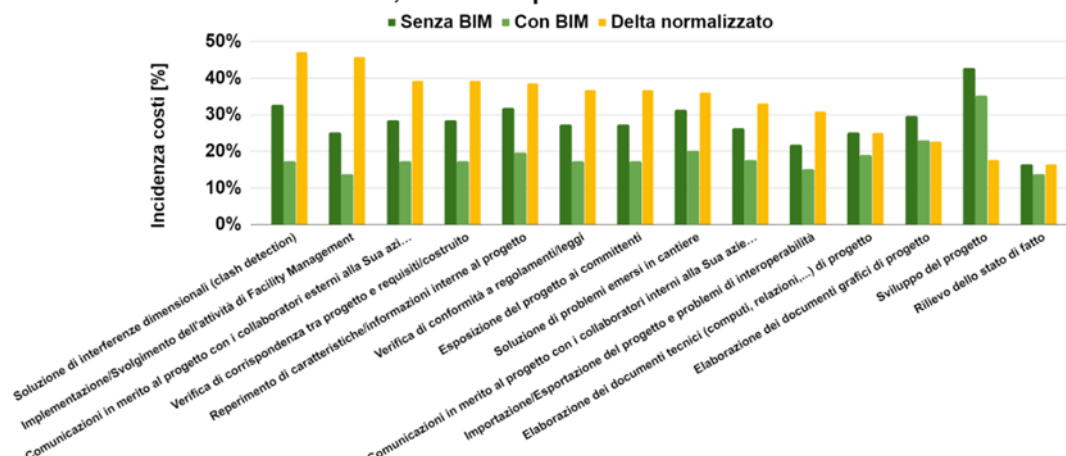


Figura 17: Confronto dei costi imputabili a specifiche attività, senza/con BIM (Fonte [34])

6.3 Considerazioni finali

Da quanto emerso si può dedurre che per la maggiore complessità del processo di riqualificazione energetica del costruito rispetto ad una progettazione sostenibile del nuovo, unitamente ad un processo costruttivo molto più complesso rispetto al passato per tecnologie, per numero crescente di attori coinvolti, ma soprattutto per i sempre più stringenti obiettivi di sostenibilità in tutte le fasi del ciclo di vita, i benefici che possono derivare dall'uso della metodologia BIM anche relativamente agli aspetti energetici sugli edifici esistenti, possono essere rilevanti. Questi sono destinati ad essere sempre più significativi, fino alla completa realizzazione della digitalizzazione del processo di progettazione in chiave BIM.

Tuttavia, per sfruttare appieno tutte le potenzialità del BIM, occorre che il processo integrato si compia lungo l'intero ciclo di vita e per tutte le fasi dello stesso e, soprattutto, **coinvolgendo tutti gli stakeholder della filiera**, dalla fase iniziale di definizione dei requisiti da parte del soggetto proponente alla fase finale di dismissione del bene.

L'analisi energetica svolta già dalle fasi iniziali della progettazione consente di ottimizzare, con riferimento anche agli aspetti energetici, le soluzioni impiantistiche e di involucro già in fase preliminare con la possibilità di ridurre al minimo i fabbisogni energetici dell'edificio e i costi di gestione nonché di trovare le soluzioni migliori, anche per gli aspetti legati alla sostenibilità ambientale, permettendo di effettuare valutazioni più veloci e precise di fattibilità tecnico-economica di diversi possibili scenari di interventi.

In ogni fase del processo, gli attori coinvolti possono acquisire, utilizzare e aggiornare i dati e le informazioni per una ottimale gestione del flusso di lavoro e informativo non solo per quanto attiene la progettazione, ma anche la costruzione e, soprattutto, la fase di Facility Management.

Come si evince dal sondaggio (paragrafo 6.2), gli operatori del mercato iniziano a comprendere i benefici e i vantaggi di intervenire in BIM sugli edifici esistenti, per la fase di rilievo e restituzione, per la fase di conoscenza dal comportamento energetico dell'edificio, per la simulazione e progettazione energetica e per il mantenimento dei livelli prestazionali durante la fase di Facility Management.

Rimangono, però, le problematiche legate alla non completa interoperabilità del flusso informativo tra software e la necessità della verifica dell'attendibilità e correttezza dei dati. Per questo, gli sforzi futuri dovrebbero concentrarsi sull'implementazione degli strumenti software BIM e BEM (e delle loro interazioni) e degli applicativi per il controllo e la verifica dei modelli, al fine di migliorare la qualità dei modelli creati e calcolare prestazioni energetiche col maggior grado di precisione possibile.

