

Abstract

La gestione dei fabbricati esistenti è un argomento molto complesso che diventa estremamente sensibile nel caso delle infrastrutture puntuali come quelle sanitarie. Grazie allo sviluppo della metodologia BIM (Building Information Modelling) le esigenze legate alla conoscenza del livello impiantistico possono essere implementate con la digitalizzazione dell'edificio esistente.

Prendendo in esame l'infrastruttura sanitaria di rilievo quale l'Ente Ospedaliero Galliera, l'obiettivo della tesi è stato quello di fornire delle linee guida per l'informatizzazione degli aspetti impiantistici (Mechanical) e allo stesso tempo sensibilizzando le figure professionali (target user) alla cultura BIM attraverso degli applicativi. Tale processo porta a migliorare il livello di conoscenza impiantistico finalizzato alla gestione con software di Facility Management per la manutenzione del bene edilizio in oggetto.

La facilità di utilizzo degli strumenti di visualizzazione hanno portato a creare un approccio alternativo: in realtà aumentata tramite l'utilizzo di app che consentano alle figure coinvolte nel processo di consultare informazioni utili finalizzate alla manutenzione; attraverso la realtà virtuale, permettendo di navigare il modello tramite l'impiego di visori.

Sommario

Abstract	1
1. Introduzione.....	5
1.1. Il caso studio.....	7
1.2. Metodologia	10
1.3. BIM: (Building Information Modelling/Model)	12
1.3.1. La normativa di riferimento	14
1.3.2. I livelli di dettaglio (LOD)	16
1.3.3. HBIM.....	20
1.4. Modalità innovative di visualizzazione.....	21
2. Digitalizzazione del costruito	27
2.1. Modellazione BIM per il FM per edifici esistenti.....	27
2.1.1. Esigenze e Target User	30
2.2. Raccolta documentazione e attività di rilievo	31
2.3. Metodologia per la modellazione e il Facility Management.....	33
2.4. Modellazione MEP.....	34
2.4.1. Ambiente di lavoro condiviso.....	34
2.4.2. Modello di coordinamento.....	38
2.4.3. Denominazione files	39
2.4.4. Modellazione meccanica	41
2.4.5. Nomenclatura famiglie e tipi.....	48
2.4.6. Parametri.....	56
2.4.7. Gli abachi	58
2.4.8. Codifica.....	60
2.4.10. Classificazione degli oggetti.....	63
2.4.10. Schede LOD (LOG, LOI)	74
3. L'utilizzo dell'AR e VR per la manutenzione degli impianti	89
3.1. Esigenze e Target User	89
3.2. Metodologia per la visualizzazione	90
3.2.1. Applicazione di visualizzazione A360	91
3.2.2. Applicazione di visualizzazione CL3VER.....	94
3.2.3. Applicazione di visualizzazione UNITY.....	97
4. Conclusioni e sviluppi futuri	112
4.1. Criticità riscontrate.....	112
4.2. Conclusioni	114
4.3. Sviluppi futuri	115
Sitografia e Bibliografia	117
Normative e Linee Guida.....	118

INTRODUZIONE

1. Introduzione

Il mondo delle costruzioni negli ultimi anni ha subito un importante cambiamento nell'approccio alla progettazione. Protagonista di questo cambiamento è la metodologia BIM grazie alla quale il processo edilizio sta subendo una evoluzione che lascia posto ad un nuovo modo di interpretare il progetto: ci si allontana dall'elaborazione di documenti CAD lasciando spazio ad un nuovo approccio che concepisce la rappresentazione di una struttura non più in 2D ma in 3D con informazioni database, andando così a migliorare la pianificazione, la progettazione, la costruzione e la gestione degli edifici e coinvolgendo tutti i protagonisti di questo processo. La sua peculiarità è quella di restituire un ambiente di lavoro tridimensionale che permetta di assegnare a ciascun elemento del progetto dei dati che lo caratterizzano in ogni suo aspetto; inoltre è possibile elaborare e combinare queste informazioni in modo da estrarre elaborati tecnici legati a tutto il processo progettuale, realizzativo e manutentivo del modello.

In un progetto "as is" come nel caso dell'Ente Ospedaliero Galliera, il metodo BIM trova reale impiego nella fase manutentiva e gestionale riferita a tutte le parti che costituiscono l'edificio, specialmente in quella legata agli impianti che richiedono maggiore attenzione in termini di manutenzione e gestione.

Il modello BIM contiene le informazioni legate alle componenti che costituiscono l'intero progetto ed esse vengono raccolte in un database all'interno del quale vanno ad archiviarsi

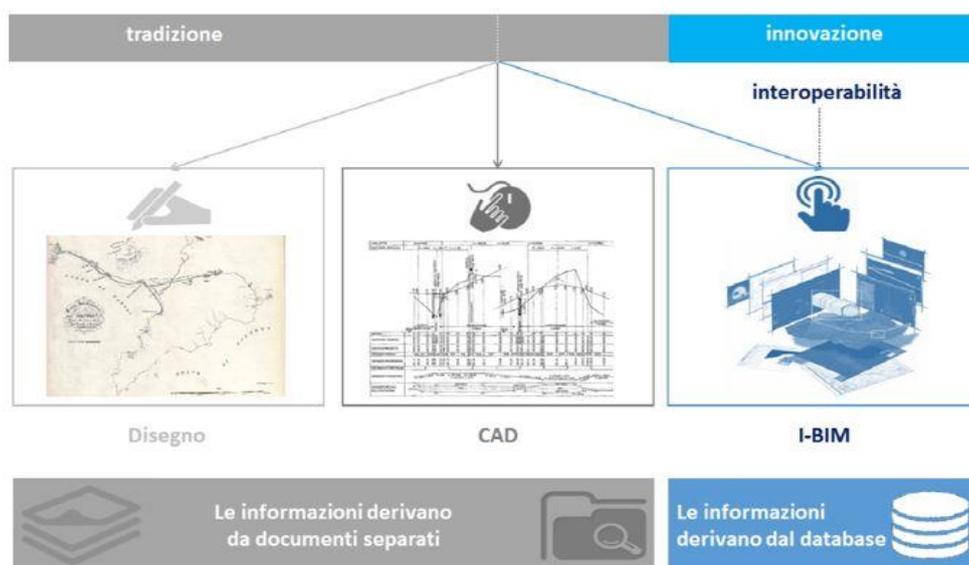


Figura 1-Digitalizzazione delle infrastrutture-fonte: <https://www.ingenio-web.i>

L'obiettivo di questa tesi è quello di avviare un processo di digitalizzazione delle infrastrutture puntuali, esistenti e storiche, finalizzato ad un livello di conoscenza impiantistico. Inoltre è stato possibile validare le potenzialità proposte dalla gestione tramite metodologia BIM, effettuando il passaggio dagli elaborati CAD riferiti agli "as is", al modello 3D parametrico fino a sfruttare l'impiego della realtà virtuale per la visualizzazione e consultazione. Il passaggio dal modello alla realtà virtuale interessa la seconda parte del percorso, che permette al modello BIM di essere navigabile e fruibile con l'utente.

Analizzando l'intero processo, si è partiti dalla modellazione della parte MEP meccanica dell'edificio ovvero quella impiantistica, che oltre ad essere molto complessa è quella più soggetta a manutenzione periodica; da qui la scelta di realizzare un modello BIM che si concentri sul livello di dettaglio, sulla nomenclatura, sulla codifica degli oggetti e a loro classificazione, in modo da creare un qualcosa di fruibile anche dopo e allo stesso tempo vada incontro alle esigenze dettate dal tempo e dai costi.

L'output per la visualizzazione del modello indica una scelta dettata anche dalla volontà di fornire dei supporti multimediali di ultima generazione per una visualizzazione realistica, facilitata ed esaustiva. In particolare è stata testata l'interoperabilità tra due piattaforme web di visualizzazione: A360 e Cl3ver. Essi non sono altro che strumenti di collaborazione che consentono agli ingegneri e progettisti di visualizzare, condividere, esaminare e individuare file di progettazione 2D e 3D e file di progetto in un'unica area di lavoro centralizzata. Tutto ciò è stato realizzato allo scopo di avvicinare sempre più i professionisti, soprattutto i più restii, a scoprire i vantaggi che le moderne tecnologie possono portare.

1.1. Il caso studio

L'edificio oggetto del caso studio è il *padiglione B1* del complesso *Ente Ospedaliero Galliera (EOG)*. Tale struttura fa parte di una struttura sanitaria storica tutt'ora attiva edificata tra il 1877 e il 1888 per volere della duchessa Galliera.

È situato nel quartiere di Carignano, in posizione sopraelevata, ma in prossimità della Fiera del mare di Genova.



Figura 2-Inquadramento complesso ospedaliero-fonte: Google Maps

La struttura si presenta come un edificio storico esistente, in quanto tale ci si trova a doversi interfacciare con la Sovrintendenza per i Beni Storici e Culturali e bisogna sottostare ad una lunga serie di vincoli da parte della stessa.

L'uso del BIM può essere un ottimo strumento per la completa gestione e conoscenza del patrimonio costruito, soprattutto per quanto riguarda le informazioni, esso ci viene in aiuto nel caso di ristrutturazione e ammodernamento di edifici esistenti consentendo il controllo qualità durante la diagnosi, progettazione e realizzazione del lavoro.

Uno degli aspetti più rilevanti da risolvere ai fini della tutela del patrimonio edilizio storico è il livello di conoscenza impiantistico e la sua rispettiva manutenzione. Alla

base di questo aspetto vi è l'importanza di ridare centralità e organicità alla progettazione per le nuove costruzioni donando qualità al prodotto finale e garantendo una completa gestione del costruito per gli edifici esistenti. La metodologia BIM per la modellazione delle informazioni può garantire nel caso EOG un modello integrato, in grado di coordinare le diverse discipline, e risolvere le interferenze individuate.

L'obiettivo è quello di sensibilizzare sempre più i professionisti alla cultura BIM, mostrando gli enormi vantaggi che si possono trarre, ma soprattutto come la tecnologia moderna possa fornire nuovi strumenti atti all'informatizzazione e digitalizzazione del costruito.

Inquadramento generale della struttura

Nell'ambito dell'inquadramento generale della struttura, il complesso ospedaliero presenta più edifici: alle due estremità della manica si possono trovare i due ingressi con affaccio su via Volta, tra loro una lunga galleria con soffitto voltato nella quale si inseriscono i sette padiglioni contrassegnati dalla lettera "B" a spina, restano invece dislocati i padiglioni D, C, E.



Figura 3-Inquadramento generale della struttura

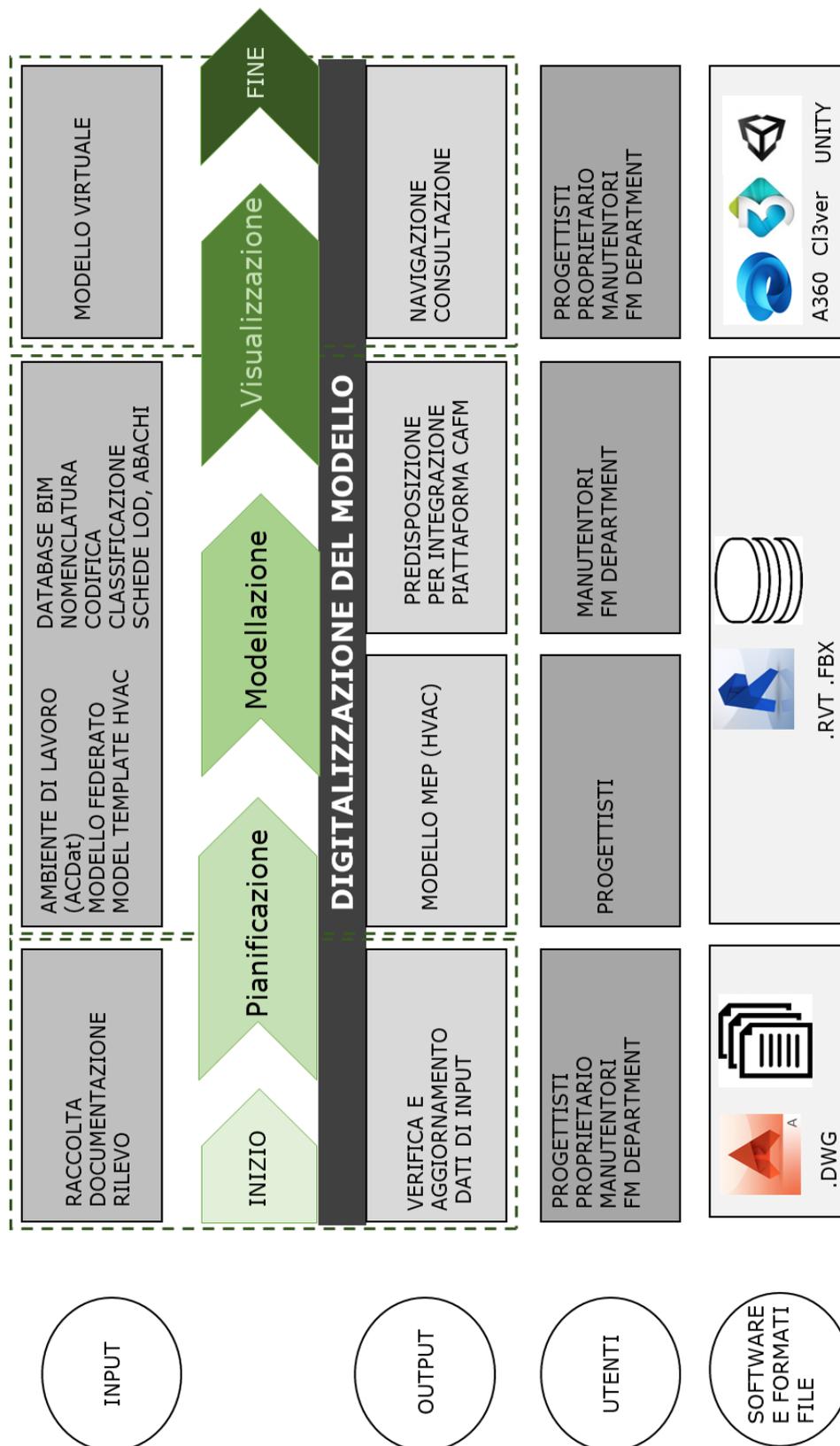
Oggetto di approfondimento è il Padiglione B1 situato alla sinistra dell'ingresso principale di Via Volta, esso è suddiviso nei seguenti reparti:

- Piano Inferiore: Sala Tac, Sala Risonanza
- Piano Terra: Psichiatria
- Piano Ammezzato: Locale tecnico
- Piano Primo: Uffici
- Piano Secondo: Area degenza

Si è scelto di soffermarsi per il caso studio sui locali situati al piano inferiore, essendo questi caratterizzati da un particolare impianto di ventilazione finalizzato alla presenza della sala TAC e della sala risonanza, i locali del piano terra per quanto riguarda il posizionamento dei terminali di areazione e infine il piano ammezzato nel quale vi è il locale tecnico ispezionabile, che ci ha permesso di comprendere il posizionamento dei terminali d'aria del piano zero sottostante. Infine per l'intero edificio e per i piani superiori ci si è soffermati sulla predisposizione dei terminali termici quali: ventilconvettori, split, radiatori, unità moto condensate.

1.2. Metodologia

Si riporta di seguito lo schema metodologico adottato in questa tesi:



In questo capitolo viene descritta la metodologia applicata per il raggiungimento degli obiettivi. E' importante non perdere di vista il fine ultimo del lavoro, soprattutto quando si tratta con edifici complessi come può essere un'infrastruttura ospedaliera, solo così si potranno rispettare i requisiti gestionali richiesti.

La prima parte della tesi si focalizza sull'approfondire gli argomenti da un punto di vista teorico: in primis si introduce il caso studio e la metodologia adottata durante il processo di sviluppo, per poi soffermarsi sugli aspetti normativi legati alla modellazione BIM, tenendo conto che l'edificio in esame è un'infrastruttura di tipo esistente e soggetta a vincoli di tipo storico. (HBIM).

La seconda parte di tipo puramente applicativo, segue due filoni: uno legato al processo di digitalizzazione del modello e la sua integrazione con software di FM, l'altro incentrato sull'interoperabilità del modello BIM con piattaforme di visualizzazione finalizzate ad un certo tipo di Target User.

La fase iniziale del processo metodologico fornisce come dati di input la raccolta della documentazione e l'attività di rilievo che restituisce come dati di output la loro verifica, gli utenti coinvolti in questa fase risultano essere: i progettisti, il proprietario, i manutentori, il FM department.

Il passo successivo ha visto come dati d'ingresso la definizione di un ambiente di lavoro (ACDat), un modello federato di tipo architettonico e un template di riferimento, che hanno contribuito per la realizzazione di un modello MEP di tipo meccanico dell'impianto ospedaliero.

Il processo di digitalizzazione comincia con la definizione della nomenclatura da adottare a tutti i livelli, la codifica e la classificazione degli oggetti del modello creato. Tali informazioni verranno successivamente sfruttate per facilitare l'interoperabilità con il software di FM. Gli utenti interessati in questa fase risultano essere i manutentori e il FM department.

La creazione di un modello virtuale ha permesso di interfacciare il modello con applicazioni di visualizzazione che permettano da un lato la navigazione e dall'altro la consultazione.

Il seguente processo metodologico rappresenta la base di un processo sperimentale che sarà oggetto di sviluppi e approfondimenti futuri, per tutti coloro che si approcceranno allo studio della conoscenza impiantistica e delle discipline future dell'Ente Ospedaliero Galliera.

1.3. BIM: (Building Information Modelling/Model)

Con Building Information Modelling si intende una metodologia di lavoro basata sulla modellazione parametrica di oggetti necessari alla realizzazione di un modello tridimensionale che non si limita alla sola restituzione grafica, ma anche ad essere un vero e proprio database che permette l'inserimento e l'estrapolazione delle informazioni per operazioni di:

- Progettazione
- Simulazione (ad esempio simulazione energetica, calcolo dell'irraggiamento o delle ombre).
- Gestione e manutenzione di un edificio (Facility Management)
- Visualizzazione dei dati

Un'altra parola chiave che contraddistingue il BIM è sicuramente l'interoperabilità tra i software che vengono utilizzati tra i diversi attori coinvolti nel processo costruttivo. Tutti gli attori si scambiano queste informazioni utilizzando dei processi automatizzati e digitalizzati.

Per poter effettuare questo passaggio dal lavorare da file separati (come nei metodi tradizionali) al consolidare tutte le informazioni all'interno dello stesso database bisogna ripensare per intero al processo costruttivo.

Attualmente interagiamo con professionisti che svolgono ciascuno la loro singola parte con gli inevitabili errori che ne derivano quando si arriva a confrontarsi su uno stesso progetto. Per questo si cerca di spostarsi verso una realtà in cui tutti gli elementi vengono condivisi tra i professionisti consentendo ad ognuno di loro di lavorare in maniera ottimale, attraverso l'uso dello stesso software o usando gli stessi formati e standard su applicazioni diverse. Occorre constatare che per la maggior parte dei dati non è necessaria la loro compilazione manuale sugli appositi software, ma possono essere estratti in maniera automatica dal modello BIM, rappresentando così uno dei grandi punti di forza di questa nuova metodologia.

Lo sviluppo della metodologia BIM si differenzia dai precedenti metodi tradizionali, caratterizzati dal disegno cartaceo prima e dei metodi CAD (Computer Aided Design) dopo, in quanto si tratta di due modi completamente diversi di intendere la progettazione e di approcciarsi ad un processo edilizio.

Già nel corso degli anni '60 e '70 l'industria (in particolar modo quella automobilistica, navale ed aerea) si diede all'uso della metodologia CAD

per godere di maggiore rapidità di elaborazione nei progetti e ridurre gli errori. In edilizia, però, l'utilizzo del CAD da parte dei progettisti prende piede solo dagli anni '80 e da questo momento si ebbe una progressiva diffusione negli anni successivi. La differenza sostanziale tra un approccio CAD tradizionale e il metodo BIM, non è riconducibile alla sola rappresentazione tridimensionale del progetto.

In un metodo CAD ogni aspetto della geometria deve essere editato dall'utente; il progettista organizza la stesura del disegno classificando i vari elementi (muri, porte, finestre ecc.) in layer, cercando di dare un'organizzazione stratigrafica al progetto ed utilizza elementi grafici semplici come linee, polilinee, archi per la rappresentazione dei suddetti elementi. La redazione di piante, prospetti, sezioni o modelli tridimensionali, che viene effettuata in momenti diversi, ha come risultato un maggior rischio di imprecisione. In mancanza di un vero collegamento tra gli elementi del progetto che, se modificati andranno cambiati in tutti i disegni, può facilitare la produzione di elaborati non sempre aggiornati.