Per rafforzare le conclusioni sopra espresse, si ritiene utile riportare alcune riflessioni in merito, maturate grazie all'esperienza diretta degli autori su un caso studio nel corso delle ultime due annualità [2]. Sull'edificio individuato (edificio che ospita la sede regionale dell'INPS di Roma, in Via Chopin 35) sono stati effettuati il modello energetico BEM e la diagnosi energetica con un software di modellazione e analisi energetica e il modello BIM con un software di authoring. Successivamente è stata svolta l'analisi delle problematiche di esportazione delle informazioni in formato IFC dal modello BEM e le problematiche di esportazione/importazione delle informazioni in formato IFC del flusso BIM to BEM. Lo stato attuale di maturità del processo, verificato sperimentalmente oltretutto dedotto dalla letteratura scientifica, che ha problemi di perdita di dati, di informazioni mancanti, non consente di testare appieno le potenzialità della metodologia. Tuttavia, durante le sperimentazioni, è stato possibile apprezzare il sostanziale beneficio apportato da un utilizzo informato, sin dalle fasi di modellazione architettonica nel software di authoring dell'edificio da analizzare nel software BEM, della tecnologia BIM²⁴. Nei processi "tradizionali" il tecnico responsabile crea il modello energetico direttamente nel software di analisi energetica, acquisendo, nella quasi totalità dei casi, i dati in maniera frammentata, da diversi protagonisti, su archivi digitali e/o cartacei dislocati in luoghi differenti e redatti in diversi formati. Questo può portare a inesattezze per errorea interpretazione degli elaborati e per errorea valutazione dello stato di conservazione, con conseguenti possibili ricadute sulla definizione delle performance e degli interventi. Per ridurre il più possibile il tempo necessario per la creazione del modello, normalmente, si tende a semplificare significativamente la geometria e il livello di dettaglio del modello, con conseguenti, possibili inesattezze nel calcolo effettivo delle prestazioni dell'edificio. Per questo e per la complessità della progettazione energetica degli edifici, nel processo tradizionale si tende ad approfondire l'analisi energetica solo nelle fasi avanzate della progettazione, quando le possibilità di scelta e di ottimizzazione energetica sono limitate da scelte progettuali già stabilite e definite.

L'utilizzo della metodologia BIM per la fase di analisi energetica consente, di contro, l'ottimizzazione del processo lungo l'intero ciclo di vita del bene, con ricadute sugli ulteriori usi e aspetti alla stessa collegati. Nonostante le problematiche di interoperabilità che si sono riscontrate e le ottimizzazioni che si sono rese necessarie, derivare il modello energetico dal modello informativo BIM ha portato a creare un modello informativo energetico più coerente e completo sia nella geometria sia nel contenuto informativo, ottenendo una sostanziale riduzione delle inesattezze e delle incongruenze e una riduzione dei tempi di realizzazione.

Ancora, la possibilità di restituire i risultati della diagnosi (capitolo 5) arricchendo il modello informativo dei dati dei parametri energetici derivanti dal rilievo e dalle simulazioni energetiche effettuate su un modello validato con i consumi reali, avrà ricadute positive sulle fasi successive sia per la riduzione dei tempi (es. per l'acquisizione dei dati di input della progettazione MEP, sia sulla qualità dei dati (es. più puntuale valutazione delle performance con riduzione del gap energetico).

7 Validazione della metodologia

Le **Linee guida per Diagnosi energetiche con metodologia BIM**, predisposte nell'ambito del presente lavoro di ricerca, potranno costituire l'integrazione tecnico-normativa per l'utilizzo in un processo BIM delle "Linee Guida per le diagnosi energetiche degli edifici", sviluppate e già validate in Commissione Tecnica CTI (Comitato Termotecnico Italiano) e pubblicate con norma UNI/TR 11775:2020.

Il decreto n. 312 del 2 agosto 2021, modificando il precedente DM 560/2017, ha aggiornato la tempistica sull'obbligatorietà dell'uso di metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture negli appalti pubblici, prevedendo punteggi premiali per l'uso del BIM negli appalti pubblici finanziati dal Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e dal Piano nazionale degli investimenti complementari (PNC). Dal 2025, l'uso della metodologia BIM sarà obbligatorio per tutti gli appalti pubblici per opere di nuova

²⁴ Le Linee Guida elaborate, che includono delle raccomandazioni per la modellazione BIM finalizzata ad analisi di tipo energetico, muovono esattamente da questo tipo di considerazioni.

costruzione e interventi su costruzioni esistenti, eccettuate le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione di euro.

Si ritiene pertanto il presente lavoro una buona base di partenza per le discussioni in Commissione Tecnica CTI in merito all'integrazione degli aspetti BIM all'interno di un'eventuale revisione della UNI/TR 11775:2020.

8 Conclusioni

Nell'importante sfida lanciata a livello UE di raddoppiare il tasso annuale di riqualificazione energetica degli edifici entro il 2030, il Building Information Modeling (BIM) rappresenta una straordinaria opportunità per i suoi numerosi vantaggi, in tutte le fasi del processo. Il BIM consente la creazione di modelli accurati di edifici sia dello stato di fatto che di progetto che possono essere importati anche in software per analisi specialistiche come lo studio delle prestazioni energetiche e, allo stesso tempo, costituiscono banche dati digitali, facilmente consultabili e aggiornabili di tutti i tipi di informazioni su un edificio. Tuttavia, diverse problematiche continuano a ostacolare il pieno utilizzo del BIM per le analisi energetiche, fra le quali, ad esempio, problemi di interoperabilità tra software di authoring e di analisi energetica, la mancanza di conoscenze dei professionisti non solo dal punto di vista tecnico-operativo, ma anche in relazione ai benefici del BIM nonché le difficoltà connesse all'adozione di un approccio per tanti versi nuovo alla gestione di progetti e processi²⁵.

È proprio sull'eliminazione (o, più semplicemente, la riduzione) di questi ostacoli che si è concentrata la presente linea di attività, con l'obiettivo di fornire un contributo per una maggiore diffusione del BIM anche nel campo della riqualificazione energetica degli edifici esistenti.

Nel corso della prima annualità di ricerca [1], attraverso una panoramica sullo **stato dell'arte degli strumenti, degli standard e dei metodi per il Building Information Modeling (BIM)** per edifici ad alta efficienza energetica, si è cercato di fornire un contributo per una migliore conoscenza – e, quindi, per una maggiore diffusione e promozione – del BIM con uno specifico riferimento alle tematiche della riqualificazione energetica e, in particolare, a quella fase fondamentale di conoscenza e studio degli edifici esistenti e delle loro prestazioni, che è rappresentata dalla diagnosi energetica. Analizzando e passando in rassegna le tecnologie hardware e software sul mercato a disposizione dei professionisti, si sono mostrati i numerosi vantaggi che l'approccio BIM può apportare – già a partire dalle fasi iniziali di rilievo e di analisi delle prestazioni del sistema fabbricato-impianto – per semplificare il lavoro dei tecnici, migliorare la precisione e la qualità del lavoro di diagnosi, ridurre tempi e costi del processo. Ma per attuare tutte le potenzialità del BIM e ottenere i benefici della collaborazione tra i professionisti del processo è necessario un approccio universale basato su flussi di lavoro, procedure e standard di tipo aperto e non proprietario (Open BIM); per questo il lavoro ha compreso anche lo studio degli standard internazionali esistenti per verificarne la completezza e/o le carenze quando usati per la diagnosi energetica, evidenziando, la necessità di standardizzazione del processo in ottica open BIM.

Nel corso della seconda annualità [2], la ricerca si è maggiormente addentrata nel processo specifico di analisi energetica di un edificio esistente "in ambiente BIM", a partire da un caso studio. Per questo, di un edificio per uffici sito nel Comune di Roma, è stato costruito un modello BIM in un software di *authoring*, che è stato successivamente importato sotto forma di file IFC in un software di analisi energetica certificato ai sensi della normativa italiana. L'esecuzione di questo processo, che ha richiesto numerose iterazioni e ottimizzazioni, a partire da casi studio concreti, è stata di grande importanza per l'individuazione di vantaggi e svantaggi relativi all'impiego del BIM nell'ambito della diagnosi e della riqualificazione energetica degli edifici esistenti, per l'**identificazione delle problematiche di interoperabilità e di eventuali soluzioni a supporto di tecnici e**

²⁵ Si pensi, ad esempio, alla necessità di ingenti investimenti iniziali per la formazione dei professionisti nonché per l'acquisto delle strumentazioni hardware e software richieste; si pensi altresì ai tempi per la conversione dei processi aziendali in ambiente BIM.

case software. Nonostante si sia partiti da un caso studio specifico e si siano utilizzati dei software specifici (uno di authoring e uno per l'analisi energetica) si è cercato di trarre delle considerazioni generali. Inoltre, la ricerca di soluzioni per una interoperabilità piena non legata a specifici software proprietari, ha portato ad utilizzare una metodologia basata su standard internazionali (IDM/MVD, Information Delivery Manual/Model View Definition) e uno schema dati aperto (IFC, Industry Foundation Classes). Il contributo della ricerca all'implementazione di un IDM specifico per le diagnosi energetiche è stato la definizione del work-flow e del flusso informativo del processo di diagnosi (mappa di processo) e la definizione dei parametri minimi necessari per l'esecuzione della stessa.