L'incorretta comunicazione tra le figure coinvolte nell'iter progettuale e l'elevato numero di documenti presenti durante la progettazione porta molte volte ad errori, spesso scoperti solo durante la posa in opera degli elementi, che comportano l'allungamento dei tempi di realizzazione oltre a costi imprevisti.

Ciò non avviene nella metodologia BIM dove tutta la documentazione di progetto fa riferimento ad un unico database, i dati sono coordinati, coerenti e non ridondanti, in modo tale che l'informazione sia sempre aggiornata, riducendo il minimo rischio di errore.

Mentre per la progettazione e la realizzazione degli edifici i vantaggi offerti dal Building Information Modelling sono ormai consolidati, per quanto riguarda la gestione e manutenzione, invece, sono ancora presenti varie problematiche causate da diversi fattori:

- Difficile reperimento di materiale digitale, in particolare per gli edifici di non recente realizzazione;
- La mancata conoscenza da parte dei professionisti del settore della metodologia BIM;
- La difficoltà di modellazione degli edifici esistenti, soprattutto quelli storici.

Il successo dei progetti che usano BIM per il *Facility Management* dipende per lo più dalla capacità di andare a determinare e definire le informazioni necessarie di

ogni singolo oggetto, per la sua corretta implementazione nel modello Revit; implementazioni che a sua volta possono essere esportate e fatte interagire con un software di FM. Non sono da sottovalutare le problematiche legate all'interoperabilità dei due software, spesso legate anche alla codifica e nomenclatura degli elementi.

Il tema del Historic Building Information Modelling (H-BIM), sta diventando sempre più importante, esso si differenzia dal BIM per il tipo di informazioni che vengono raccolte nel modello e dalla loro modalità di acquisizione. Se da una parte l'uso del BIM è per lo più finalizzato a coordinare le diverse figure del processo edilizio, differenziando le competenze nei modelli (architettonici, strutturali, impiantistici e di manutenzione) così da pianificarne la realizzazione e computarne le quantità per il cantiere, HBIM si concentra invece sul rilievo, sulla definizione dello stato di conservazione dei luoghi e dei materiali, per meglio pianificarne interventi consapevoli.

1.3.1. La normativa di riferimento

Nella maggior parte dei progetti edili, specie quando si tratta di interventi di manutenzione/ristrutturazione di edifici storici (spesso vincolati dalla soprintendenza) vengono coinvolti più professionisti dalle diverse competenze che avranno come unico scopo quello progettuale. Utilizzare la metodologia BIM comporta che tutti gli attori coinvolti all'interno del processo progettuale debbano concentrarsi anche sulla qualità e trasferibilità dei dati di loro competenza. Passaggio fondamentale risulta quindi il coordinamento e la raccolta dei dati al fine di definire con chiarezza quali informazioni devono o possono essere scambiate e modificate dai vari attori del processo e quali no e soprattutto a che livello di dettaglio deve "spingersi" ogni professionista per quanto riguarda il proprio lavoro.

I livelli che definiscono il grado di approfondimento e la quantità dei dati da fornire sono definiti a livello nazionale nella UNI 11337:2017; tale norma nasce come risposta sia alla Direttiva Appalti Europea sia D.lgs 50/2016.

La DIRETTIVA 2014/24/UE DEL PARLAMENTO e del consiglio del 26 febbraio 2014 sugli appalti pubblici che abroga la direttiva 2004/18/CE all' art.22 comma4 recita: *"gli Stati membri possono richiedere l'uso di strumenti elettronici specifici, quali gli strumenti di simulazione elettronica per le informazioni edilizie o strumenti analoghi", tra i quali può sicuramente essere ricompreso il BIM. Detta norma si*

limitava, tuttavia, a prevedere una mera possibilità di richiedere l'utilizzo di strumenti elettronici – nella traduzione italiana peraltro eliminando l'espresso riferimento alla modellazione – senza renderli obbligatori.”

Con l'entrata in vigore del D.Lgs 50 del 2016, di recepimento della summenzionata Direttiva, come anticipato, il legislatore italiano pone le basi del percorso di elaborazione di nuove norme, in grado di innovare ed integrare le precedenti disposizioni in materia di digitalizzazione.

Nel contesto di un percorso generale di digitalizzazione delle Amministrazioni Pubbliche e dell'intera filiera delle costruzioni, le Stazioni Appaltanti, con l'entrata in vigore del D.Lgs. 50 del 2016, potranno facoltativamente richiedere l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici, per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi; trattasi, pertanto, di una graduale apertura del mercato ai metodi e strumenti specifici, che a tutt'oggi non sono generalmente diffusi tra gli operatori.

L'art. 23 comma 13 individua, ancora, le caratteristiche che devono possedere gli strumenti elettronici specifici: gli stessi utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati di file aperti e non proprietari, con l'evidente scopo di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie. Si prevede inoltre quale preconditione per l'uso dei metodi e strumenti elettronici, la presenza nelle stazioni appaltanti di personale adeguatamente formato.



Figura 4-Suddivisione parti normativa UNI 11337:2017

Il 12.01.2018 è stato pubblicato il Decreto Ministeriale 1 dicembre 2017, n. 560, d'attuazione del medesimo articolo. In esso possiamo trovare l'introduzione della

definizione di "piano di gestione informativa" ed è inoltre prevista un'introduzione graduale dell'obbligo di adozione del BIM, che sarà obbligatorio dal 1° gennaio 2019 per le opere di importo pari o superiore a 100 milioni di euro, e poi via via per importi minori a decorrere dagli anni successivi al 2019 fino alle opere di importo inferiore a 1 milione di euro, per le quali il termine decorre dal 1° gennaio 2025.

Come evidenziato dalla "Relazione di Accompagnamento" al DM 560, il medesimo:

- **Propone al comparto dei lavori pubblici la modellazione e la gestione informativa** come fattori di accrescimento del sistema delle convenienze, per mezzo di un'implementazione graduale ma anche grazie ad una progressiva maturazione culturale, in modo da lasciare comunque impregiudicato il ruolo delle imprese;
- **Punta all'internazionalizzazione delle piccole e medie imprese e dei professionisti** che potranno operare in un contesto internazionale a trazione digitale;
- Rappresenta uno degli interventi finalizzati al raggiungimento di una **migliore qualità dei progetti e delle opere**, criterio ispiratore del D.Lgs. 50 del 2016;
- Mira attraverso la digitalizzazione dei processi, ad una sempre **maggiore trasparenza ed efficienza** dell'intero comparto dei lavori pubblici.

Il Decreto in esame, definisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, individuando altresì il campo di applicazione degli stessi; si precisa infatti che l'utilizzo dei medesimi si estende a tutte le fasi di un'opera, dalla programmazione alla gestione, ivi comprese le attività di verifica.

1.3.2. I livelli di dettaglio (LOD)

Nel modello BIM possono convergere molte informazioni, ed è importante quindi che risiedano in esso quelle utili al Committente e utilizzate dai diversi progettisti che collaborano al progetto, nelle diverse fasi della progettazione.

Per livello di dettaglio si intendono tutte quelle informazioni di qualità, quantità e grado di approfondimento da inserire nel modello, definite in modo diverso a seconda dello stato in cui ci si trova.

In Italia, la normativa UNI11337:2017 definisce i LOD come "Livello di sviluppo dell'oggetto" e viene suddiviso in LOG (Livello di sviluppo degli oggetti riguardanti gli attributi geometrici) e LOI (Livello di sviluppo dell'oggetto riguardante le informazioni). E' stata poi definita una scala di LOD codificata secondo le lettere (dalla lettera A alla lettera G per non confondere l'utilizzatore rispetto alla scala USA e UK). Uno degli aspetti da sottolineare è sicuramente il fatto che il LOD di un elemento non corrisponde per forza ad una fase del processo. La scala generale della norma **UNI 11337:2017**(descritta più nel dettaglio nella parte 4 della norma) risulta la seguente:

- LOD A – Oggetto simbolico
- LOD B – Oggetto generico
- LOD C – oggetto definito
- LOD D – Oggetto dettagliato
- LOD E – Oggetto specifico
- LOD F – Oggetto eseguito
- LOD G – Oggetto aggiornato

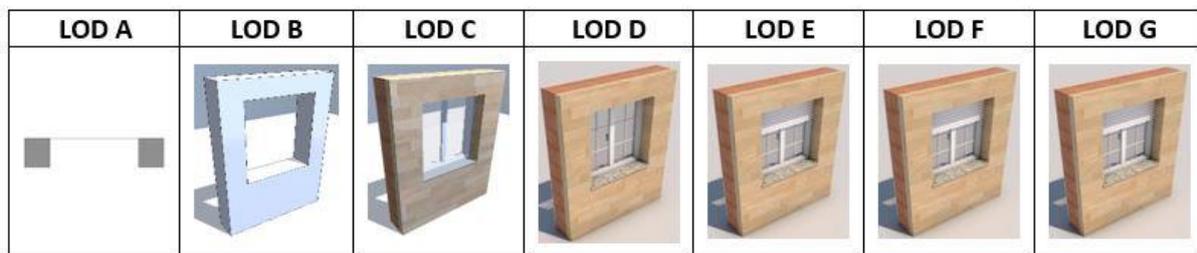


Figura 5-Esempio LOD norma UNI 11337-Fonte: www.ingenio.it

Nel quadro estero uno tra gli esempi più significativi è la normativa Americana(USA), la quale utilizza una nomenclatura standard per definire i livelli di quantità/qualità dei dati. Il termine LOD è definito come "Livello di sviluppo" di un elemento nel mondo BIM.

Il modello USA è stato sviluppato dall'American Institute of Architects (AIA) che ha pubblicato un quadro LOD per il protocollo **AIA G202-2013**. Il framework LOD definisce i seguenti di contenuto per gli elementi del modello:

- LOD 100: l'elemento è rappresentato da un simbolo o da un informazione basilare

- LOD 200: l'elemento è visualizzato dentro un sistema generico che rappresenta i componenti caratteristici il volume occupato dal sistema stesso
- LOD 300: oltre al dettaglio migliore dell'oggetto e del modello spaziale in cui esso è inserito, possono essere collegate informazioni non grafiche. Dal modello si possono leggere direttamente informazioni quali dimensioni-forma-posizione tramite appunti o note applicate
- LOD 350: dell'oggetto, inserito nel modello spaziale è possibile ricavare informazioni è possibile senza leggere appunti o note allegate
- LOD 400: la modellazione dell'oggetto raggiunge un livello di dettaglio abbastanza preciso
- LOD 500: non è legato ad una rappresentazione grafica ma è la verifica in cantiere della messa in opera dell'oggetto reale

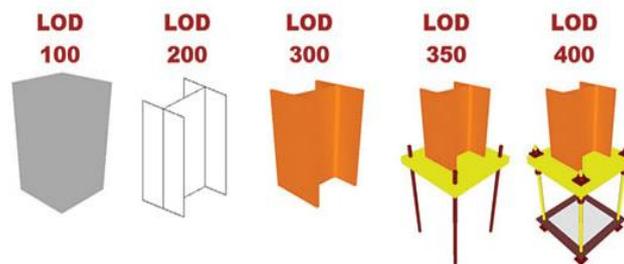


Figura 6-Esempio LOD AIA G202-2013-Fonte:www.biblus.acca.it

Nel regno Unito la norma **PAS 1192-2** è il punto di riferimento per lo scambio delle informazioni nei progetti BIM. Il LOD è stato definito come "Livello di Definizione" che comprende sia il *Level of Model Detail* (LOD: Livello di Dettaglio del modello) sia il *Level of Information Detail* (LOI: Livello di dettaglio delle Informazioni). Il livello di dettaglio del modello è la «*descrizione del contenuto grafico dei modelli in ciascuna delle fasi*» (BSI, 2013), mentre il livello di dettaglio delle informazioni è la «*descrizione del contenuto non grafico dei modelli in ciascuna delle fasi*» (BSI, 2013). Nel 2015 il *Technology Strategy Board* ha sviluppato uno strumento BIM digitale gratuito che definisse i LOD e i LOI degli elementi (oggetti) e non dei modelli (progetto): l'*NBS BIM Toolkit*. Questo nuovo strumento ha cambiato la definizione da "Livello di dettaglio del modello" e "Livello di informazione del modello" a "Livello di dettaglio" e "Livello di informazione", degli oggetti, mantenendo comunque gli stessi acronimi: LOD e LOI.

Secondo la PAS 1192-2:2013 sono stati definiti sette livelli di LOD, La scala dei LOD e LOI UK è organizzata secondo una numerazione che va da 2 a 5, ancora parzialmente legata alle fasi di sviluppo del progetto (del RIBA). La scala generale per i LOD UK è così articolata:

- 2-Concept stage
- 3-Developed design
- 4-Technical design
- 5-Construction.

La scala generale per i LOI UK è così articolata:

- 2-Concept stage
- 3-Developed design
- 4-Technical design
- 5-Construction
- 6-Operation and maintenance.

Tali concetti sono molto utili per un oggetto o un edificio è compito del committente/progettista definire il livello di dettaglio richiesto in ogni fase, per ogni settore di sviluppo del progetto e livello di attendibilità e la precisione dei dati da associare alle diverse tipologie di informazione anche e soprattutto in funzione dello scopo finale del modello stesso. Questo garantisce che solo le informazioni effettivamente necessarie vengano sviluppate e non ci siano sprechi per quanto riguarda i tempi e i costi della modellazione.

1.3.3. HBIM

Essendo il caso studio un edificio storico del 1800 non si può fare a meno di citare l'HBIM *Historic Building Information Modelling*; questo settore del BIM si occupa della conservazione degli edifici esistenti con particolare riferimento a quelli di importanza storica e monumentale.

Negli ultimi anni, l'attenzione degli studiosi in materia di BIM si è molto concentrata su questa branca e sono emerse una serie di definizioni del termine che sono:

- BHIMM "Built Heritage Information Modelling and Management";
- DA-HBIMM "Diagnosis-Aided Historic Building Information Modelling and Management";
- HBIM "Historic Building Information Modelling";
- HBIM "Heritage Building Information Modelling";
- HBIMM "Historic Building Information Modelling and Management".

La conservazione degli edifici esistenti, soprattutto quelli d'importanza storica e monumentale, è una pratica sempre più vicina alla loro regolare manutenzione. Ciò non implica solo l'adempimento corretto alle richieste normative in materia di salubrità, sicurezza e decoro, ma anche l'attuazione di tutti quei procedimenti e di quelle attenzioni che permettono di mettere ordine ai documenti che consentono di conoscere adeguatamente lo stato di salute dei fabbricati durante tutto il loro ciclo di vita.

Ristrutturazioni, restauri conservativi e interventi di miglioramento sono attività che i progettisti intraprendono il più delle volte investendo molto tempo nel recupero di atti e documenti sparsi, nel rilievo più o meno preciso delle situazioni in essere e nel coordinamento sempre delicato delle figure che intervengono lungo il processo. Quando i fabbricati hanno rilevanza storica, le richieste di Soprintendenze ed organi di salvaguardia del patrimonio rendono le cose ancora più impegnative.

Se la tradizione costruttiva in Italia è comunque pronta ad affrontare il tema, il variegato quadro normativo a volte stenta a seguire le reali esigenze dei progettisti mentre gli strumenti della digitalizzazione, che molto promettono, scontano ancora diverse criticità dovute in massima parte alla loro origine in contesti edilizi e culturali molto diversi da quelli nazionali.

1.4. Modalità innovative di visualizzazione

Le moderne tecnologie informatiche nel corso degli ultimi decenni hanno notevolmente accentuato le capacità dell'essere umano, rendendo possibile interagire in pochi click con una quantità di informazioni che, sino a poco tempo fa, non erano disponibili. Tutto questo, ovviamente, ha avuto degli impatti incredibili sulla nostra vita personale e lavorativa. Tra queste tecnologie rientrano la realtà virtuale e la realtà aumentata, due concetti che sono differenti tra loro ma che presentano alcuni punti in comune, essi infatti hanno due modi di intervenire nella realtà che si differenziano per molti aspetti.

La **Realtà Virtuale (VR)** (in inglese Virtual Reality), nasce dalla volontà di "replicare" la realtà da un punto di vista sensoriale come quello: visivo, uditivo, tattile e olfattivo. Ciò che consente a tale realtà di interagire sono, le interfacce di comunicazione più tradizionali come il computer (monitor, tastiera, mouse) oppure i dispositivi specifici che rendono l'esperienza dell'utente più coinvolgente "immergendolo" nell'ambiente virtuale. Tutto questo viene reso possibile grazie all'utilizzo di dispositivi dotati di casco con visori stereoscopici, rilevatori di movimento come dispositivi di motion tracking o head tracking e controller che permettono di interagire con le componenti tridimensionali. Facendo in modo di non limitare questa esperienza ad un filmato, che resterebbe per quanto utile e interessante, uno strumento "as_is". Contrariamente avere la possibilità in tempo reale di interagire con gli oggetti virtuali restituisce una straordinaria efficacia allo strumento per i processi di comunicazione, soprattutto se associata ad operazioni manuali o con oggetti fisici.

Oggi l'utilizzo della realtà virtuale è esteso a sempre più campi di applicazione basti pensare alle moderne tecnologie adottate dall'istruzione in campo meccanico ai simulatori di volo, passando per le simulazioni in abito ospedaliero sia di tipo riabilitativo che chirurgico, fino all'architettura e al turismo.

L'obiettivo della VR è quello di rendere l'esperienza vissuta tramite il visore estremamente realistica e completamente "immersiva" poiché l'utente potrà "esplorare" l'ambiente all'interno della scena ruotando la testa in qualsiasi direzione e muovendosi all'interno di essa, grazie anche alla chiara percezione degli spazi e delle distanze.

Tra le tecnologie più affermate sul mercato vi sono:

- HTC Vive

- Oculus Rift
- Gear VR
- Playstation VR (2016)
- Google Cardboard
- Samsung Gear VR
- Oculus Go

Questi dispositivi sono realizzati con delle maschere di tipo occlusivo, in modo tale da impedire di guardare l'ambiente reale e quindi di non avere la percezione del luogo in cui si trova, ma solo di quello che vede attraverso di essi.



Figura 7-Dispositivi Cardboard-
fonte:www.wired.it

Partiamo dal grado zero della realtà virtuale: i *Cardboard*. Come suggerisce il nome, questo visore non è altro che una mascherina in cartone economicissima e facile da usare. Basta scaricare sullo smartphone l'app Cardboard per iOS o Android, e appoggiare il visore al telefono. In realtà Cardboard è una

piattaforma, è però possibile costruirsi il visore da soli o comprare uno dei tanti dispositivi compatibili che si trovano online. Essendo un dispositivo molto semplice, le sue funzioni sono piuttosto limitate. I modelli in commercio finora sono 13, vanno dai sei ai 66 euro, ed è possibile trovarli sul sito di Google VR. Ovviamente la resa varia a seconda del dispositivo utilizzato come schermo e delle caratteristiche del visore scelto e della sua qualità costruttiva.

La nuova proposta di Samsung, *il Gear VR* è simile al concetto di Cardboard. Esso si compone di un visore con delle lenti che mostrano ciò che appare sullo schermo dello smartphone in modo da dargli profondità. La differenza è che si può riscontrare una qualità costruttiva migliore, anche se al prezzo di una più limitata compatibilità. A bordo possiamo trovare: accelerometro, giroscopio e sensore di prossimità che permettono al visore di riconoscere con precisione i movimenti



Figura 8-Dispositivi Gear VR-
fonte:www.wired.it

della testa mentre l'angolo di campo è di 110 gradi, come quello umano. La resa varia a seconda del telefono utilizzato, Ma uno dei punti di forza è sicuramente la comodità. Nonostante al peso di 345 grammi a cui va aggiunto quello del telefono, sembrano essere molto leggeri, mentre l'imbottitura in poliuretano fa in modo di tenerli ben stretti al viso. Con la versione 2017 è stato introdotto un piccolo controller con una superficie touch che consente di riprodurre i contenuti e giocare più comodamente. Stranamente non è ricaricabile, ma viene alimentato da due microbatterie. Il prezzo del visore con il controller, sul sito di Samsung, è 129 euro.

Gli *Oculus Rift*, lanciato su Kickstarter e poi acquistato da Facebook, oggi la versione commerciale di Rift, chiamata CV1, offre il visore, un sensore che traccia il giocatore per allinearli all'ambiente virtuale, un piccolo telecomando per muoversi tra i contenuti e un controller. Il visore, oltre ad avere un'ottima vestibilità permette di regolare la distanza interpupillare per calibrare le lenti in base ai nostri occhi, può essere indossato con gli occhiali, e ha delle ottime cuffie integrate per un'esperienza completa. Esso non è indipendente e per funzionare ha bisogno di un computer. Questo comporta due cose: da una parte permette di avere maggiore potenza a disposizione, dall'altra però c'è di mezzo un cavo che, sebbene piuttosto sottile, intralcia il movimento. Il prezzo di Oculus, in Italia, è di 589 euro.