L'ultimo anno di ricerca – di cui questo report riassume i principali risultati – prende le mosse dalle considerazioni fatte e dalle problematiche individuate nel corso degli anni precedenti e ha perseguito un obiettivo centrale: la redazione di **linee guida per diagnosi energetiche degli edifici in ambiente BIM** per la standardizzazione del processo di gestione informativa della diagnosi energetica di edifici all'interno della piattaforma aperta BIM.

Queste integrano le già pubblicate Linee Guida per le diagnosi energetiche degli edifici [3] e seguono passo per passo l'iter in esse definito. Per ciascuna tappa del processo, specificano di quali cambiamenti, nuovi documenti e nuovi soggetti l'adozione della metodologia open BIM rende necessaria l'introduzione, anche attraverso il supporto grafico di schemi a blocchi e mappe di processo basate sulla metodologia BPMN.

Per meglio comprendere le implementazioni proposte dalle linee guida, occorre tenere presente il principio che è alla base della metodologia BIM: ogni singola attività che interviene lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio, deve essere progettata e sviluppata nella visione dell'intero processo edilizio, considerando le imprescindibili collaborazioni con gli altri protagonisti, in un continuo e aperto scambio informativo volto a rispondere ai requisiti espressi dal soggetto proponente.

Le linee guida definite nel presente lavoro contengono, inoltre, un elenco di **raccomandazioni per la definizione di modelli ottimizzati per l'importazione nei software di analisi energetica** ossia per rendere questo passaggio il più scorrevole possibile. Tali raccomandazioni sono state elaborate a partire dal lavoro su casi studio portato avanti nel corso della seconda e della terza annualità di ricerca e hanno molteplici obiettivi. Prima di tutto, sono finalizzate a supportare e semplificare il lavoro dei tecnici che effettuano le analisi sui software energetici, attraverso l'individuazione di accorgimenti generali per la modellazione, che possono ridurre errori e perdita di informazioni in fase di importazione del modello nel software di analisi, aspetti che ostacolano il pieno ricorso al BIM per le analisi energetiche nonché lo sfruttamento delle sue potenzialità. Dall'altro, hanno l'obiettivo di porre l'attenzione sulle problematiche che non possono essere risolte "semplicemente" attraverso la modellazione e che, quindi, richiedono soluzioni a livello di software o a livello di standard, stimolando la ricerca di soluzioni condivise, di carattere generale, che potranno costituire la base per sviluppi futuri della ricerca in questo campo. La lettura e lo studio di queste linee guida potrà, ad esempio, essere utile anche alle case software per l'ottimizzazione di alcune delle problematiche in esse sollevate.

Parallelamente, oltre a costituire un importante supporto per una modellazione energetica dell'esistente più rapida e accurata, il modello BIM di un edificio costituisce una vera e propria banca dati digitale, aperta a tutti, facilmente consultabile e aggiornabile di tutte le informazioni necessarie alla definizione degli usi previsti dal soggetto proponente. In quest'ambito si è collocato il lavoro di individuazione di **Pset personalizzati da associare al modello informativo dello stato di fatto di un edificio con l'obiettivo di restituire i risultati di una diagnosi energetica**²⁶ all'interno di un contenitore informativo denominato modello post-diagnosi, non solo per una corretta e completa descrizione dell'edificio oggetto di diagnosi, ma anche ai fini di un'eventuale "catalogazione" dello stesso secondo parametri energetici specifici. Restituire in ambiente BIM la diagnosi energetica, significa rendere anche più facilmente consultabile e utilizzabile il lavoro dei tecnici diagnostici, anche nell'ottica della pianificazione e realizzazione degli interventi proposti, della futura gestione e manutenzione dell'edificio, nonché della conoscenza più approfondita del costruito.

²⁶ Tradizionalmente distribuiti all'interno di una molteplicità di documenti: rapporto di diagnosi, fogli di calcolo, file del modello energetico (analizzabili soltanto da chi sia in possesso del software proprietario necessario per aprirli), ecc...