Figura 9-Dispositivi Oculus Rift-
fonte:www.wired.it

PlayStation VR è un ibrido delle versioni precedenti con maggiore potenza che si appoggia alla PlayStation 4, unico hardware con cui è compatibile. Molto leggero



Figura 10-Dispositivi PlayStation VR-
fonte:www.wired.it

e comodo, pesa solo 610 grammi. Dotato di cuffie, e risoluzione fino a 1920×1080 totali, 960×1080 per occhio, con un angolo di campo di cento gradi. Molto economico (399,99 euro) ma soprattutto semplice e basta collegare alla console l'unità esterna e la PlayStation Camera per farla funzionare. Non ci sono quindi driver da installare né problemi di compatibilità. Oltre che singolarmente, è proposto in diversi pacchetti che comprendono anche i controller

HTC Vive è composto di visore, due sensori da posizionare vicino al soffitto della stanza che consentono di tracciare il nostro corpo all'interno dell'ambiente virtuale e infine i controller che vengono tracciati dai sensori per garantire i cosiddetti sei gradi di libertà, ovvero la possibilità di muoversi sui tre assi perpendicolari (avanti e indietro, su e giù, a sinistra e destra) e di ruotare lungo gli stessi. Essendo collegato al pc tramite cavo non consente una piena libertà di movimento. Il visore è comodo, permette di regolare la distanza inter pupillare e consente di regolare la distanza delle lenti dagli occhi così da offrire massimo confort anche a chi porta gli occhiali. E' dotato di due schermi AMOLED con risoluzione di 1080×1200 e le specifiche minime del computer sono identiche. A differenza del Rift, Vive non ha le cuffie (arriveranno come optional), ma un ingresso da 3,5 pollici per attaccare quello che vuoi, è più pesante del concorrente, ma ha una camera frontale che consente di vedere cosa accade davanti a noi nel mondo reale. A livello di esperienza di gioco, Vive è molto immersivo. Vive per i contenuti si appoggia a Steam Vr. Disponibile anche in Italia, Vive, sul sito ufficiale, è offerto a 899 euro.



Figura 11-Dispositivi HTC Vive-
fonte:www.wired.it

La **realtà aumentata (AR)** (in inglese Augment Reality) è "l'arricchimento con dati aggiuntivi in formato digitale di informazioni di cui già normalmente disponiamo nelle attività, semplici o complesse, che svolgiamo durante il giorno. La realtà aumentata è anche l'integrazione e il potenziamento delle possibilità che ci vengono offerte dai nostri cinque sensi con dispositivi ad alta tecnologia." Tale definizione non è da assumersi come universale in quanto la AR è un concetto in via di sviluppo, lo scopo è quello di rappresentare una realtà più nitida e coinvolgente, con il sovrapporsi e integrarsi di immagini digitali, filmati o dati prodotti, restituendo una percezione sensoriale.

Il dispositivo AR di cui si è parlato maggiormente nel corso degli ultimi anni è senza alcun dubbio *Google Glass*. Progettato dal team X Lab del motore di ricerca, è essenzialmente un occhiale da indossare, che visualizza informazioni e dati all'interno del



Figura 12-Dispositivo Google Glass-
fonte:www.x.company.it

campo visivo, mediante l'impiego di un piccolo display posizionato sopra l'occhio dell'utente. Le funzionalità di cui dispone sono innanzitutto il comando vocale e il touchpad, in modo da consentire a chi li indossa di poter effettuare ricerche su Google e visitare siti Web desiderati, controllare i social network e molto altro.

Un altro dispositivo che fa pensare ai grandi passi in avanti che ha fatto la tecnologia sono gli occhiali della *Microsoft HoloLens*. In questo caso l'approccio alla fruizione e all'interazione con i contenuti è differente, poiché si fa ricorso all'impiego degli ologrammi, ovvero immagini tridimensionali visualizzate attraverso uno speciale display



*Figura 13-Dispositivo Microsoft HoloLens -
fonte:www.arp.de*

nell'ambiente circostante, tenendo conto della giusta prospettiva e del corretto punto di osservazione. La visualizzazione però verrà concepita come quella di un utente sul posto pur non essendoci cavi collegati al computer.

DIGITALIZZAZIONE DEL COSTRUITO

2. Digitalizzazione del costruito

2.1. Modellazione BIM per il FM per edifici esistenti

Quando si parla di un'infrastruttura puntuale come un ente ospedaliero, è inevitabile analizzare la struttura in base alle sue funzioni complesse; il BIM può rivestire un ruolo chiave come nella gestione delle parti o facilitando la ricerca delle informazioni e donando un'immagine innovativa all'intero complesso.

Il BIM contribuisce dunque ad una gestione intelligente, automatizzando i processi che spesso comportano la richiesta di notevoli risorse e tempo, come gestire una proprietà o infrastruttura lungo il suo ciclo di vita, riducendo il costo delle operazioni, così come gli interventi di manutenzione.

Il BIM, inteso come Building Information Management, rappresenta un campo di attuale interesse per lo studio e lo sviluppo del Facility Management, settore che ancora oggi presenta particolari complessità e limitazioni legate allo stato dell'arte delle tecnologie disponibili per la gestione e la manutenzione. Tali limitazioni sono causate soprattutto dal fatto che la diffusione dei progetti BIM per gli edifici esistenti non risulta ancora largamente diffusa, dalla mancanza di informazioni relative alla gestione/manutenzione dei dati concepiti in fase di progettazione e costruzione, dalla difficoltà di modellare l'esistente e dall'assenza di figure professionali formate all'utilizzo delle strumentazioni utili. Nonostante ciò sono stati riscontrati sviluppi relativi allo scambio dei dati e alla raccolta di informazioni di gestione degli edifici, che possono poi essere utilizzati direttamente in BIM a supporto delle attività del Facility Manager.

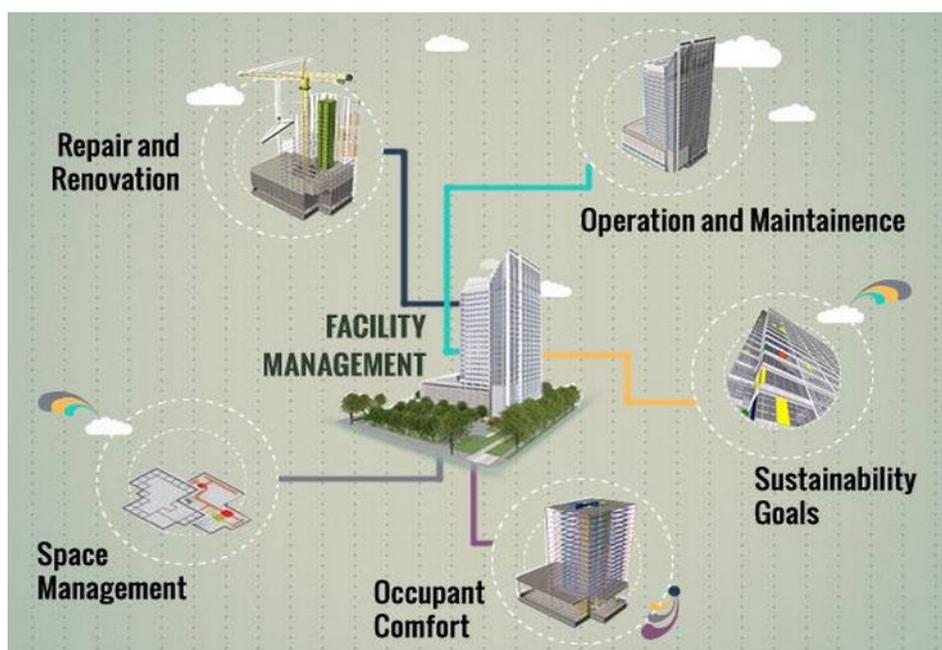


Figura 14-BIM per il Facility Management-fonte:www.8dbim.weebly.com

Il **processo edilizio** diventa piuttosto complesso in termini di organizzazione per ottenere un prodotto gestibile nella sua globalità. Ogni edificio risulta essere un prototipo a sé, con caratteristiche totalmente differenti rispetto ad un secondo edificio, costringendo negli anni le figure interessate ad assumere un'organizzazione libera: capita spesso che il progetto di un edificio focalizzi la propria attenzione solo sulla progettazione del bene, senza minimamente considerare le successive attività di gestione e manutenzione. Pertanto, oggi si cerca di risolvere queste problematiche mediante l'impiego della metodologia BIM, affiancata da uno sviluppo di procedure e software relativi che permettano una gestione ottimale dell'intero ciclo di vita dell'opera.

Nella progettazione delle nuove costruzioni diviene importante andare ad estendere il BIM alle fasi di manutenzione e gestione, riuscendo a sviluppare un modello integrato per diverse operazioni che verranno fatte nella vita utile dell'edificio e quindi andando ad integrare in modo opportuno all'**as-built** (come costruito).

Nel caso invece di edifici esistenti la situazione diventa un po' più complessa, in quanto diventa necessario programmare delle attività di rilievo e di modellazione che portano a restituire l'**as-is** (come è).

Il caso studio analizzato si contestualizza in quest'ultimo, ovvero caratterizzato dall'assenza del modello BIM in fase di realizzazione e dalla sua creazione finalizzata alla gestione delle attività manutentive per quanto riguarda la parte impiantistica. I dati che si vogliono condividere devono rispondere a determinati requisiti affinché siano definibili come utili, verificandone la qualità e la quantità, il formato il livello di dettaglio raggiunto e di quali informazioni si può fare a meno. Le principali applicazioni del BIM per il Facility Management risultano essere diverse quali ad esempio:

- Creazione di un database di informazioni sul bene edilizio, tramite la creazione di un modello BIM interrogabile
- Caratterizzazione del modello con informazioni specifiche correlate, creando un inventario dei componenti costituenti l'edificio e gli asset tecnologici;
- Gestione degli spazi;
- Gestione e manutenzione impiantistica;

- Simulazioni energetiche;
- Monitoraggio energetico.

Il **legame** tra BIM e FM richiede ancora tempo prima che venga effettivamente standardizzato. Attualmente, a livello internazionale, il quadro generale per organizzare la comunicazione dei dati non grafici per il FM si basa sul formato COBie (Construction Operations Building information exchange) che garantisce ai committenti informazioni complete, facilmente utilizzabili, modificabili, integrabili in ogni momento. Allo stesso tempo la complessità di tale formato porta a selezionare le informazioni utili di cui si necessita, integrandole con le indicazioni di normativa redatte per il FM; è indispensabile, quindi, capire le esigenze operative specifiche relative ad ogni bene.

Solo recentemente sono stati effettuati i primi passi verso l'emanazione di standard internazionali, linee guida ed indicazioni di codifica dei documenti principali dei progetti. Nel seguente caso studio sono state seguite le indicazioni della normativa italiana **UNI 11337:2017** (Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni) che tratta la digitalizzazione del settore delle costruzioni e riprende a grandi linee molti dei concetti della normativa inglese **PAS 1192-2:2003** (Specification for Information Management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling), norma di riferimento relativa al livello 2 del modello di maturità inglese. Il livello 2 è il primo passo che introduce realmente l'applicazione del BIM dove si ha un ambiente 3D gestito con dati allegati, ma creato in modelli distinti per discipline, e anche se questi vengono assemblati per formare un modello federato, essi non perdono identità ed integrità.

Prendendo come spunto la normativa inglese si capisce come la condivisione dati avviene tra diverse discipline, quali quella architettonica, quella strutturale e quella impiantistica.

Attraverso i software come Autodesk Revit si ottiene la possibilità di creare un DB geometrico e alfanumerico: questo può essere utilizzato da altri software per monitorare i dati e le informazioni dell'edificio, consentendo di fare anche inventari sulle attrezzature, organizzare la manutenzione ordinaria e gestire i locali riservati agli eventi.



Figura 15-Flusso di lavoro tra discipline-fonte: <http://biblus.acca.it>

2.1.1. Esigenze e Target User

Il progetto si prefigge l'obiettivo di realizzare una porzione del modello BIM del padiglione B1, Ente Ospedaliero Galliera, finalizzato alla gestione dell'attività di manutenzione che riguarderà gli impianti dell'edificio. Fin dalle prime attività di creazione, occorre tenere in considerazione la futura connessione dello stesso ad uno specifico software di gestione della manutenzione in modo tale da impiegare il database geometrico e alfanumerico come una banca dati in costante aggiornamento durante la vita utile dell'edificio.

L'esigenza della Committenza nasce dalla difficoltà di reperire in maniera immediata e chiara le informazioni necessarie alla manutenzione delle varie parti impiantistiche. In questo caso il modello è stato implementato al fine di renderlo propedeutico per fare in modo che le informazioni vengono standardizzate e regolate in modo da poter essere trasferite su altre piattaforme di Facility Management. Essendo l'ospedale un edificio di notevoli dimensioni non risulta facile allo stesso modo poter gestire tutte le informazioni necessarie riguardanti le varie categorie di pertinenza. Attualmente le varie funzionalità della struttura edilizia sono gestite da database diversi ad esempio: *CPLConcordia* per la parte impiantistica, *GestUp* per le apparecchiature elettromedicali ecc., questo non facilita la consultazione specialmente per la differente tipologia di Target User quali il Responsabile unico di Procedimento, l'Ufficio Tecnico' Appaltatore per offerta, il Capo Commessa Appaltatore per gestione e supervisione, i Tecnici.

L'impiego di un modello BIM interrogabile e implementato garantirebbe una migliore gestione, ma soprattutto faciliterebbe grazie anche alla sua capacità di restituire l'oggetto in 3D simulando la realtà.

2.2. Raccolta documentazione e attività di rilievo

Al fine di ottenere un modello che rappresenti il più possibile l'edificio oggetto di studio si è raccolta la documentazione necessaria presso l'FM department dell'ospedale, dopo aver analizzato i vari dati di partenza è stato necessario effettuare un sopralluogo, durante il quale sono stati eseguiti dei rilievi che hanno consentito di aggiornare e correggere le varie incongruenze riscontrate nei file CAD, probabilmente per un mancato aggiornamento.

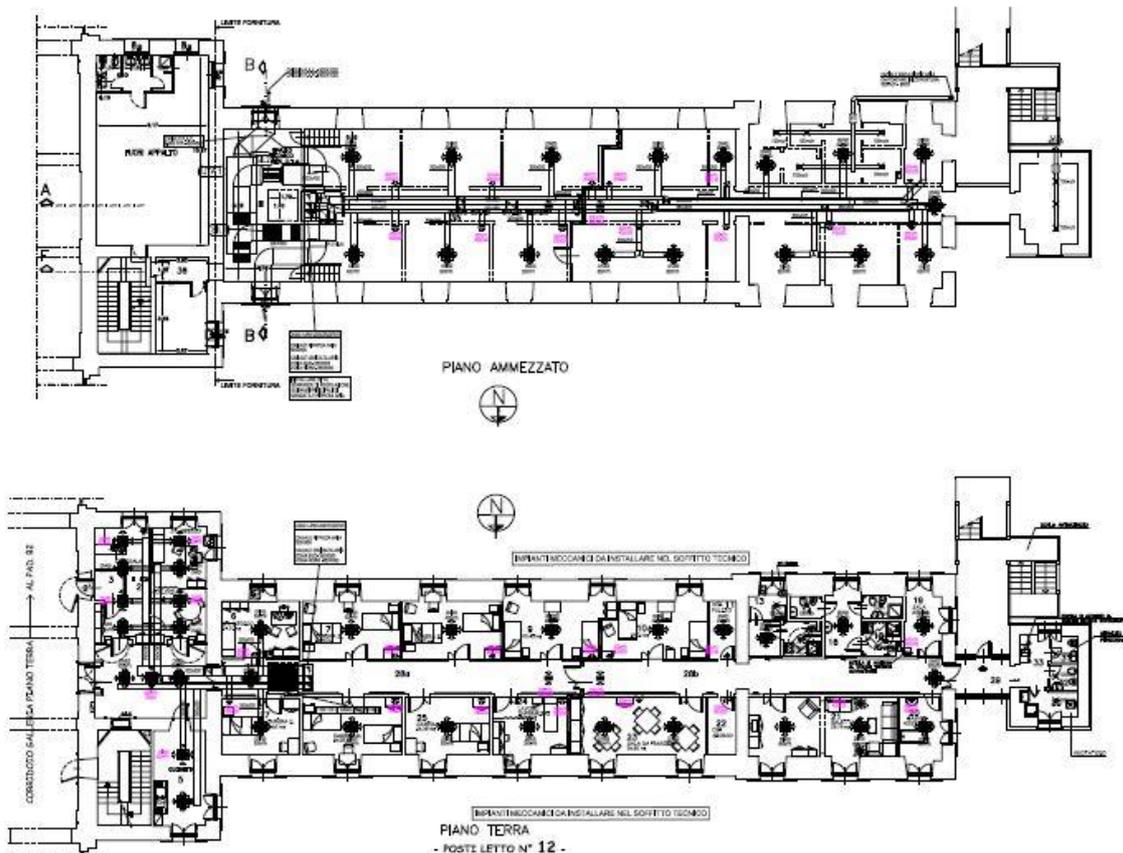


Figura 16-File CAD piano terra e piano ammezzato

L'attività di rilievo è stata condotta presso il padiglione B1, in particolare sono stati oggetto di approfondimento i locali tecnici destinati alla parte impiantistica di tipo meccanico del piano interrato e piano terra.

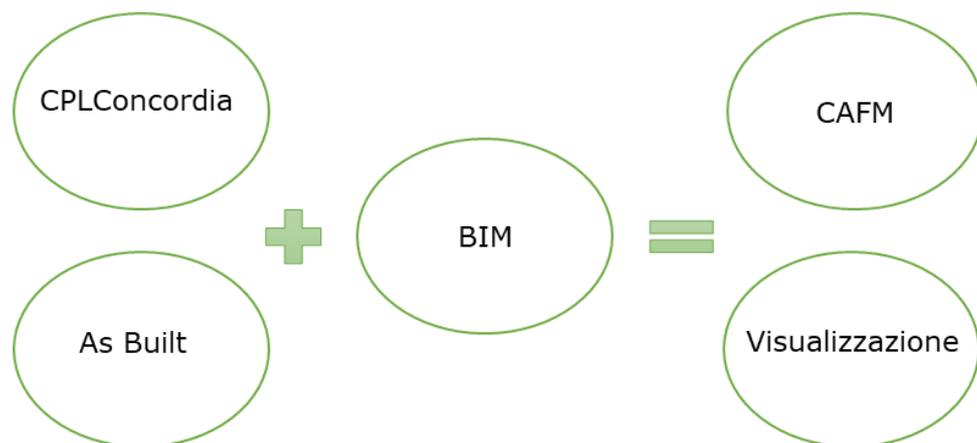
L'attività di rilievo inizia già in ufficio con la preparazione della strumentazione idonea e dei fogli su cui riportare le misurazioni, una delle esigenze riscontrate per la modellazione è stato la verifica della quota altimetrica dei controsoffitti e dei condotti, per accertare la loro localizzazione spaziale e i vari raccordi che li collegavano alle attrezzature meccaniche. E' stato effettuato un sopralluogo nei due locali esterni del piano inferiore dove sono le UTA, i gruppi frigo e le unità moto condensate, successivamente si è passati al locale tecnico situato al piano ammezzato, dove vi è l'UTA che serve le aree di degenza e il locale destinato ai condotti di mandata e di ripresa dei locali sottostanti. Qui si sono effettuate varie verifiche di innesto dei condotti non congrui con quanto riportato negli elaborati CAD, ma che sono stati restituiti come nella realtà nel modello BIM. Importante è stato l'impiego delle fotografie che hanno permesso una volta tornati in ufficio di avere un quadro d'insieme più chiaro per la modellazione.