Il modello informativo dell'edificio diventa un vero e proprio "fascicolo digitale del fabbricato", contenente tutte le informazioni necessarie alla caratterizzazione dell'edificio e delle sue prestazioni energetiche, facilmente disponibili e immediatamente leggibili da decisori e committenti. L'obiettivo di questo lavoro è stato infatti anche quello di valorizzare il lavoro dei professionisti che svolgono audit energetici, evidenziando il potenziale del BIM per una maggiore conoscenza e digitalizzazione del patrimonio edilizio.

L'ampia diffusione di questi parametri energetici a livello nazionale potrebbe dare un grande impulso in questo senso, superando il limite intrinseco legato all'utilizzo di Pset personalizzati e non di Pset definiti a livello di standard (del resto, i parametri che produce sono basati su metodologie di calcolo definite dalla normativa italiana²⁷). Ciò sarà possibile, da un lato, attraverso la **pubblicazione e adozione come riferimento tecnico-normativo delle linee guida** di cui al presente lavoro sul territorio nazionale (ad esempio, come addendum o integrazione del rapporto UNI/TR 11775:2020 [3]), dall'altro, attraverso l'**implementazione da parte delle case software di tali parametri** – codificati secondo lo schema indicato in Tabella 9 – **nei file IFC esportati dagli applicativi per l'analisi energetica** del mercato italiano.

Quest'ultimo aspetto, in particolare, potrebbe sicuramente dare un forte impulso all'adozione e alla diffusione dei Pset proposti all'interno di questo lavoro, garantendo l'esportazione, mediante file IFC, di modelli informativi degli edifici oggetto di diagnosi, già arricchiti dei risultati delle analisi energetiche effettuate e compilati automaticamente secondo le indicazioni di cui alla Tabella 9, senza richiedere ai professionisti particolari oneri aggiuntivi per la loro implementazione all'interno dei modelli della diagnosi. Un altro tema di possibile sviluppo potrebbe riguardare la creazione di interfacce semplificate che permettano la compilazione diretta di questi specifici parametri energetici all'interno di applicativi BIM viewer.

La progressiva obbligatorietà dell'applicazione del BIM negli appalti pubblici contribuirà certamente alla sua diffusione nell'industria delle costruzioni, anche nel settore privato. Ma è importante accrescere la consapevolezza di tutti i protagonisti del settore che la digitalizzazione del processo non è solo un obbligo normativo, bensì rappresenta un'opportunità da scegliere. Questo tanto più se si considera che il processo costruttivo è molto più complesso che in passato per: tecnologie, numero sempre crescente di attori coinvolti, ma soprattutto per i sempre più stringenti obiettivi di sostenibilità in tutte le fasi del ciclo di vita.

I benefici che possono derivare dall'uso della metodologia BIM anche relativamente agli aspetti energetici sugli edifici esistenti, possono essere rilevanti (in termine di riduzione dei tempi e dei costi, di riduzione del cosiddetto *energy gap*, di qualità e attendibilità dei dati, ...) e sempre maggiori saranno quando il processo BIM sarà pienamente interoperabile lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio e coinvolgerà tutti gli stakeholder della filiera.

²⁷ Un possibile prosieguo dell'attività di ricerca, nella direzione della massima interoperabilità delle Diagnosi Energetiche in ambiente BIM, potrebbe prevedere l'individuazione delle corrispondenze di tali parametri all'interno dello standard IFC secondo le indicazioni del comitato buildingSMART e la proposta di nuovi parametri da implementare a livello di standard.