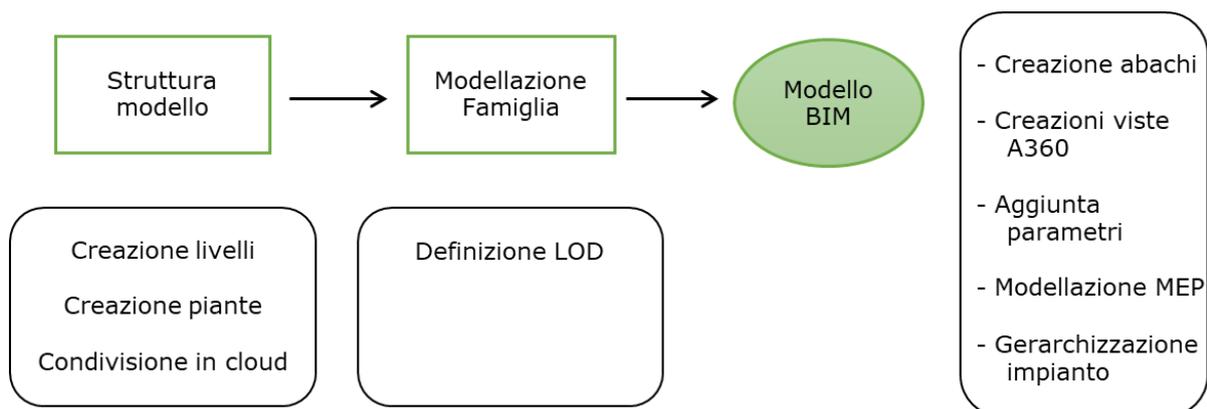
Figura 17-Documentazione fotografica locale tecnico

2.3. Metodologia per la modellazione e il Facility Management

La scelta relativa all'organizzazione e strutturazione del modello è importante per capire le finalità e gli scopi che si vogliono raggiungere. Essendo il modello destinato all'implementazione con un software di Facility Management ci si è soffermati sui singoli elementi modellati e le relative proprietà parametriche e alfanumeriche. Le informazioni e i dati sono stati ricavati dalla documentazione CAD e in particolare per la parte tecnica dalla piattaforma che gestisce gli impianti dell'ospedale: CPL Concordia. Un secondo filone invece è destinato all'interoperabilità del modello con software di visualizzazione, che affronteremo nei capitoli successivi.



Nel caso specifico del primo filone, la modellazione ha seguito la seguente metodologia:



Si vuole inoltre precisare che si è scelto di utilizzare Autodesk Revit 2017 per la modellazione al fine di facilitare il collegamento con il modello architettonico anch'esso nella stessa versione.

2.4. Modellazione MEP

2.4.1. Ambiente di lavoro condiviso

Per avere un ambiente di condivisione dati nel caso di un edificio esistente come il Padiglione B1 dell'EOG, si è deciso di seguire la normativa inglese BS1192-Pas 1192-2/3/4/5, che costituisce un ottimo riferimento della metodologia BIM, in quanto va a coprire tutte le fasi di vita di un manufatto. L'idea è quella di gettare le basi per una metodologia finalizzata alla realizzazione di un processo di digitalizzazione che interessi questi edifici, ma più nello specifico le infrastrutture di tipo puntuale; partendo in primo luogo dalla definizione di un ambiente di lavoro, che raccolga tutte le informazioni legate al modello federato e ai rispettivi file, così da avere un quadro predefinito del lavoro che si andrà a realizzare.

Essa offre il quadro del processo edilizio dove poter individuare l'area di competenza dei software BIM oriented. I software cosiddetti "BIM **oriented**" sono uno degli aspetti cardine della metodologia BIM poiché generano i modelli del manufatto capaci di dialogare tra loro nella federazione di modelli, in cui si incentrano tutte le tipologie di attività. Si hanno:

- Software BIM authoring, strumenti capaci di creare modelli dotati di interfaccia alfanumeriche e geometriche collaboranti tra loro;
- Software BIM tools, che sono strumenti utilizzabili nel BIM authoring in grado di svolgere specifiche elaborazioni e restituendo i dati ottenuti ai modelli di riferimento.

Nello schema rappresentato in figura estrapolato dalla normativa citata si evince come si legano due filiere di processi: il primo relativo alla gestione dell'intero processo edilizio, il secondo (ovvero la parte interna) relativa alla gestione delle informazioni di progetto, attraverso la creazione, lo sviluppo e la maturità del modello dell'intera opera. Tutte le operazioni di creazione, implementazione ed aggiornamento dei modelli virtuali si sviluppano quindi all'interno di una determinata area di lavoro definita **CDE (Common Data Environment)**, dove viene realizzata e gestita la federazione dei file.

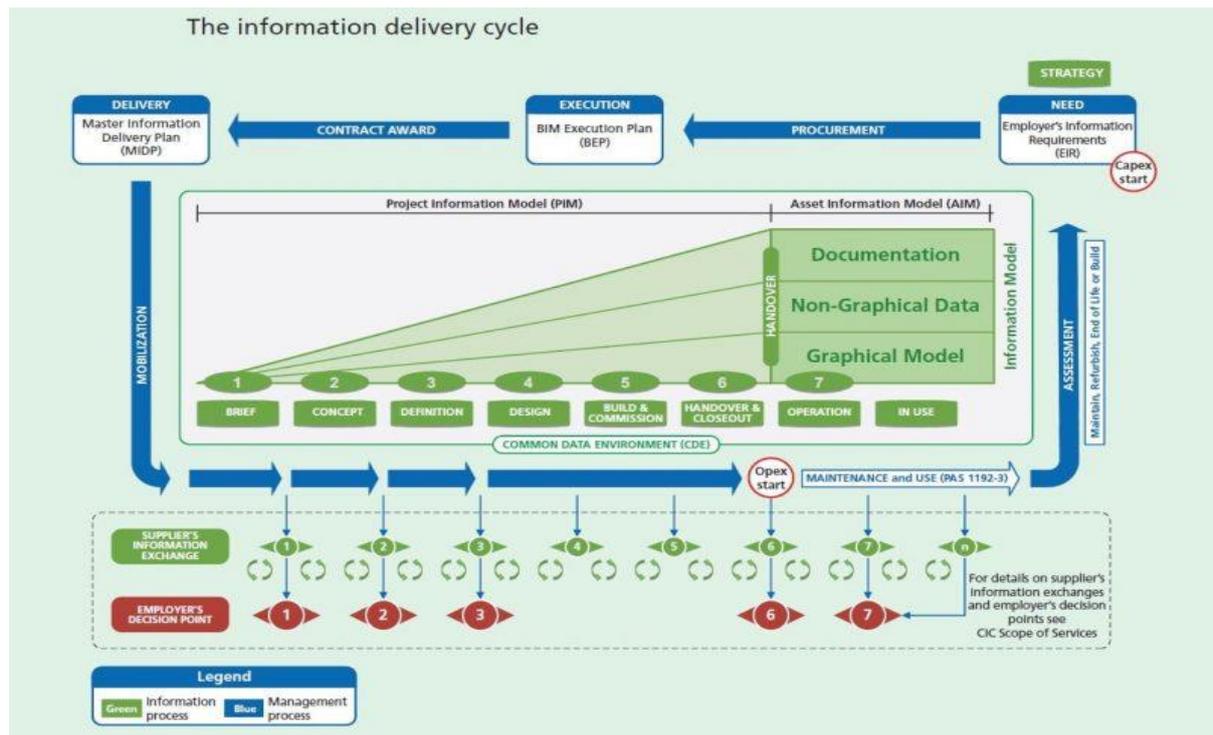


Figura 18- Pas 1192-2:2013-fonte: <http://biblus.acca.it>

Le varie figure professionali che si cimentano in quest'area di condivisione dati non sono libere di agire secondo le proprie decisioni ma devono rispettare le prestabilite condizione di pianificazione e codifica. All' interno del CDE sono presenti quattro aree:

- **WIP:**(Work in Progress): racchiude gli ambienti in cui si svolgono le attività progettazione strutturale, architettonica, ecc. All'interno di ognuna di esse vengono sviluppate le singole parti di progetto e la documentazione, con le relative modifiche e revisioni, rimanendo in tale area fino al raggiungimento di un determinato livello prefissato di sviluppo, disponibile alla condivisione con gli altri soggetti del team. Fino ad allora, i dati e le informazioni prodotte rimangono condivise allo specifico team disciplinare;
- **SHARED:** rappresenta l'area in cui i diversi team condividono gli avanzamenti dei lavori. Il progetto rimane in lavorazione e la documentazione viene prelevata modificata e perfezionata ciclicamente;
- **PUBLISHED DOCUMENTATION:** costituisce l'area di deposito della documentazione e del progetto ultimata e approvata dalla committenza;
- **ARCHIVE:** è l'ambiente in cui vengono archiviate le informazioni sul manufatto al fine della consultazione futura.

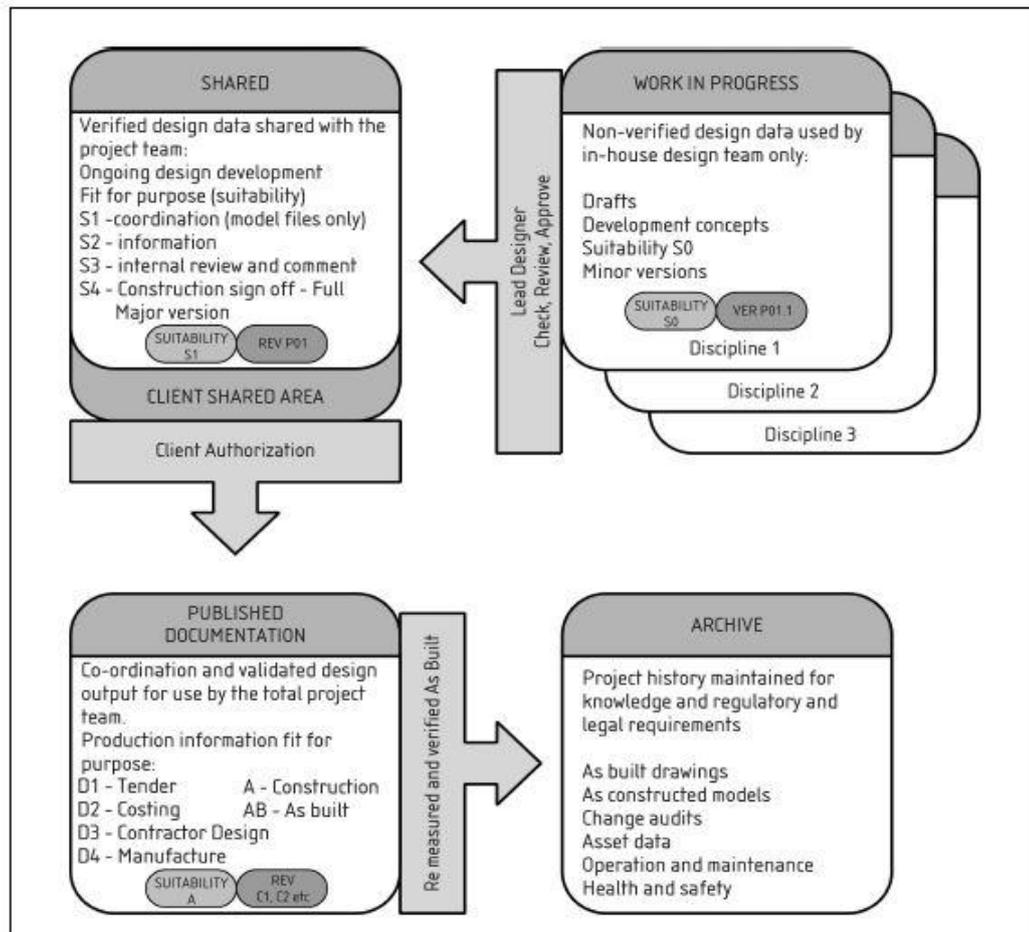


Figura 19 - Schema aree CDE

All'interno del CDE vengono creati i modelli di coordinamento delle varie discipline che vengono poi linkati al modello di coordinamento totale. Nei modelli di coordinamento delle discipline, create tramite template, si vanno a collegare invece i singoli modelli che contengono le informazioni prodotte definibili come modelli operativi in capo a ciascun manutentore per la relativa disciplina di competenza.

Per avviare l'attività di modellazione dei modelli federati da far interagire all'interno del WIP è stato necessario fare delle considerazioni di base. Il primo passo è stato quello di definire i ruoli per la creazione del modello di base da linkare nel **COOR Model**. Per fare ciò in fase di creazione di un modello per la gestione di un edificio esistente si è partiti da elaborati forniti dalla committenza, con conseguente verifica e controllo tra essi.

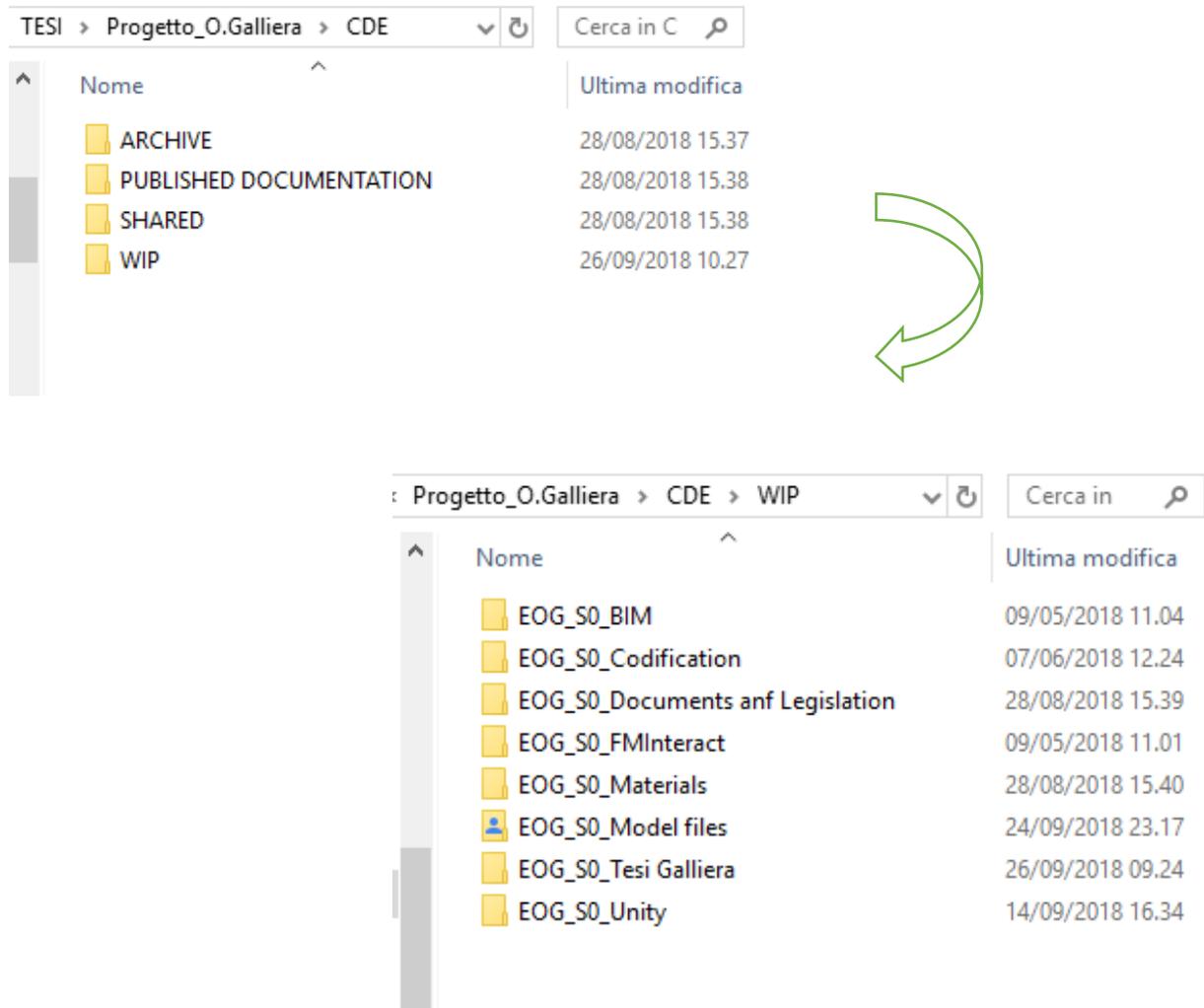


Figura 20- Schema CDE assunto per il progetto EOG

Si precisa che la definizione di un ambiente di lavoro, secondo le direttive appena analizzate nasce dalla volontà di creare un riferimento gestionale in termini di organizzazione del lavoro, che rientra in un processo realizzativo più grande, e possa essere fruibile per futuri aggiornamenti e sperimentazioni in tale ambito.

2.4.2. Modello di coordinamento

Nella gestione di un impianto così grande si è preferito articolare il modello secondo un approccio di tipo **federato**. In quanto l'utilizzo dei workset per discipline, non è adatto per lavorare su dati che raggiungono notevoli dimensioni all'interno dello stesso file ed è causa di problemi di sincronizzazione nel salvataggio di modifiche locali nel modello centrale, inoltre prevede che l'ambiente di lavoro sia lo stesso il che non garantisce una grande flessibilità di gestione. Con la federazione dei modelli si ottiene invece un collegamento tra i dati di un modello e quello degli altri modelli interessati e una migliore gestione del lavoro da parte di diversi soggetti coinvolti nella realizzazione del progetto (come ad esempio i manutentori). I file non vengono importati o esportati ma possono essere letti in quello complessivo di coordinamento. Questo consente di avere file più leggeri con differenti modelli per le varie discipline, che linkati tra loro compongono la struttura complessiva.

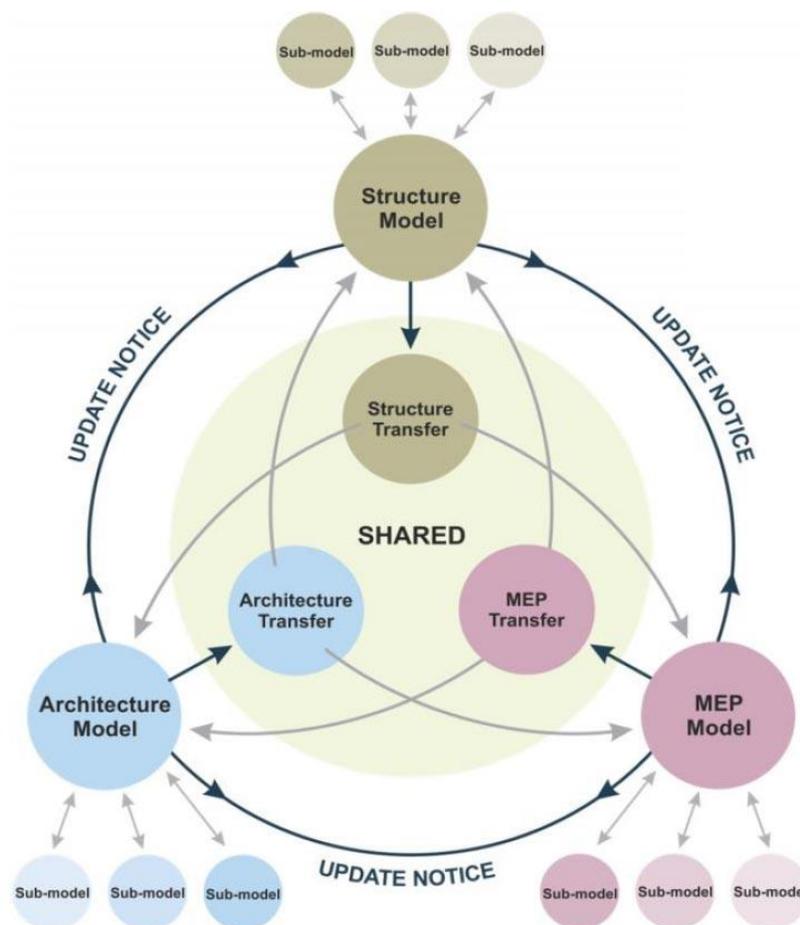


Figura 21-Modello di coordinamento-fonte: AEC(UK) BIM Technology Protocol

2.4.3. Denominazione files

Si è dunque creato un file di lavoro identificabile con il nome **EOG_PT_M3_Z_S0_P01_0_WRK_IL** nel programma Revit 2017, all'interno della cartella relativa alla disciplina di interesse. Prima di procedere con l'esposizione della creazione del modello risulta fondamentale presentare la **codifica** utilizzata all'interno del CDE, impostata secondo le indicazioni della normativa BS1192-Pas 1192-2/3/4/

Tabella 1- Denominazione File

EOG_PT_M3_Z_S0_P01_0_WRK_IL	
EOG	Identificativo del progetto
PT	Soggetto incaricato all' elaborazione dei contenuti del WIP (in questo caso va ad incaricare il Politecnico di Torino).
M3	Rappresenta il tipo di informazione contenuta all' interno dell'elaborato secondo le indicazioni da normativa. In questo caso M3 perché si tratta di una modellazione tridimensionale
Z	<p>Campo delle informazioni secondo le indicazioni da normativa: Z generic, A architect, S structural engineer...</p> <ul style="list-style-type: none"> A Architect B Building Surveyor C Civil Engineer D Drainage, Highways Engineer E Electrical Engineer F Facilities Manager G Geographical and Land Surveyor H Heating and Ventilation Designer I Interior Designer K Client L Landscape Architect M Mechanical Engineer P Public Health Engineer Q Quantity Surveyor S Structural Engineer T Town and Country Planner W Contractor X Subcontractor Y Specialist Designer Z General (non-disciplinary)
S0	Classificazione all' interno del CDE.S0 per indicare che il file è in lavorazione e si trova all' interno del WIP.
P01	Livello di revisione (prima revisione)
.0	Grado di aggiornamento del file durante le fasi di modellazione
WRK_IL	Indicativo contenuto ed iniziali cognome/nome della figura professionale che si occupa dello sviluppo di quel file. Nel caso delle cartelle si va a specificare il nome che raggruppa le informazioni contenute.