9 Riferimenti bibliografici

- [1] G. Centi, F. Margiotta, M. Morini, L. Pazzola, “Stato dell’arte degli strumenti, degli standard e dei metodi per il Building Information Modeling (BIM) per edifici ad alta efficienza energetica”, Report Ricerca di Sistema Elettrico, Dicembre 2019.
- [2] G. Centi, M. Morini, “Le Diagnosi Energetiche nel Processo BIM: requisiti informativi, workflow e indicazioni per l’Open BIM”, Report Ricerca di Sistema Elettrico, Dicembre 2020.
- [3] UNI/TR 11775:2020. Diagnosi Energetiche - Linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici.
- [4] ISO/IEC 19510:2013(E), Information technology - Object Management Group Business Process Model and Notation, novembre 2013, disponibile al link: <https://www.omg.org/spec/BPMN/ISO/19510/PDF>.
- [5] UNI EN ISO 19650-1 Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi.
- [6] Quick Guide Business Process Modeling Notation (BPMN), IDM Technical Team January 2007. Disponibile al link: https://standards.buildingsmart.org/documents/IDM/IDM_guide-QuickGuideToBPMN-2007_01.pdf.
- [7] UNI EN ISO 19650-2:2019 Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 2: Fase di consegna dei cespiti immobili.
- [8] UNI 11337-5:2017 “Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati”.
- [9] A. Ferrara, E. Feligioni, “Come redigere il capitolato informativo secondo la metodologia BIM. GUIDA PRATICA - aggiornato a D.M. 560/2017 e UNI 11337:2017”, 2018. Dario Flaccovio Editore.
- [10] Ibimi /buildingSmart Italia, “Linee Guida per la corretta compilazione della sezione tecnica dei Capitolati Informativi in riferimento al formato file (Versione: 1.0)”, 2019. Disponibile al link: <https://www.buildingsmartitalia.org/utenti/pubblicazioni/capitolati-informativi/> (Accesso 16 giugno 2021).
- [11] A. Pavan, D. Cavallo, C. Mirarchi, “Piano di Consegna delle Informazioni (Information Delivery Planning - IDP)”, 2020. Disponibile al link: <https://www.ingenio-web.it/25997-piano-di-consegna-delle-informazioni-information-delivery-planning---idp> (Accesso il 6 settembre 2021).
- [12] <https://bimportal.scottishfuturestrust.org.uk/level2/stage/4/task/38/master-information-delivery-plan>.
- [13] Regione Umbria, “Capitolato Speciale Descrittivo e Prestazionale del processo BIM. Affidamento del servizio di progettazione definitiva ed esecutiva relativa all’intervento “Adeguamento sismico ed efficientamento energetico dell’edificio di Piazza Partigiani a Perugia”, 2019. Disponibile al link: <https://www.regione.umbria.it/documents/18/24963114/CAPITOLATO+BIM.pdf/af41a03c-ce10-4985-a677-e0cdb74d2b84> (Accesso 16 giugno 2021).
- [14] <https://www.agenziademanio.it/opencms/it/gare-aste/lavori/gara/Procedura-aperta-audit-sismico-energetico-PFTE-Regione-Sicilia>.
- [15] Agenzia del Demanio, “BIMSM Specifica Metodologica – Rilievo. Procedura aperta, ai sensi dell’art. 60 del d.lgs. 50/2016 e ss.mm.ii., per l’affidamento del servizio di verifica della vulnerabilità sismica, diagnosi energetica, rilievo geometrico, architettonico, tecnologico ed impiantistico da restituire in modalità BIM, e progettazione di fattibilità tecnico-economica da restituire in modalità BIM per taluni beni di proprietà dello Stato, siti nella Regione Sicilia”, 2018. Disponibile al link:

https://www.agenziademanio.it/export/sites/demanio/download/documentigare/181219_DRS_Allegato-2-Processo-BIM-Rilievo.pdf (Accesso 16 giugno 2021).