A partire dalle considerazioni fatte di seguito e andando a reperire le informazioni settate nel modello architettonico, si è stabilito un template predefinito nella cartella di lavoro e di seguito denominato:

(EOG_PT_M3_Z_S0_P01_Modeltemplate_HVAC), all'interno del quale si sono definiti dei parametri e delle regole necessarie per acquisire le coordinate del centro di progetto, l'impostazione del nord reale e del nord di progetto ed infine i livelli di riferimento. Tali parametri sono predefiniti in modo tale da poter essere riutilizzati ogni qual volta si farà uso del template.

Una volta aperta l'interfaccia iniziale di Autodesk Revit si è andati a selezionare *Nuovo Progetto* da *File*, successivamente si va a selezionare il template da *Browser*.

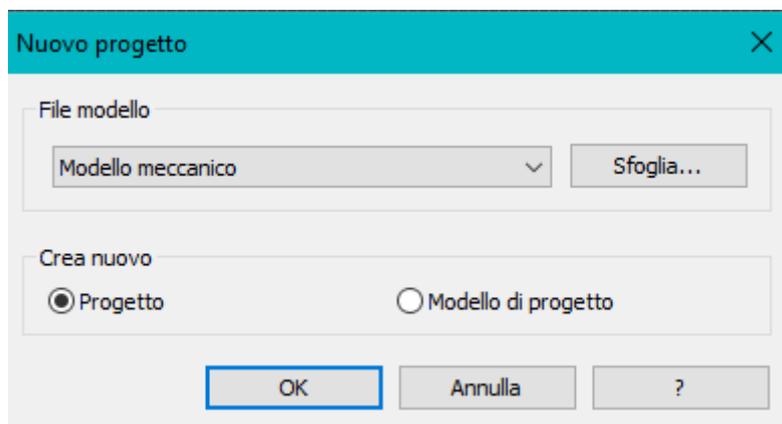


Figura 22- Selezione Template

E' importante aprire il template per aggiornare le coordinate attraverso il comando acquisisci coordinate su *Gestisci* nella sezione *Coordinate*.

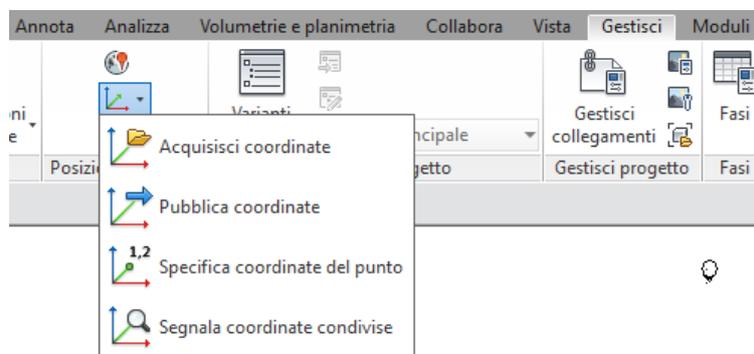


Figura 23- Acquisisci coordinate

Le coordinate condivise sono state fissate, mediante un modello linkato, avente le impostazioni corrette, nel nostro caso il **modello architettonico Padiglione B1**

fornitoci dall'ufficio tecnico, che può essere staccato una volta terminata la fase di acquisizione. Ma nel nostro caso tale modello ci è servito da base per la modellazione, essendo all'interno di esso già inglobati i file CAD.

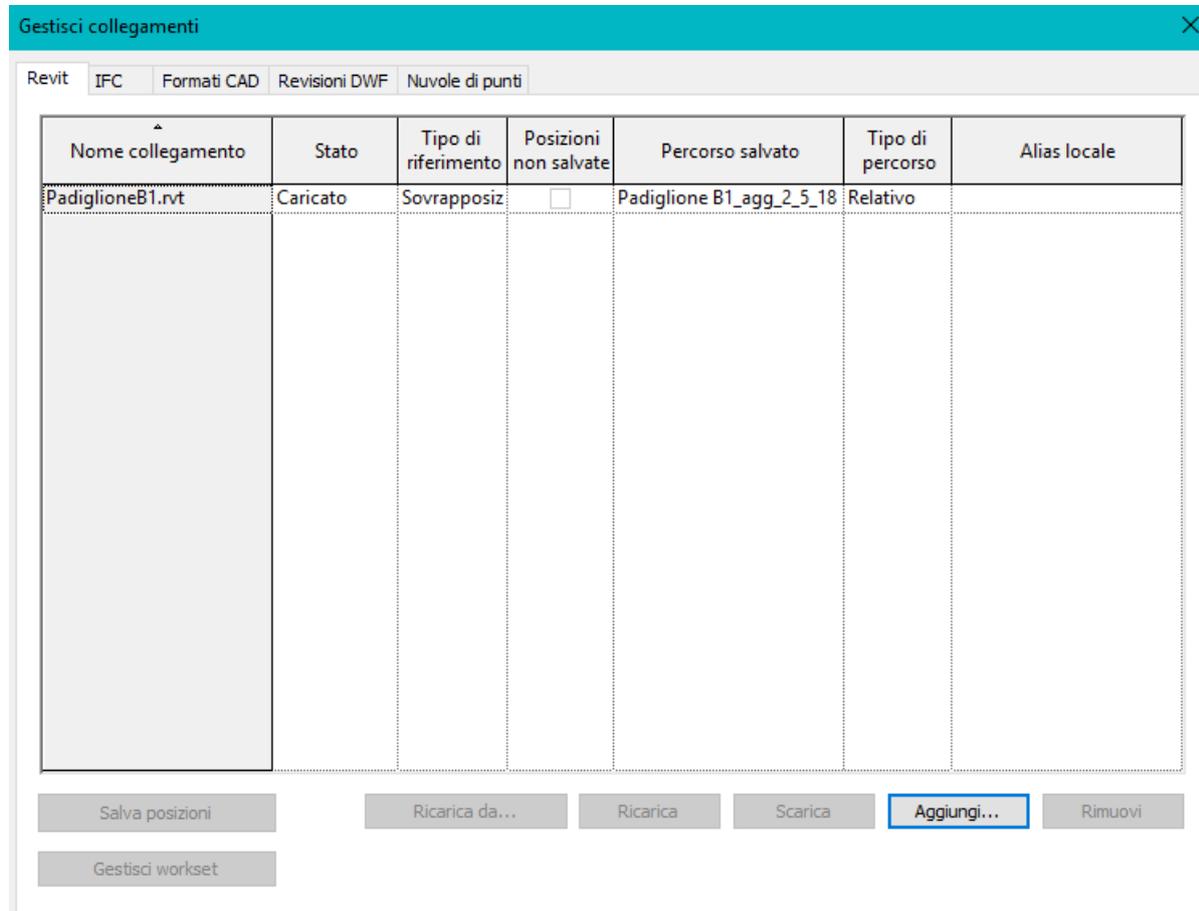


Figura 24- Gestione collegamenti

2.4.4. Modellazione meccanica

Per costruire il modello MEP meccanico (HVAC) dopo aver esaminato il materiale fornito su cui basare la modellazione è stata redatta una lista di tutti gli oggetti necessari a comporre il relativo sistema meccanico.

Una prima stesura è servita per identificare tutte le parti per la composizione del modello, e dunque per definire, prima di procedere quali componenti e sub-componenti fossero indispensabili per determinare il livello di dettaglio idoneo agli scopi di progetto. Tenendo a mente l'obiettivo finale orientato al FM, è stato deciso che essendo il caso in esame un edificio esistente, si è scelto di non soffermarsi sull'ottenimento di un livello di dettaglio grafico elevato, ma bensì di lavorare sulla parte informativa: il livello di dettaglio geometrico degli oggetti in linea puramente

teorica da adottare nella scala prevista dalla normativa italiana è LOD C, per la scala sviluppata dall' AIA è un LOD 300 infine per la BS è un LOD 3.

Questa assunzione di base però non può essere applicata in toto ed applicata ad ogni elemento. Valutazione oggetto per oggetto delle informazioni necessarie e maggiormente caratterizzanti, ad esempio le dimensioni geometriche di una bocchetta sono importanti per capire l'area di ingombro, così come quella delle attrezzature meccaniche sorgente. Il sistema impiantistico si occupa della climatizzazione invernale ed estiva svolta tramite installazione di UTA (Unità di trattamento aria) nonché della ventilazione dell'ambiente in modo da mantenere salubre la qualità dell'aria nonostante la presenza di personale e dispositivi elettronici.

Dal punto di vista pratico la modellazione, si è svolta con il collegamento tramite link del modello architettonico come base di riferimento su cui andare ad inserire tutte le varie attrezzature meccaniche e terminali. Questi oggetti sono stati creati appositamente per il padiglione B1 partendo da famiglie parametriche basate su superficie, in quanto trattandosi di un modello federato include un host che mi permette di lavorare esclusivamente tramite superfici. La modellazione è stata inoltre eseguita andando a distinguere le due tipologie di impianti: a pavimento e controsoffitto; in modo da collocare i singoli oggetti che compongono il sistema con una collocazione spaziale predefinita su livelli.

Materiale INPUT

Per poter modellare l'impianto meccanico come primo step è stata analizzata tutta la documentazione fornita con la massima attenzione. Le informazioni fornite per i vari oggetti erano differenti, la base di partenza sono state sicuramente le tavole in CAD dove gli impianti sono tracciati attraverso simbologia e notazioni della pianta del relativo piano, così come le schede tecniche ottenute dal database *CPLConcordia* e di ulteriore importanza i sopralluoghi presso i locali tecnici.

- **Impianti a pavimento:** attrezzature meccaniche come UTA, Gruppi frigo, disposte a pavimento.
- **Impianti a soffitto:** distribuzione dei canali di mandata e di ripresa dell'aria disposti al di sopra del controsoffitto, bocchette di mandata e di ripresa, ventilconvettore a cassetta

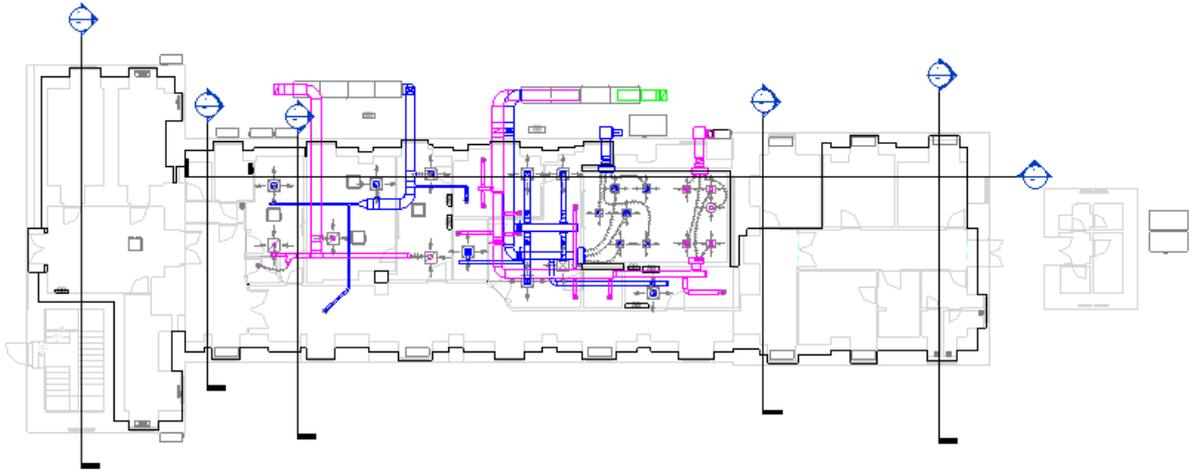


Figura 25- Pianta dei pavimenti: piano inferiore Revit

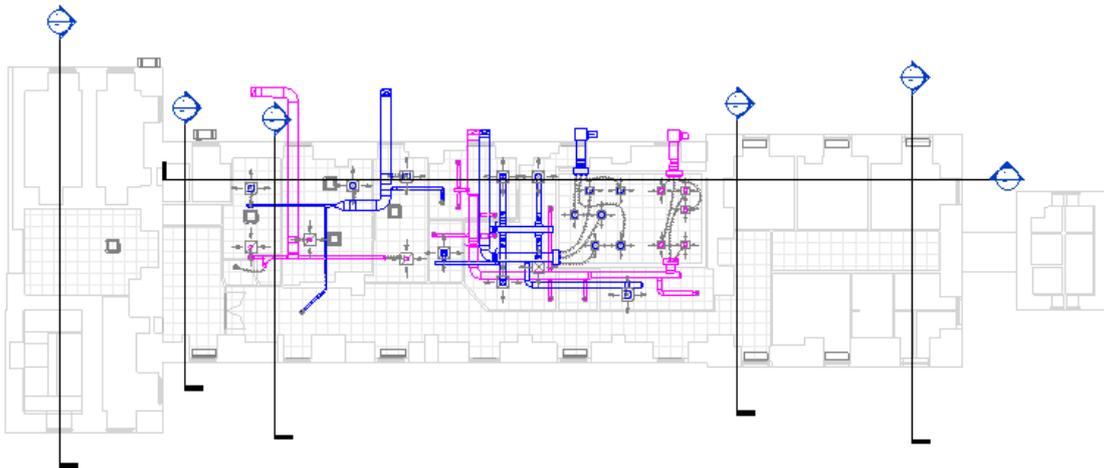


Figura 26- Pianta dei controsoffitti: piano inferiore Revit

Il sistema meccanico è composto: dai terminali di ventilazione dei vari locali, in particolare nel piano interrato quelli destinati alla *sala tac* e alla *sala risonanza*, e dalle attrezzature meccaniche sorgente presenti nei locali tecnici e all'esterno della struttura. Grazie all'utilizzo degli elaborati CAD e dei sopralluoghi effettuati, è stato possibile realizzare l'intero impianto meccanico con la rispettiva gerarchia: sorgente-condotto-terminale.

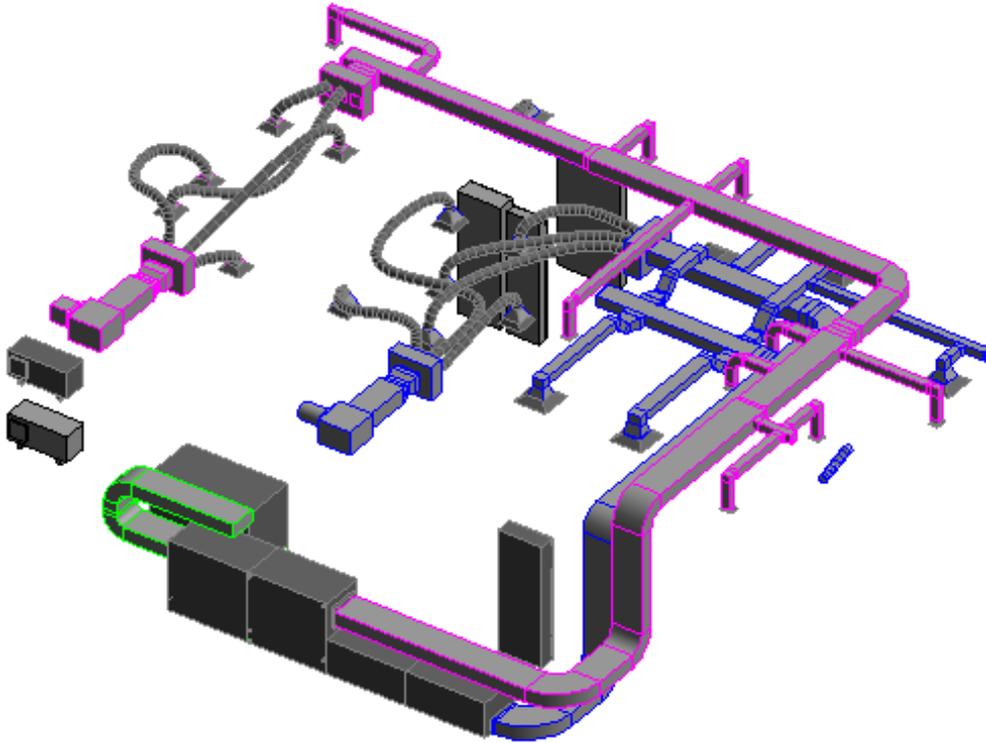


Figura 27-Modellazione meccanica Sala Risonanza

Alcune difficoltà sono dovute al fatto che gli impianti nel piano interrato e nel piano primo non erano ispezionabili essendo posizionati all'interno del controsoffitto, a differenza del locale tecnico al piano ammezzato dove è stato possibile anche eseguire dei rilievi di verifica essendo questo spazio interamente ispezionabile sull'intero piano.

Gli oggetti famiglia su cui si è soffermata la modellazione meccanica sono:

- Attrezzatura meccanica: UTA, unità moto condensate esterne, ventilconvettori, radiatori, split, ecc.;
- Bocchettoni/griglie: distinguendole tra quelle di mandata, di ritorno, di estrazione;
- Raccordi condotti: a gomito circolare, transizione rettangolare, ecc.;
- Condotti: rettangolari, circolari, flessibili.

Ogni elemento di modellazione è caratterizzato da un connettore d'ingresso o di uscita questi possono essere differenziati nel caso di un attrezzatura meccanica secondo 3 categorie: mandata, ripresa, scarico. Tali connettori sono determinanti per specificare la funzione associata al condotto e di conseguenza alla portata

Livello di conoscenza impiantistico per gli edifici esistenti. L'interoperabilità tra BIM e VR.

trasportata. Inoltre Revit di default associa ai condotti anche dei colori che distinguono le tre tipologie: Blu (mandata), Rosso (ripresa), Verde(estrazione).

L'interfaccia grafica di Revit, si presenta nel seguente modo nel momento in cui si iniziano a modellare le componenti dell'impianto meccanico.

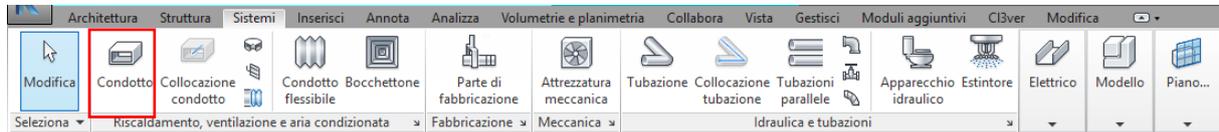


Figura 28-Interfaccia grafica Revit

Tra i vari comandi, il comando *Condotta*, permette di generare in automatico il percorso di instradamento dal terminale/bocchetta fino alla sorgente andando a variare le proprietà geometriche. Mentre le famiglie di sistema, come nel caso del condotto, sono famiglie che possono essere solo duplicate e modificate le loro proprietà per creare altri tipo; le famiglie caricabili viceversa posso essere create da zero o attinte da librerie e quindi modificabili.

Al contrario per gli elementi *Bocchettone* così come per le *Attrezzature meccaniche* si apre una galleria di default in cui scegliere le famiglie preesistenti o caricarne di nuove. Nel caso in esame si è partiti dalle famiglie parametriche presenti in libreria andando poi ad apportare delle modifiche necessarie per uniformare gli oggetti a quelli esistenti, un esempio ne è sicuramente l'unità di trattamento aria in quanto del progetto ne erano presenti tre tipologie tutte geometricamente differenti.

Creazione famiglia UTA

La creazione di una famiglia di UTA è avvenuta andando ad aprire la famiglia presente della libreria di Revit e successivamente attraverso il comando *Modifica Famiglia* si ha la possibilità di modificare le proprietà del *Tipo Famiglia* e rinominarla.