- [16] Human Technopole “Human Technopole, Il Nuovo Headquarter. Capitolato Informativo BIM - Progettazione Definitiva - Progettazione Esecutiva”, 2020. Disponibile al link: http://www.headquartersht.concorrimi.it/allegati/06_Capitolato%20Informativo%20BIM%20-%20Progettazione%20Definitiva%20-%20Progettazione%20Esecutiva.pdf (Accesso 16 giugno 2021).
- [17] Università degli Studi di Roma La Sapienza. “Verifica di Vulnerabilità Sismica Patrimonio Edilizio Sapienza Università di Roma. Capitolato Informativo Specifiche tecniche di modellazione e di gestione informativa”, 2018. Disponibile al link: https://web.uniroma1.it/gareappalti/sites/default/files/2_CAPITOLATO%20INFORMATIVOSPECIFICHE%20TECNICHE%20DI%20MODELLAZIONE%20E%20GESTIONE%20INFORMATIVA.pdf (Accesso 16 giugno 2021).
- [18] Regione Campania “Capitolato Informativo Servizi tecnici di ingegneria ed architettura”, 2019. Disponibile al link: https://www.soresa.it/application/CTL_Library/functions/field/DisplayAttach.ASP?OPERATION=DISPLAY&FIELD=Allegato&PATH=%2E%2E%2F&TECHVALUE=ELABORATO%205%20-%20Capitolato%20informativo.pdf*pdf*2266665*4A71C4F0DD6B408A99CD6635442CCE5E*SHA256*2E611A930B545D0EF75DCA9CB258D59B7547D9E3AF9C9C803EAC7D015450B075 (Accesso 16 giugno 2021).
- [19] Calabrese, N., Carderi, A., Lavinia, C., Caffari, F., & Passafaro, E. (2019). LINEE GUIDA PER LA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI PUBBLICI, Report disponibile al link: <http://www.espa.enea.it/prodotti-servizi/linee-guida-per-la-diagnosi-energetica-degli-edifici-pubblici.html>.
- [20] UNI/TR 11337-6:2017 “Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo”.
- [21] <http://www.pronext.it/la-metodologia-bim-nella-fase-di-progettazione/> (Accesso 3 giugno 2021).
- [22] UNI 11337-1:2017 “Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi”.
- [23] S. Rostagno, “Ambienti di Condivisione Dati (ACDat): focus sulla titolarità di tali ambienti”, disponibile al link: <https://www.ingenio-web.it/29319-ambienti-di-condivisione-dati-acdat-focus-sulla-titolarita-di-tali-ambienti> (Accesso 30 giugno 2021).
- [24] “Cosa ci vuole per fare un CDE?” Disponibile al link <https://blog.archicad.it/bim/cosa-ci-vuole-per-fare-un-cde> (Accesso 30 giugno 2021).
- [25] “Common Data Environment e BIM management: cos’è e come funziona?”, disponibile al link <http://www.smartspace.it/it/common-data-environment-e-bim-cosa-e-come-funziona/>, (Accesso 1 luglio 2021);
- [26] Biblus-net, “Come si redige il Capitolato Informativo secondo la UNI 11337-6 (Parte 2)”, disponibile al link <https://biblus.acca.it/si-redige-capitolato-informativo-secondo-la-uni-11337-6-parte-2/>, (Accesso 5 luglio 2021).
- [27] UNI CEI EN 16247-5:2015: Diagnosi energetiche - Parte 5: Competenze dell’auditor energetico.
- [28] UNI 11337-7:2018: Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.
- [29] PdR 78:2020: Requisiti per la valutazione di conformità alla UNI 11337-7:2018 “Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di

conoscenza, abilità e competenza delle figure professionali coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.

- [30] UNI EN ISO 29481-1:2017 Modelli di informazioni di edifici - Guida per lo scambio di informazioni - Parte 1: Metodologia e formato.
- [31] G. I., Giannakis, K. Katsigarakis, G. N. Lilis, S. Alvarez-Dìaz. "Guidelines for OptEEmAL BIM Input Files", disponibile al link: https://www.opteemal-project.eu/files/guidelines_for_opteemal_bim_input_files_v11.pdf.
- [32] Agenzia del Demanio, "Linee Guida di Produzione Informativa BIM", ADM2021-ADM-METHODSTP-XX-MS-Z-G00001. Disponibile al link: https://www.agenziademanio.it/export/sites/demanio/download/documentigare_2021_2bis/09_AD M2021-ADM-METHODSTP-XX-MS-Z-G00001.pdf (Accesso 10 ottobre 2021).
- [33] P. Borin, E. Casagrande, C. Cecchini, M. Scarpa, C. Vianello, "Stato dell'arte e proposte per la piena interoperabilità nella progettazione e gestione dell'uso energetico di edifici ZEB in prospettiva Open BIM", Report Ricerca di Sistema Elettrico, dicembre 2020.
- [34] P. Borin, E. Casagrande, A. Ducoli, M. Scarpa, C. Vianello, "Integrazione dell'Open BIM nei processi di progettazione, costruzione e gestione di edifici ZEB (Zero Energy Building): vantaggio competitivo e benefici operativi", Report Ricerca di Sistema Elettrico, dicembre 2021.
- [35] BiblusBIM. "IfcPropertySet: le proprietà degli oggetti IFC", Marzo 2020. Disponibile al link: <https://bim.acca.it/ifcpropertyset-le-proprieta-degli-oggetti-ifc/> (Accesso 10 gennaio 2022).
- [36] Autodesk. "Manuale dello standard IFC per Revit. Istruzioni dettagliate per l'utilizzo dei file IFC" (2018). Disponibile al link: <http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/emea/docs/impl-180213-ifc-handbuch-it.pdf> (accesso gennaio 2022).
- [37] Ehsan Kamela, Ali M. Memari, "Review of BIM's application in energy simulation: Tools, issues, and solutions", Automation in construction (Online), volume n. 97 (2019), pp. 164-180.
- [38] A. Andriamamonjy, D. Saelens, and R. Klein (2018b), "A combined scientometric and conventional literature review to grasp the entire BIM knowledge and its integration with energy simulation", Journal of Building Engineering 22, 513-527.
- [39] R. Eadie, M. Browne, H. Odeyinka, C. Mckeown, S. Mcni, "BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle : An analysis, Automation in Construction" 36 (2013), 145–151.
- [40] K. Barlish, K. Sullivan, "How to measure the benefits of BIM A case study approach", Automation in Construction 24 (2012) 149–159.
- [41] E. D. Giacomo, "BIM, trends from all around the world", European BIM summit, Barcellona, 13 febbraio 2015, Autodesk, Inc., p. 51.
- [42] E. Petrova, I. Romanska, M. Stamenov, K. Svidt, R. Jensen, "Information exchange between BIM, energy performance analysis and sustainability assessment in conceptual design", master thesis project report, Aalborg University, (2016).
- [43] A. Schlueter, F. Thesseling, "Building information model based energy / exergy performance assessment in early design stages, Automation in Construction 18 (2) (2009) 153–163.
- [44] J. T. O'Donnell, T. Maile, C. Rose, N. Mrazović, E. Morrissey, C. Regnier, K. Parrish and V. Bazjanac, "Transforming BIM to BEM: Generation of Building Geometry for the NASA Ames Sustainability Base BIM", Ernest Orlando Lawrence Bekley National Laboratory (LBNL-6033E), January 2013.
- [45] M. Van Dessel, T. Maile, J. O'Donnell, "BIM to Building Energy Performance Simulation: An Evaluation of Current Transfer Processes", 16th IBPSA Conference, Roma, 2-4 Sett., 2019.