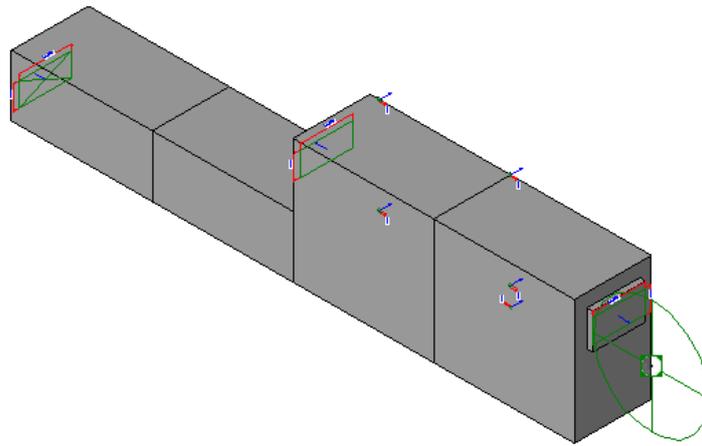


Figura 29-Famiglia parametrica UTA

Una volta che la famiglia viene creata entra a far parte della libreria di Revit e può essere inserita nel sistema impiantistico quando è caricata nel progetto. Con lo stesso criterio si sono create apposite famiglie per i terminali dell'impianto ad aria, come le bocchette di mandata e le griglie di ripresa, i filtri o i silenziatori per condotti.

Nel percorso di modellazione tuttavia si sono riscontrate alcune problematiche legate al raccordo dei condotti, specialmente nei casi in cui i condotti avevano quote altimetriche differenti o quando i raggi di curvatura richiesti per i raccordi a gomito erano ridotti a causa dello spazio limitato.

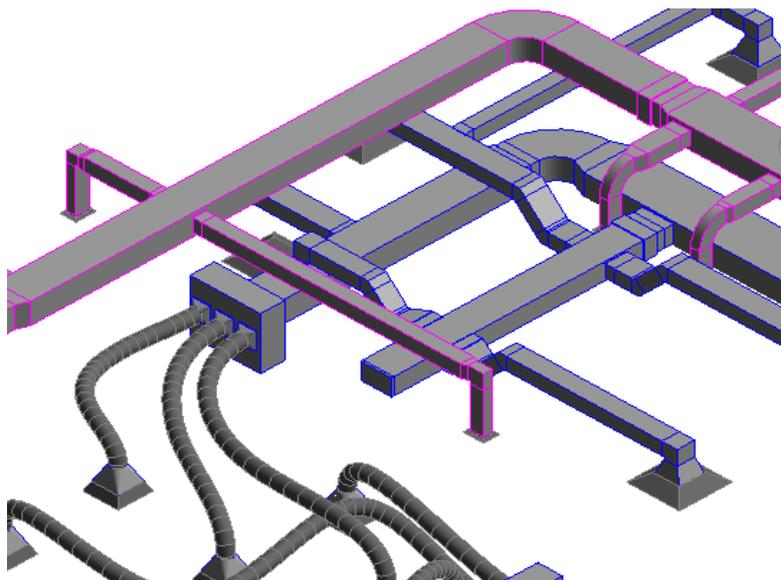


Figura 30-Esempio di innesto tra condotti e raccordi

La creazione di un sistema avviene: andando a posizionare in primo luogo i terminali, come bocchette, griglie ecc. in seguito dal terminale si tracciano i condotti che terminano nell'attrezzatura meccanica, ovvero l'oggetto sorgente. Il posizionamento delle componenti è facilitato dalla possibilità di aprire più viste di sezione e/o viste 3D.

Durante la fase di modellazione è risultato di fondamentale importanza verificare la gerarchizzazione dei vari oggetti, questo è stato possibile andando su *Vista* e dalla *scelta dell'interfaccia utente*, spuntare *Browser di sistema*.

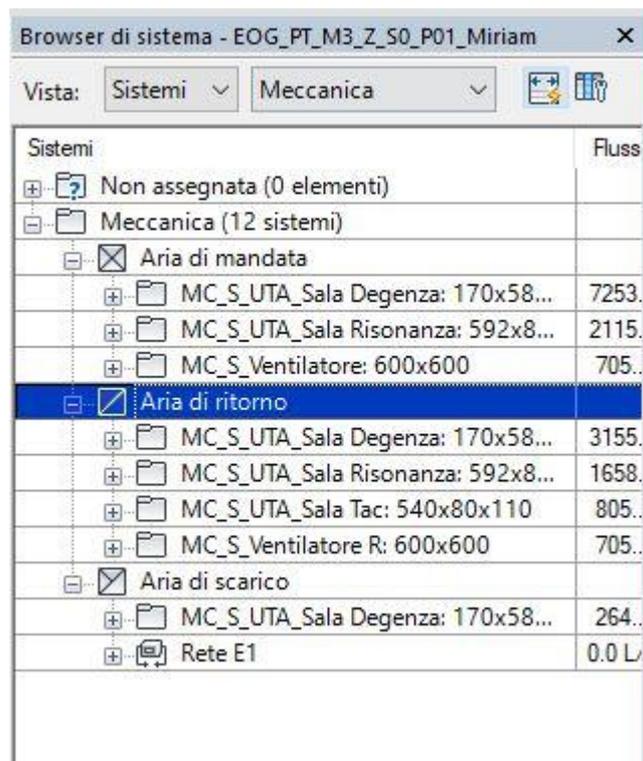


Figura 31-Browser di Sistema per gerarchizzazione

La gerarchizzazione viene eseguita cliccando sul terminale e da lì si aprirà una scheda che rimanda a sistemi di condotti, all'interno di essa tramite il comando *Seleziona attrezzatura* viene eseguita l'operazione di gerarchizzazione.



Figura 32-Selezione attrezzatura

2.4.5. Nomenclatura famiglie e tipi

Durante la fase di modellazione si è ritenuto necessario gettare le basi per le linee guida che interessano la denominazione delle famiglie e dei tipi, in particolare nasce dall'esigenza di proporre uno standard di riferimento. Tali regole vengono definite tenendo conto dell'European MEPcontent Standard, un documento redatto da Stabiplan per fornire una comprensione più chiara di quelle che sono le esigenze legate ai contenuti informativi e grafici, finalizzati al raggiungimento di un elevato livello di uniformità.

La tabella sottostante riporta il raggruppamento delle principali categorie di oggetti costituenti l'impianto HVAC.

Tabella 2- Raggruppamenti categoria

	CATEGORIA	FAMIGLIA
MC	Bocchettone	
	Condotto	Condotto
	Raccordo condotto	
	Condotto flessibile	Condotto flessibile
	Attrezzatura meccanica	
	Accessori condotto	

In grigio sono evidenziate le famiglie di sistema di Autodesk Revit il cui nome della famiglia è definito di default. Di tale categoria di oggetti viene descritta di seguito la denominazione dei tipi. In bianco invece sono indicate le famiglie caricabili, di cui viene illustrata di seguito la denominazione della famiglia e del tipo.

SOTTODISCIPLINA_CATEGORIA_SOTTOCATEGORIA_DESCRIZIONE

Il criterio di denominazione delle famiglie appartenenti alla disciplina *meccanica* viene descritto di seguito mediante l'indicazione della regola generale nonché la struttura effettiva della nomenclatura che si deve rispettare.

Tabella 3- Criteri di denominazione famiglia

Sigla	Descrizione																																													
SOTTODISCIPLINA	<p>Identificativo della sotto-disciplina al quale si riferisce l'oggetto MEP (max. 3 caratteri comprensivo dell'""_"). Lo standard proposto nasce dall'esigenza di farlo interagire con il software di FM.</p> <p>MC: Meccanico</p>																																													
CATEGORIA	<p>Descrizione della categoria funzionale in cui rientra l'oggetto MEP analizzato (max. 2 caratteri comprensivo dell'""_"), unendo sia la categoria legata all'attività di modellazione con quella relativa alla funzione dell'oggetto impiantistico.</p> <p>S: Sorgente (elemento rappresentante l'alimentazione di una porzione impiantistica). C: Rete (elemento costituente la distribuzione impiantistica orizzontale e verticale). T: Terminale (elemento terminale dell'impianto). E: Attrezzatura (elemento di supporto alla rete che non svolge la funzione di sorgente). A: Accessorio (elemento costituente un nodo della rete. A titolo esemplificativo e non esaustivo: smorzatori, filtri, etc.).</p>																																													
	<p>Descrizione della sottocategoria funzionale in cui rientra l'oggetto MEP analizzato. Queste risultano suddivise per categoria, con la relativa Descrizione finalizzata alla corretta identificazione dell'oggetto.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>Sottocategoria</th> <th>Note</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">S</td> <td>UTA</td> <td>Unità di trattamento aria</td> </tr> <tr> <td>VENTILATORE</td> <td>Ventilatore d'aria</td> </tr> <tr> <td>G FRIGO</td> <td>Gruppo Frigo ad acqua refrigerata</td> </tr> <tr> <td>ESTRATTORE</td> <td>Estrazione servizi igienici</td> </tr> <tr> <td>G FRIGO</td> <td>Gruppo frigo</td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td>Unità esterne condizionatori singoli</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="6">C</td> <td>CONDOTTO</td> <td>Condotto generico rigido</td> </tr> <tr> <td>CONDOTTO FLEX</td> <td>Condotto generico flessibile</td> </tr> <tr> <td>VE</td> <td>Vaso di espansione</td> </tr> <tr> <td>RACCORDO</td> <td>Raccordo</td> </tr> <tr> <td>VALVOLA</td> <td>Valvole</td> </tr> <tr> <td>SERBATOI</td> <td>Accumulatori/serbatoi in genere</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">T</td> <td>BOCCHETTA M</td> <td>Bocchetta di mandata dell'impianto di ventilazione</td> </tr> <tr> <td>BOCCHETTA R</td> <td>Bocchetta di ritorno dell'impianto di ventilazione</td> </tr> <tr> <td>BOCCHETTA E</td> <td>Bocchetta impianto di estrazione</td> </tr> <tr> <td>GRIGLIA</td> <td>Griglia</td> </tr> <tr> <td>UI</td> <td>Unità interne condizionatori singoli</td> </tr> <tr> <td>VC</td> <td>Ventilconvettore</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria	Sottocategoria	Note	S	UTA	Unità di trattamento aria	VENTILATORE	Ventilatore d'aria	G FRIGO	Gruppo Frigo ad acqua refrigerata	ESTRATTORE	Estrazione servizi igienici	G FRIGO	Gruppo frigo	UE	Unità esterne condizionatori singoli	...			C	CONDOTTO	Condotto generico rigido	CONDOTTO FLEX	Condotto generico flessibile	VE	Vaso di espansione	RACCORDO	Raccordo	VALVOLA	Valvole	SERBATOI	Accumulatori/serbatoi in genere	T	BOCCHETTA M	Bocchetta di mandata dell'impianto di ventilazione	BOCCHETTA R	Bocchetta di ritorno dell'impianto di ventilazione	BOCCHETTA E	Bocchetta impianto di estrazione	GRIGLIA	Griglia	UI	Unità interne condizionatori singoli	VC	Ventilconvettore
Categoria	Sottocategoria	Note																																												
S	UTA	Unità di trattamento aria																																												
	VENTILATORE	Ventilatore d'aria																																												
	G FRIGO	Gruppo Frigo ad acqua refrigerata																																												
	ESTRATTORE	Estrazione servizi igienici																																												
	G FRIGO	Gruppo frigo																																												
	UE	Unità esterne condizionatori singoli																																												
...																																														
C	CONDOTTO	Condotto generico rigido																																												
	CONDOTTO FLEX	Condotto generico flessibile																																												
	VE	Vaso di espansione																																												
	RACCORDO	Raccordo																																												
	VALVOLA	Valvole																																												
	SERBATOI	Accumulatori/serbatoi in genere																																												
T	BOCCHETTA M	Bocchetta di mandata dell'impianto di ventilazione																																												
	BOCCHETTA R	Bocchetta di ritorno dell'impianto di ventilazione																																												
	BOCCHETTA E	Bocchetta impianto di estrazione																																												
	GRIGLIA	Griglia																																												
	UI	Unità interne condizionatori singoli																																												
	VC	Ventilconvettore																																												

		VCC	Ventilconvettore a cassetta		
		RADIATORE	Radiatori ad acqua		
		...			
	A		SERRANDA M	Serranda motorizzata	
			SERRANDA R	Serranda di regolazione	
			FILTRO RF	Filtro RF	
			SILENZIATOR E	Silenziatore aria	
			...		
	DESCRIZIONE	Qualora tale codice non sia disponibile per la tipologia di oggetto analizzato, occorre identificare un aspetto univoco che rappresenti la famiglia.			
			<i>Sottocategoria</i>	<i>Area servita</i>	
S		UTA	Indicare l'area oggetto di trattamento aria		
		GF	Indicare l'oggetto di trattamento refrigerativo associato		
		UE	Indicare il produttore (*)		
		<i>Geometria oggetto</i>			
C		TR	Transizione rettangolare		
		DR	Deviatore rettangolare		
		RTR	Raccordo a T rettangolare		
		GR	Gomito rettangolare		
		CR	Croce rettangolare		
		GRC	Gomito rettangolare circolare		
T		<i>Sottocategoria</i>	<i>Geometria oggetto</i>	<i>Geometria connettore</i>	
		Bocchetta/ Griglia	RR	Rettangolare	Rettangolare
			RC	Rettangolare	Circolare
			CR	Circolare	Rettangolare
			CC	Circolare	Circolare
		<i>Sottocategoria</i>	<i>Tipologia</i>		
		UI	Ventilconvettore		
Split					
A		<i>Sottocategoria</i>	<i>Tipologia connettore</i>		
		Serranda M	M	Mandata	
			R	Ritorno	
		Filtro	M	Mandata	
			R	Ritorno	
	Silenziatore	Rettangolare			

Per la nomenclatura da adottare si precisa che per favorire l'uniformità:

- _ All'interno di uno dei campi individuati, non si deve utilizzare il carattere "_" ma lo spazio, se necessario;
- _ I singoli campi costituenti la nomenclatura della famiglia devono essere separati dal carattere "_";
- _ I primi tre campi (sotto disciplina, categoria e sottocategoria) vanno scritti in maiuscolo.

_ In ottica di integrazione con altri sistemi è preferibile non utilizzare caratteri speciali, rispettando un numero limitato di caratteri ad esempio inferiore i 32 caratteri;

-All'interno della gerarchizzazione quindi l'insieme degli oggetti che va dalla sorgente al terminale è denominato RETE: dovrà essere individuata la gerarchizzazione di tali raggruppamenti e la relativa nomenclatura, sulla base delle attività manutentive.

A titolo esemplificativo e non esaustivo si riporta la nomenclatura della rete per le tre tipologie di condotto esaminate nel caso studio:

<i>Mandata</i>	<i>Ritorno</i>	<i>Estrazione</i>
Es. Rete M1	Es. Rete R1	Es. Rete E1

A titolo esemplificativo e non esaustivo si riporta la nomenclatura della famiglia di una bocchetta di ripresa dell'aria:

MC_T_BOCCHETTA R_RR

A titolo esemplificativo e non esaustivo si riporta la nomenclatura della famiglia di UTA:

MC_S_UTA_Sala Tac

A titolo esemplificativo e non esaustivo si riporta la nomenclatura della famiglia di Unità moto condensate esterne:

MC_S_UE_Produttore1

(*) in riferimento a tale oggetto viene fatta un'eccezione nelle scelte di nomenclatura andando a particolarizzare tale famiglia nella descrizione con il produttore.

La scelta nasce dall'esigenza di aver caratterizzato l'oggetto nella nomenclatura della famiglia non in base alle dimensioni, che risultano essere le stesse per tutti ma in base al modello.

Il criterio di denominazione dei tipi di famiglia appartenenti alla disciplina meccanica viene descritto di seguito mediante l'indicazione delle discriminanti in funzione delle quali avviene la strutturazione degli stessi. Si precisa che in funzione della famiglia analizzata, si dovrà ricorrere alla scelta dei parametri idonei all'identificazione del tipo specifico.

Qualora l'indicazione relativa a " TIPOPARAMETRO1" contiene le informazioni dei tipi parametri successivi, l'Appaltatore può omettere la compilazione degli stessi limitandosi al primo.

TIPOPARAMETRO1_ TIPOPARAMETRO2_ TIPOPARAMETRO3_...

Tabella 4- Criteri di denominazione di tipo

Categoria	Sigla	Descrizione
T, S, C, A	TIPOPARAMETRO1	Parametro identificativo delle dimensioni geometriche dell'oggetto e che ne permette la differenziazione, ricavate dagli elaborati As-Built forniti da Ospedale Galliera e dalle attività di rilievo, riportate in mm. A titolo esemplificativo e non esaustivo: 500x400 (larghezza x altezza) DN250 (diametro dell'oggetto)
S, C, A	TIPOPARAMETRO2	Parametro identificativo della portata dell'oggetto analizzato, da intendersi come caratteristica associata al connettore meccanico presente all'interno della famiglia BIM. Tale valore risulta inoltre utile per una corretta gerarchizzazione impiantistica. A titolo esemplificativo e non esaustivo: 500mch
T	TIPOPARAMETRO2	Parametro identificativo della connessione geometrica dell'oggetto e che ne permette la differenziazione della connessione tra condotto e terminale, ricavate dagli elaborati As-Built forniti da Ospedale Galliera e dalle attività di rilievo, riportate in mm. A titolo esemplificativo e non esaustivo: 300x300 (larghezza x altezza)
S	TIPOPARAMETRO3	Parametro identificativo della prevalenza dell'oggetto analizzato, da intendersi come caratteristica associata al connettore meccanico presente all'interno della famiglia BIM. Tale valore risulta inoltre utile per una corretta gerarchizzazione impiantistica. A titolo esemplificativo e non esaustivo: 900Pa (valore riferimento alla prevalenza di mandata)

S	TIPOPARAMETRO4	<p>Parametro identificativo della assorbimento elettrico dell'oggetto analizzato, da intendersi come caratteristica associata al connettore all'interno della famiglia BIM. Tale valore risulta inoltre utile per una corretta gerarchizzazione impiantistica.</p> <p>A titolo esemplificativo e non esaustivo: 7.5 KW (valore inerente la potenza elettrica) 400V (valore inerente la tensione elettrica)</p> <p>Tali parametri sono da considerarsi un'alternativa.</p>
S, T	TIPOPARAMETRO5	<p>Parametro identificativo dell'acqua condensata/refrigerata dell'oggetto analizzato, da intendersi come caratteristica associata al connettore all'interno della famiglia BIM. Tale valore risulta inoltre utile per una corretta gerarchizzazione impiantistica.</p> <p>A titolo esemplificativo e non esaustivo: R410A (valore legato alla tipologia di gas refrigerante) 9 kg (portata relativa al gas refrigerante)</p>
T, S	TIPOPARAMETRO6	<p>Parametro identificativo del modello dell'oggetto analizzato, da intendersi come caratteristica associata all'oggetto BIM. Tale scelta è un'eccezione nata dall'assenza di informazioni geometriche.</p> <p>A titolo esemplificativo e non esaustivo: Modello1 (codice legato alla tipologia di modello MITSUBISCHI) (**)</p>
A	TIPOPARAMETRO7	<p>Parametro identificativo dei connettori meccanici sulle facce dell'oggetto analizzato, da intendersi come caratteristica associata all'oggetto BIM.</p> <p>A titolo esemplificativo e non esaustivo: 1x3 (1 connettore d'ingresso, 3 connettori d'uscita).</p>
C	TIPOPARAMETRO8	<p>Parametro identificativo dell'angolo che la transizione rettangolare forma, da intendersi come caratteristica associata all'oggetto BIM. 45 gradi</p>
C	TIPOPARAMETRO9	<p>Parametro identificativo dell'moltiplicatore raggio che il gomito rettangolare forma, da intendersi come caratteristica associata all'oggetto BIM. 1W (valore riferimento al moltiplicatore raggio)</p>

Qualora uno dei tipi parametri individuati non risulti pertinente all'oggetto occorre passare a quello successivo (es: per l'oggetto canalizzazione il "TIPOPARAMETRO1")

potrebbe non risultare compilabile dal momento che appartiene ad una famiglia di sistema per tale elemento: occorre passare quindi al tipo parametro successivo).

500x400_200mch

Per la nomenclatura da adottare si precisa che:

- _ Il numero di "TIPOPARAMETRO" presente all'interno della nomenclatura del tipo di oggetto può variare in funzione delle specifiche necessità;
- _ Quando si rende necessario riportare le dimensioni geometriche dell'oggetto, occorre seguire quanto illustrato nella tabella soprastante: lunghezza, larghezza e altezza della sezione separate dalla simbologia "x", (indicare esclusivamente le dimensioni significative);
- _ I campi costituenti la nomenclatura dei tipi di famiglia riguardano parametri/informazioni che rendono il tipo univoco e che si rende necessario differenziare a livello di modellazione. Non si dovrà quindi includere informazioni che non sono rilevanti per tale identificazione;
- _ Le diverse parti "TIPOPARAMETRO" che compongono la nomenclatura del tipo devono essere separati dal carattere "_" e devono essere compilate in maiuscolo.

A titolo esemplificativo e non esaustivo si riportano i seguenti esempi di nomenclatura di tipo:

Esempio del tipo di una famiglia di bocchetta di mandata dell'aria, avente rispettivamente sezione rettangolare e circolare:

600x600_ DN150

600x600_ 300x300

La nomenclatura indicata a titolo esemplificativo e non esaustivo contiene le indicazioni relative alla geometria della bocchetta, andando a distinguere il "TIPOPARAMETRO" nel caso rettangolare e/o circolare dell'elemento.

Al condotto circolare è stato associato un connettore circolare e a quello rettangolare uno rettangolare, sulla base delle informazioni progettuali: si tratta

di informazioni che, come illustrato, non impattano sulla nomenclatura del tipo bensì su quella della famiglia.

Esempio del tipo di una famiglia sorgente Unità di trattamento aria:

5920x810x130_1600mch

La nomenclatura indicata a titolo esemplificativo e non esaustivo contiene le indicazioni relative alla geometria dimensionale dell'UTA e infine al valore di portata di mandata.

Esempio del tipo di una famiglia sorgente Unità moto condensata esterna:

Modello1

(**) La nomenclatura indicata a titolo esemplificativo e non esaustivo contiene le indicazioni relative al modello di produzione dell'oggetto unità moto condensata. Tale scelta risulta essere un'eccezione di quanto indicato precedentemente nelle linee guida in previsione delle modalità di aggiornamento dei dati con il software di FM. Non avendo a disposizione le informazioni dimensionali necessarie a caratterizzare ogni oggetto, l'unica discriminante è il modello/produttore.

Esempio del tipo di una famiglia accessorio Filtro:

1x3

La nomenclatura indicata a titolo esemplificativo e non esaustivo contiene le indicazioni relative alla presenza di un connettore di ingresso su una faccia dell'oggetto e 3 connettori d'uscita sul lato opposto.

2.4.6. Parametri

In un contesto in cui il contenuto informativo degli elementi diviene protagonista, è bene sottolineare come questo è direttamente legato allo stesso tramite relazioni e attributi ovvero i Parametri. Ogni elemento all'interno dell'applicativo Autodesk Revit, è corredato da parametri che ne descrivono le caratteristiche, geometriche e informative e ne determinano la relazione con gli altri elementi presenti nel modello. Per quanto riguarda le famiglie abbiamo una prima divisione di tipologia di parametri, ovvero quella riferita ai Tipi, sono quelli delle dimensioni per esempio, o di alcune caratteristiche che li differenziano tra loro all'interno della famiglia. Gerarchicamente nel livello inferiore troviamo i parametri riferiti alle *Istanze* che possono variare all'interno di un gruppo *Tipo*, questo permette dunque di associare attributi agli elementi singoli e non a tutti i tipi, come esempio si può prendere il nome dell'elemento, il contrassegno, il numero del componente. E' pratica consueta aggiungere al progetto dei parametri e definiti per rispondere ad altre esigenze.

La possibilità di aggiungere Parametri però è un arma perché averne troppi può diventare controproducente e dispersivo. Per questo si è deciso di seguire il seguente schema:

Determinazione → Elaborazione → Comparazione → Sintesi

Determinazione: in questa fase si sono raccolti tutti i dati relativi alla documentazione CAD, al database per gli impianti *CPLConcordia*, alle schede di manutenzione, alle informazioni fornite di default da Revit;

Elaborazione: si è determinata una lista di tutti gli oggetti interessati per la modellazione HVAC (attrezzatura meccanica, terminali, radiatori. ecc), per ognuno di essi si è creata una scheda in cui si sono raccolti tutti i parametri selezionati nella fase di determinazione;

Comparazione: tenendo conto delle esigenze manutentive e delle finalità di gestione, si è fatta un confronto e una selezione tra i parametri precedentemente definiti che ha portato all'eliminazione di quelli ritenuti meno appropriati;

Sintesi: infine si è ottenuta una lista di parametri suddivisi per caratteristiche di tipo informativo e caratteristiche di tipo manutentivo, che successivamente sono inseriti tra i parametri condivisi di Revit.

I parametri creati ricadono sotto la categoria dei parametri condivisi poiché questi sono quelli più versatili e gestibili, sono visualizzabili nelle etichette, negli abachi e possono essere esportati. A titolo di esempio la procedura utilizzata per aggiungere alcuni parametri è la seguente:

All'interno dell'interfaccia *Gestisci*, andando su *Parametri condivisi* ci dà la possibilità di caricare un file di parametri già definiti, come nel nostro caso si sono caricati quelli condivisi dall' EOG, e quella di aggiungerne degli altri creandone dei nuovi. Nel nostro caso si è andato ad aggiungere il gruppo di parametri MEP, tale gruppo di parametri sono organizzati e caricati nel template:

EOG_PT_M3_Z_S0_P01_Modeltemplate_HVAC, in modo da essere fruibili per un futuro utilizzo.

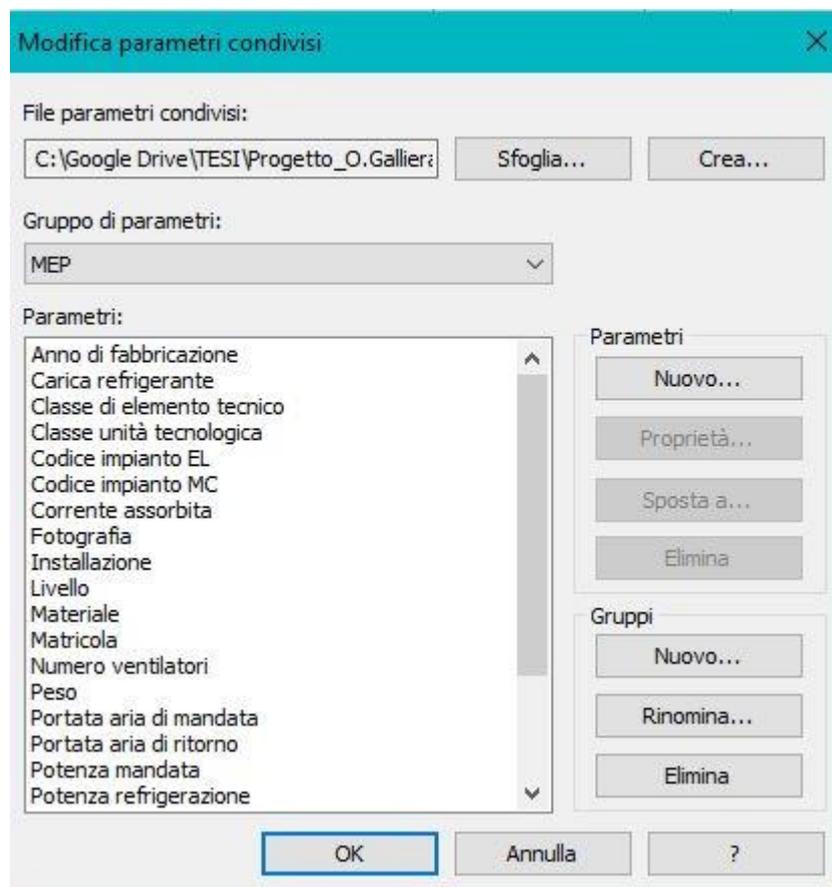


Figura 33-Lista parametri condivisi

Successivamente cliccando su *Parametri progetto* vengono aggiunti i parametri condivisi, distinguendoli per tipo o istanza. La scelta tra i parametri di istanza o di tipo viene fatta valutando per ogni oggetto quelli che possono essere dei parametri fissi o comunque validi per più oggetti quindi di tipo o parametri che vengono aggiornati singolarmente per ogni oggetto e quindi di istanza.

2.4.7. Gli abachi

In Revit, gli abachi rappresentano uno degli strumenti indispensabili ed essenziali, utilizzati nella fase di progettazione, gestione e manutenzione. Gli abachi sono tabelle, elenchi e computi che vengono estratti direttamente dalle proprietà degli elementi del modello di Revit.

La capacità di creare ed aggiornare i dati (in caso di modifiche) in tempo reale è uno dei punti cardine dei sistemi BIM. Gli abachi sono lo strumento base per la gestione del modello digitale per il FM. Infatti è possibile mediante l'utilizzo opportuno di formule e parametri condivisi compiere attività di gestione degli spazi, verifica sull'effettivo sfruttamento delle aree, verifica che le normative relative all'utilizzo degli spazi siano rispettate. Operando in un sistema BIM, si ha il vantaggio di avere in un unico file tutte le informazioni riguardanti il modello del padiglione e di poter condividere tali informazioni attraverso formati di interscambio con altri software ed applicazioni.

Per creare un abaco all'interno del progetto, è necessario selezionare l'opzione "Nuovo Abachi/ Quantità"

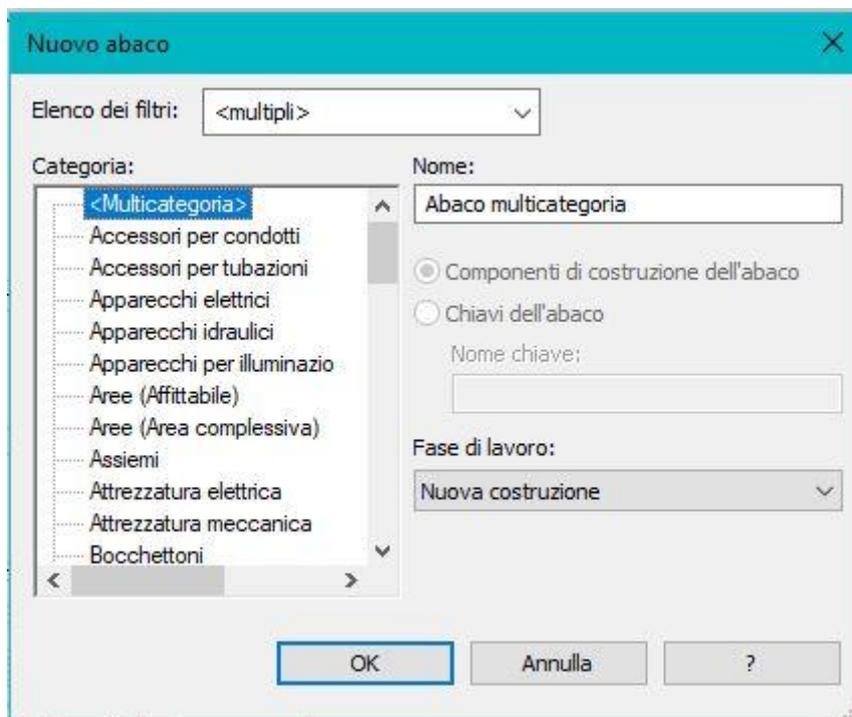


Figura 34-Creazione Abaco

Da questa finestra si potrà selezionare una categoria di elementi da catalogare. Per poter visualizzare i parametri all'interno dell'abaco è possibile impostare:

- Campi: permette di selezionare quali dati appariranno nell' abaco;
- Filtro: utilizzato per escludere dall'abaco i dati che non si desidera visualizzare;
- Ordinamento/raggruppamento: regola l'ordine in cui vengono presentate le informazioni;
- Formattazione: regola l'intestazione delle colonne per ogni campo;
- Aspetto: controlla l'aspetto grafico dell'abaco, in termini di carattere del testo e le linee della tabella.

Per quanto riguarda il caso studio l'utilizzo degli abachi e la corretta definizione e gestione di essi, diventano necessari nell'ottica dell'implementazione del modello digitale con software specifici di Facility Management. In particolare nella gestione delle informazioni relative ai diversi oggetti MEP, l'utilizzo degli abachi per diverse categorie di oggetti è stato fondamentale, sia per il confronto tra essi sia per la compilazione dei differenti campi interessati e non di ciascuno di essi.

2.4.8. Codifica

Tra i parametri che caratterizzano i vari elementi non può mancare il contrassegno, inteso come un **ID univoco** e identificativo di ogni oggetto. Esaminando i documenti e le piattaforme messe a disposizione, l'unico identificativo era quello messo a disposizione dal database *CPLConcordia*.

Grazie alle credenziali forniteci dall'ufficio tecnico EOG è stato possibile analizzare e ottenere informazioni di dettaglio, quali schede tecniche, manutenzione accedendo al seguente portale.

Una volta nel sito si apre un'anagrafica tecnica che rimanda tramite delle sottocartelle gerarchizzate a quella di interesse. Ad esempio nel caso dell'UTA la codifica è la seguente: **CI_AD_1S_X01@UTA001 - UTA TAC**.

The screenshot shows a web application interface for technical data. On the left is a navigation menu titled 'Anagrafica tecnica' with a search bar and a tree view of building components. The main area displays the 'Scheda anagrafica' for 'UTA - UTA001'. The breadcrumb trail is: CI - ENTE OSPEDALIERO GALLIERA » PADIGLIONE B1 - AD » Piano - 1S » Locale esterno - X01 MURA DELLE CAPPUCCINE 14. The data table includes:

Nome	UTA - UTA001		
Indirizzo	MURA DELLE CAPPUCCINE 14		
Latitudine	44.4007055	Longitudine	8.9408219
Codice posizione	CI_AD_1S_X01	Codice oggetto	UTA001
Componente	CI_AD - GALLIERA - PADIGLIONE B1 CI_AD_1S@EUP - P1S - TRATTAMENTO ARIA CI_AD_1S_X01@UTA001 - UTA TAC		
Indice (ICG)	31		

Buttons for 'Scheda tecnica' and 'Scheda PDF' are visible below the table. At the bottom, there are tabs for 'DATI TECNICI', 'MANUTENZIONE', 'INGEGNERIA RAMS', and 'Foto'.

Figura 35-Scheda tecnica UTA-fonte: CPLConcordia

La prima parte del codice indica la posizione delle sottocartelle:

- CI-ENTE OSPEDALIERO GALLIERA
- A: Padiglione B1
- 1S: Livello
- X01: Locale

Il tutto collegato tramite una "@" ad un secondo codice che identifica **zona locale_zona servita**.

La scelta di utilizzare una simbologia speciale in genere non riconosciuta dai software, specialmente quelli legati al FM, ci ha portato a studiare una nuova metodologia di codifica.

Mentre per ciò che riguarda i file CAD fornitici anch'essi presentano una loro codifica probabilmente derivante dalla piattaforma CPLConcordia, infatti presentano la seguente codifica: **CI_AD_1S**.

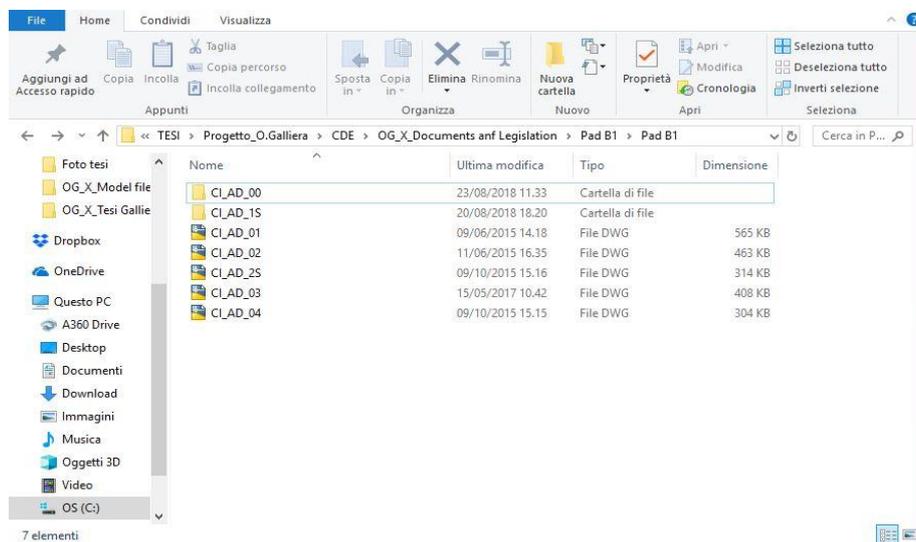


Figura 36-Codifica documentazione CAD

Tuttavia ogni cartella al suo interno presenta dei codici As Built differenti, nati dal fatto che non vi è stata in fase di progettazione una chiara definizione delle linee guida da seguire per la compilazione di tali campi, che seppur all'apparenza possono sembrare banali rappresentano un aspetto fondamentale nell'ambito della progettazione BIM.

Si è scelto di determinare un Asset Code tenendo conto delle esigenze della Committenza e di alcune considerazioni fatte anche confrontando le codifiche forniteci. La metodologia applicata si presenta nel seguente modo:

Tabella 6- Asset Code

Asset Code	Tutti gli oggetti (ad eccezione degli oggetti locali)	Identifica in maniera univoca un'oggetto all'interno di un singolo sito. A titolo esemplificativo, viene riportata la valorizzazione dell'Asset Code, da compilare secondo il relativo standard (lettere maiuscole e "_"): <i>EOG_1SB1_MC_ME_0001</i>
-------------------	---	---

		EOG	EOG: Ente Ospedaliero Galliera
		1S	2S: Piano inferiore secondo 1S: Piano inferiore 00: Piano terra 01: Piano primo ammezzato 11: Piano primo 12: Piano secondo ammezzato 22: Piano secondo
		B1	B1: Padiglione B1 B2: Padiglione B2 ...
		MC	AR: Architectural EL: Electrical FN: Furniture FP: Fire Protection MC: Mechanical PL: Plumbing ST: Structural
		ME	ME: Mechanical Equipment
		0001	Numero progressivo univoco per categoria e per livello, composto da 4 cifre.

L' Asset Code si compone di:

- Il primo campo indica l'identificativo del progetto;
- Il secondo campo fornisce indicazioni di livello e nello specifico il padiglione di interesse. Essendo l'Ente Ospedaliero Galliera composto di dieci padiglioni più altre sei strutture di pertinenza, una delle esigenze è stata quella di accorpare le due voci anteponendo il livello, in modo tale che non si creassero interferenze di codifica con le associazioni degli altri padiglioni;
- Il terzo campo identifica la disciplina di interesse;
- Il quarto campo la famiglia di oggetti;

- Il quinto e ultimo campo, al numerazione progressiva per categoria e livello composta da 4 cifre.

La proposta sostituirebbe quella che era la preesistente codifica prevista dai file CAD degli As_Built, nonché della piattaforma CPLConcordia, di riferimento per l'ufficio tecnico nel reperire tutto ciò che concerne la parte impiantistica.

2.4.10. Classificazione degli oggetti

Per uniformare al meglio gli oggetti in Revit è stata implementata la loro classificazione, essa ci consente di identificare ogni singolo oggetto attraverso una codifica che segue regole ben precise a seconda del tipo a cui facciamo riferimento. Un esempio ne è sicuramente la Omniclass già implementata di default da Revit, la qual però non è valida per le famiglie di sistema e quindi non soddisfa a pieno tutti i requisiti.

L'implementazione di un processo di gestione, ed eventualmente progettazione della conservazione, basato sul Building Information Modelling per il patrimonio esistente si scontra immediatamente con il problema di scomporre il bene costruito in parti costituenti univocamente definite per poter associare queste parti agli oggetti che i software di BIM authoring mettono a disposizione. La moltitudine di soggetti coinvolti, di oggetti da gestire e i differenti approcci al problema creano delle ambiguità nella definizione degli oggetti. In particolare, presenta le seguenti problematiche all'applicazione diffusa degli strumenti informatici nel processo di gestione:

- mancanza di standardizzazione nell'identificazione degli oggetti della filiera;
- mancanza di standardizzazione nella raccolta, trasmissione e conservazione delle informazioni.

La soluzione a questi problemi, almeno per quanto riguarda la parte di definizione dell'oggetto edilizio, è quella di utilizzare una struttura gerarchica, su più livelli, che consenta di identificare con precisione l'oggetto di analisi, sia esso un edificio o una sua parte.

I sistemi di classificazione di oggetti edilizi sono molti e, pur avendo all'incirca la stessa finalità, coprono ambiti differenti e sono strutturati in maniera spesso difficile da confrontare, non tanto ai livelli dettagliati (componenti, prodotti) quanto

a quelli più alti (unità tecnologiche o funzionali). Per questo è necessario visionare più strutture, tra le quali:

- UNI 8290-1 (1981)
- UniClass
- MasterFormat (2016)
- OmniClass (2016)

Al fine di riuscire a ottenere una destrutturazione coerente dell'organismo edilizio, connessa a un sistema di codifica, che risulti di utilità per la definizione degli oggetti BIM e dei relativi attributi informativi, oltre che per la gestione del patrimonio esistente lungo l'intero ciclo di vita.