- [46] IJ Ramaji, JI Messner, E Mostavi, "IFC-Based BIM-to-BEM Model Transformation", *Journal of Computing in Civil Engineering*, 34 (3), (2020).
- [47] V. Bazjanac, T. Maile, C. Rose, J. O'Donnell, E. Morrissey, B. R. Welle, "An assesment of the use of building energy performance simulation in early design", in: 12th International Conference of the International Building Performance Simulation Association (IBPSA), BS2011, no. 1531, 2011.
- [48] R. Volk, J. Stengel, F. Schultmann, "Building Information Modeling (BIM) for existing buildings Literature review and future needs", *Automation in Construction* 38 (2014) 109–127.
- [49] V. Bazjanac, "Acquisition of Building Geometry in the Simulation of Energy Performance, in: *Building Simulation 2001*", 7th International IBPSA Conference, Rio De Janeiro. International Building Performance Simulation Association, Rio de Janiero, 2001.
- [50] V. Bazjanac, D. Crawley, "Industry foundation classes and interoperable commercial software in support of design of energy –efficient buildings", in: *building simulation 1999*, 1999, pp. 1–7.

10 Abbreviazioni ed acronimi

ACDat	Ambiente di Condivisione dei Dati
ADM	Agenzia del Demanio
AIM	Asset Information Model - Modello Informativo del cespite immobile
AIR	Asset Information Requirements - Requisiti Informativi del cespite immobile
BIM	Building Information Modeling
BCF	BIM Collaboration Format
BEMS	Building Energy Management System
BEPS	Building Energy Performance Standard
BMS	Building Management System
BPMN	Business Process Modeling Notation
bSI	BuildingSMART International
CDE	Common Data Environment
CI	Capitolato Informativo - (EIR per la UNI EN ISO 19650)
DE	Diagnosi Energetica
DOC	Level of Documentation
EIR	Requisiti di scambio delle informazioni (Exchange Information Requirements) - (CI per la UNI 11337)
ICBS	Information Container Breakdown Structure
IDM	Information Delivery Manual – Manuale di consegna delle informazioni
IDP	Information Delivery Planning - Piano di Consegna delle informazioni.
IFC	Industry Foundation Classes
IoT	Internet Of Things
HVAC	Heating, Ventilation and Air-Conditioning.
LOD	Level of Development (USA), Level of Definition (UK), Livello di sviluppo informativo (IT)
MEP	Mechanical Electrical Plumbing
MIDP	Master Information Delivery Plan – Piano di consegna delle informazioni principali
MVD	Model View Definition - Definizione della vista di modello
oGI	Offerta di gestione informativa
OIR	Organization Information Requirements - Requisiti Informativi dell'organizzazione
pGI	Piano di gestione informativa
PIM	Project Information Model - Modello Informativo della commessa
PIR	Project Information Requirements - Requisiti Informativi della commessa
REDE	REferente della Diagnosi Energetica
TIDP	Task Information Delivery Plan – Piano di consegna delle informazioni dell'attività
UNI	Ente Italiano di Normazione
WBS	Work Breakdown Structure
ZEB	Zero Energy Building