Lo scopo è quello di creare una base per lo sviluppo di un sistema di classificazione in grado di dialogare con strumenti BIM e al contempo descrivere la complessità degli edifici esistenti in tutte le fasi del processo edilizio.

Tra i sistemi di classificazione maggiormente utilizzati a livello nazionale e internazionale.

La classificazione, intesa come ordinamento in classi dell'insieme degli elementi aventi le stesse proprietà, rappresenta un problema generale a tutti gli ambiti del sapere. Un sistema di classificazione deve possedere due caratteristiche essenziali per poter essere considerato un linguaggio controllato: definire esaustivamente un argomento comprendendo tutti i concetti che gli appartengono e permettere l'appartenenza di ogni elemento dell'argomento a un'unica classe. Per poter essere efficace, dunque, un sistema di classificazione deve soddisfare i seguenti due requisiti:

- essere stabile, il che significa che una volta diffuso deve poter esser applicato nei diversi contesti previsti senza necessitare di modifiche o stravolgimenti sostanziali;
- essere flessibile, ovvero deve garantire l'espandibilità in modo da permettere, ove necessario, di aggiungere nuove parti (deve pertanto essere concepito con una struttura modulare).

Dallo studio dei piani di classificazione adottati nel settore delle costruzioni emerge un'evidente difficoltà nel classificare in modo univoco i prodotti e, soprattutto, una grande frammentarietà di questi sistemi classificatori, tale da renderli utilizzabili solo localmente. Eccezione ai sistemi classificatori locali sono l'SfB (1956) e il

sistema RUDC (2016), versione ridotta del grande piano UDC (Classificazione Decimale ed Universale), concepito per organizzare ogni genere di informazioni. Avere un unico ed efficiente strumento di comunicazione richiede innanzitutto la definizione di opportuni modi standardizzati per la descrizione dei manufatti edilizi; la classificazione è un mezzo per raggiungere tale obiettivo, rendendo agevole la comunicazione tra più soggetti in uno stesso ambito. In particolare nel campo delle costruzioni la classificazione facilita le fasi di specifica delle caratteristiche, di organizzazione dei documenti progettuali e di stima dei costi.

Poiché la base di un sistema di classificazione è la suddivisione di una serie di elementi in classi, esistono due diverse modalità per raggruppare gli elementi:

- raggruppamenti diretti: gli elementi sono identificati in quanto appartenenti a una classe, le classi sono organizzate secondo un ordine gerarchico, quindi vi sono delle classi principali e, per ognuna di esse, delle sotto classi e così via (ad esempio le parti di un edificio sono i muri, i pavimenti, le fondazioni, il tetto e all'interno di questi gruppi è possibile identificare altri elementi); un esempio di classificazione basati sui raggruppamenti diretti è CSI MasterFormat (2016) diffuso negli USA;
- raggruppamenti combinatori: nei quali sono considerati più attributi per un elemento e un elemento viene identificato dalla libera aggregazione di questi attributi. Una classificazione di questo tipo è detta a faccette. Esempi di classificazione a faccette sono l'SfB (1956) e la UNI 11337:2009.

La classificazione a faccette è un sistema di classificazione dell'informazione che sfrutta un sistema di attributi (metadati) mutuamente esclusivi, rappresentanti ciascuno un aspetto o proprietà persistente dell'oggetto e capaci – nel loro insieme – di descrivere esaustivamente l'oggetto stesso. Tali attributi sono detti faccette e sono contraddistinti da queste peculiarità:

- sono invariabili dal punto di vista semantico (ad es. la proprietà COLORE di un oggetto può variare in termini di valori che può assumere – giallo, rosso, etc. – ma è invariabile come concetto; cioè quell'oggetto avrà sempre un colore);
- costituiscono un insieme aperto, per cui è sempre possibile aggiungere nuove faccette a quelle già esistenti;

- sono utilizzabili come attributi di ricerca sia singolarmente che in combinazione. Tali faccette sono mutuamente esclusive, vale a dire che fra esse non vi è sovrapposizione semantica.

Ciascuna faccetta potrà essere a sua volta suddivisa/scomposta in più topic (o voci, o faccette di secondo livello – la nomenclatura può variare da autore ad autore). Nei sistemi di classificazione tradizionali (detti anche tassonomie tradizionali o sistemi enumerativi), ogni elemento è classificato sotto una e una sola categoria. Esso possiede una corretta e univoca collocazione all'interno di un unico schema, ampio e gerarchicamente molto profondo e può essere ritrovato attraverso un percorso a gradini categoria padre > categoria figlio. Un sistema di questo tipo è quindi monodimensionale (il criterio di catalogazione è unico) e molto esteso in verticale – seppure è possibile cercare al suo interno attraverso più modalità (comunque limitate, come ad esempio titolo, soggetto, autore). Essi costituiscono una sorta di 'recipienti' chiusi, disposti in sequenza, e concepiti in forma di matrioska (sistema di scatole nella scatole, con forte gerarchizzazione). Alla verticalità dei sistemi di catalogazione tradizionali, la classificazione a faccette contrappone un sistema di classi (faccette) orizzontale e aperto (laddove ciascuna faccetta è descrittiva di una proprietà o faccia dell'oggetto). I principali tratti distintivi di un sistema a faccette sono così sintetizzabili: - pluridimensionalità: ogni oggetto è classificato secondo una pluralità di attributi; - persistenza: tali attributi/faccette costituiscono proprietà essenziali e persistenti dell'oggetto; in questo modo l'impatto (sullo schema di classificazione) di eventuali cambiamenti (di nomenclatura, di workflow etc.) è fortemente ridotto o nullo; - scalarità: è sempre possibile aggiungere una nuova faccetta descrittiva di un nuovo aspetto dell'oggetto; - flessibilità: esiste una pluralità di chiavi di accesso parallele (faccette); ogni oggetto può essere reperito utilizzando una singolo attributo di ricerca (o faccetta) alla volta, oppure più attributi insieme in combinazione. Nel seguito si presentano i principali sistemi di classificazione riscontrabili oggi nel mondo delle costruzioni.

La UNI 8290-1:1981

La norma italiana UNI 8290-1 del settembre 1981 rappresenta un importante passo in avanti nel fornire a livello nazionale un **modello classificatorio** che abbia un grado di ufficialità e diffusione, oltrech  un ampio riscontro e collaudo nella pratica professionale ed istituzionale. La UNI 8290-1 "Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia"   stata sviluppata per consentire un'ordinata e organica scomposizione di un sistema edilizio in pi  livelli, con regole omogenee. La scomposizione del sistema presenta tre livelli, dando luogo a tre insiemi denominati:

- classi di unit  tecnologiche (primo livello);
- unit  tecnologiche (secondo livello);
- classi di elementi tecnici (terzo livello).

Le voci dei primi due livelli sono le pi  opportune a rappresentare funzioni finalizzate a soddisfare esigenze dell'utenza. Le voci del terzo livello corrispondono a classi di prodotti che configurano modalit  di risposta complessiva o parziale alle funzioni delle unit  tecnologiche, ma sono tali da evitare il pi  possibile soluzioni precostituite. Bench  tale classificazione sia riferita all'edilizia residenziale, essa   utilizzabile anche per organismi edilizi con diverse destinazioni d'uso. Ai fini operativi specifici del settore edile   possibile estendere la scomposizione a ulteriori livelli, a condizione che essi prefigurino componenti sempre pi  particolari e che le voci di ciascun livello siano omogenee tra loro. Salvo i riferimenti alle unit  tecnologiche e agli elementi tecnici, infatti,   aperta alla possibilit  di incrementare i livelli secondo le necessit  del lavoro da realizzare (qualit  del materiale e caratteristiche dello stesso) in quanto scopo della UNI 8290   unificare la terminologia da impiegare nelle attivit  normative, programmatiche, progettuali, operative e di comunicazione. In particolare, la norma prevede che la scomposizione possa essere estesa ad ulteriori livelli, fissandone solo alcuni criteri per la loro individuazione:

1.   opportuno che i livelli di scomposizione successivi progressivamente prefigurino oggetti sempre pi  particolari;
2.   necessario che le voci di ciascun livello siano omogenee tra di loro;

3. è possibile che esistano, per uno stesso livello, voci derivanti da scomposizioni basate su più criteri non omogenei tra di loro e scelti ciascuno in corrispondenza a tipici scopi: in particolare sono utilizzabili riferimenti a complessità, tipo, forma, composizione, tecnica costruttiva, materiali costituenti.

Essa dunque fornisce, nel campo dell'edilizia, la classificazione funzionale e l'articolazione delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici nei quali è scomposto il sistema tecnologico. Può essere applicata a un sistema a faccette (sequenza classi di unità tecnologiche – unità tecnologiche – elementi tecnici) con l'importantissimo merito di prestarsi senza difficoltà al trattamento dei dati con i sistemi informatici. L'univocità, infatti, dei significati accompagnata a una codificazione adeguata permette di creare delle banche dati su cui operare, tramite semplici interrogazioni, i monitoraggi o le analisi. Lo schema indicato può essere parzialmente semplificato in funzione della minore complessità di specifici progetti e adattato di volta in volta al caso in esame. Esso fornisce indicazioni ottimali per l'analisi dell'edificio dal punto di vista progettuale ed esecutivo, anche se non vi figurano le operazioni preliminari alle costruzione vera e propria, quali la preparazione dell'area, gli scavi, i rinterri, etc.. A tal proposito, occorre evidenziare che nell'ottica della UNI 8290 trova applicazione la metodologia più utile e proficuamente applicata al progetto edilizio e in particolare al progetto esecutivo, rappresentata dalla Work Breakdown Structure (WBS), nata per organizzare, definire e illustrare graficamente il prodotto da fornire, così come il lavoro da compiere per realizzare uno specifico prodotto, nel rispetto costante di vincoli di tempo, costi e prestazioni.

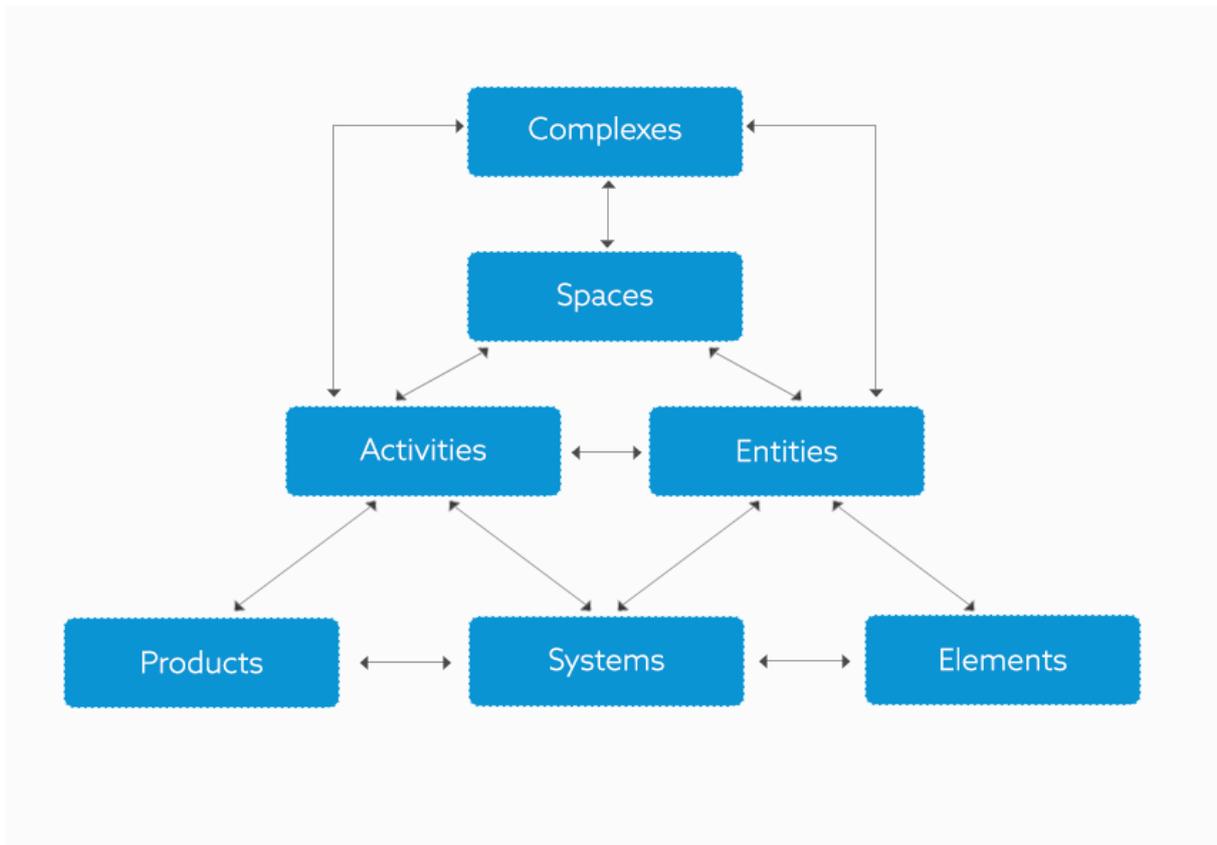


Figura 37- Le categorie di classificazione e il loro ordine gerarchico-fonte: <http://www.shelidon.it>

La WBS si basa sulla scomposizione e classificazione funzionale del sistema edificio in sottosistemi, componenti, sub-componenti, fino al massimo dettaglio analizzabile, che coincide con le voci elementari di lavoro e l'analisi delle risorse. Ciò viene rappresentato graficamente in uno schema a piramide o "albero" delle funzioni. Il livello di dettaglio da raggiungere dipende dalla fase progettuale da gestire. Risulta evidente che ogni elemento del sistema che impedisca di procedere alla scomposizione fino al massimo dettaglio necessario è un elemento non totalmente definito a livello progettuale. Portare a termine la procedura WBS significa, pertanto, verificare implicitamente il livello di completezza e di approfondimento del progetto esecutivo.

UniClass

UniClass (Unified Classification For The Construction Industry, 2016) è un sistema di classificazione introdotto nel Regno Unito nel 1997 dal Construction Project Information Committee (CPIC). Si basa su standard già esistenti come CAWS (Common Arrangement of Work Sections for Building Works) ed EPIC (Electronic Product Information Cooperation) proponendone di fatto un'integrazione. UniClass sviluppa un metodo di classificazione per il mondo delle costruzioni basato su 15 tabelle; ogni tabella riguarda uno specifico aspetto informativo e può essere usata singolarmente o abbinata ad altre tabelle per esprimere concetti complessi.

ID	Tabella
A	Form of Information
B	Subject Disciplines
C	Management
D	Facilities
E	Construction Entities
F	Spaces
G	Elements for Buildings
H	Elements for Civil Engineering Works
J	Work Sections for Buildings
K	Work Section for Civil Engineering Works
L	Construction Products
M	Construction Aids
N	Properties and Characteristics
P	Materials
Q	Universal Decimal Classification

Figura 38- Elenco delle tabelle UniClass

MasterFormat

MasterFormat (2016) rappresenta lo standard di comunicazione più usato in USA e Canada per organizzare i contenuti del progetto e i relativi documenti. Il progetto, tramite proposta del Construction Specification Institute (CSI), è stato scomposto in "divisioni" e all'interno di ogni divisione in sezioni, con lo scopo di standardizzare una procedura per gestire tutte le informazioni legate al progetto. Nella sua versione iniziale MasterFormat (MasterFormat 1995) prevedeva 16 divisioni.

ID	DIVISION	ID	DIVISION
01	General Requirements	09	Finishes
02	Site Construction	10	Specialties
03	Concrete	11	Equipment
04	Masonry	12	Furnishing
05	Metals	13	Special Construction
06	Wood and Plastics	14	Conveying System
07	Thermal and Moisture Protection	15	Mechanical
08	Doors and Windows	16	Electrical

Figura 39-Elenco delle tabelle di MasterFormat 1995

In MasterFormat 2004, che rappresenta un'evoluzione del precedente standard sono state apportate alcune modifiche con lo scopo di:

- includere nuovi materiali e procedimenti costruttivi;
- espandere gli elementi;
- affrontare le problematiche del progetto sul suo intero ciclo;
- garantire al sistema sufficiente flessibilità;
- aumentare l'ambito operativo.

Le divisioni (inizialmente 16) sono state portate a 50, arrivando a gestire un ampio spettro di informazioni, soprattutto per ciò che riguarda la documentazione di progetto. In particolare il sistema MasterFormat fa riferimento a due ambiti di carattere generale:

- il primo ambito definisce la modalità di scelta del contraente e i requisiti contrattuali;
- il secondo ambito si occupa dell'individuazione e dell'organizzazione dei requisiti prestazionali (specifiche tecniche).

Rispetto alla UNI 8290-1:1981, MasterFormat presenta alcuni caratteri di maggiore efficienza grazie all'attenzione posta sulle problematiche connesse alla rappresentazione/gestione del progetto. MasterFormat fornisce elementi utili a esprimere razionalmente la generalità dei contenuti del progetto, in stretto rapporto con l'esigenza di garantire il corretto trasferimento delle informazioni a tutti gli attori coinvolti.

OmniClass

OmniClass (2016) è un sistema di classificazione adottato dall'industria delle costruzioni americana (2006); è uno standard aperto a tutti e liberamente utilizzabile, che si basa su sistemi già esistenti e ancora oggi utilizzati quali UniClass, Masterformat e Unifomat. Alla base del sistema proposto da OmniClass sta la ricerca di un linguaggio comune da adottare per l'intero settore delle costruzioni fornendo un sistema standardizzato per classificare le informazioni relative a tutto il ciclo di vita di una generica costruzione, dalla progettazione alla demolizione. Un ulteriore scopo è quello di garantire la coerenza all'interno del sistema informativo in tutte le fasi di progettazione, grazie all'identificazione strutturata delle entità di progetto, all'individuazione e alla gestione delle relazioni tra di esse. Il sistema è formato da 15 tabelle, ognuna delle quali rappresenta un differente aspetto dell'informazione relativa alle costruzioni. Anche in questo sistema la singola tabella può essere utilizzata in modo indipendente per classificare una determinata informazione, oppure si possono combinare più tabelle per classificare informazioni complesse. La dimensione (numero e istanze) e la profondità (numero di livelli) di ciascuna tabella varia a seconda dell'argomento.

#	TABELLA	NOME	#	TABELLA	NOME
1	Table 11	Construction Entities by Function	8	Table 23	Products
2	Table 12	Construction Entities by Form	9	Table 31	Phases
3	Table 13	Spaces by Function	10	Table 32	Services
4	Table 14	Spaces by Form	11	Table 33	Disciplines
5	Table 21	Elements	12	Table 34	Organizational Roles
6	Table 22	Work Results	13	Table 35	Tools

Figura 40-OmniClass - Tabelle principali

In linea generale, le tabelle 23, 33, 34, 35, 36 41 sono finalizzate all'organizzazione delle risorse, le tabelle 31 e 32 alla rappresentazione dei procedimenti produttivi mentre le rimanenti riguardano l'organizzazione dei risultati. Ogni codice OmniClass ha una lunghezza di 8 campi, suddivisi in 4 coppie: la prima coppia indica la tabella di riferimento, mentre le altre 3 coppie riguardano i livelli di dettaglio con cui il sistema costruttivo può essere disaggregato. Quindi, è facile intuire come sia possibile aggiungere ulteriori livelli di dettaglio, con il semplice aumento di coppie di numeri in coda al codice attuale. Ogni tabella può essere

disaggregata in livelli successivi che consentono di rappresentare i caratteri di dettaglio delle scelte progettuali, del contesto operativo, dei rapporti contrattuali che si instaurano etc..

TABELLA 31 - FASI	
31-10 00 00	Inception Phase
31-20 00 00	Conceptualization Phase
31-30 00 00	Criteria Definition Phase
31-40 00 00	Design Phase
31-50 00 00	Coordination Phase
31-60 00 00	Implementation Phase
31-70 00 00	Handover Phase
31-80 00 00	Operations Phase
31-90 00 00	Closure Phase



FASE DI IMPEMENTAZIONE	
31-40 00 00	Execution Stage
31-40 40 00	Construction Phase
31-40 40 11 17	Installation Phase
31-40 10 00	Construction Contract Administration Phase
31-40 20 00	Construction Preparation Phase
31-40 20 11	Mobilization Phase
31-40 20 14	Subcontracting Phase
31-40 20 17	Permitting Phase
31-40 20 21	Regulatory Review Phase
31-40 20 24	Regulatory Approval Phase
31-40 20 27	Submittal Processing Phase
31-40 20 31	Scheduling Phase
31-40 00 00	Execution Stage

Figura 41-OmniClass – Tabella 41 (Phases) e sua espansione

2.4.10. Schede LOD (LOG, LOI)

Un set di informazioni estraibili dal modello riguarda le schede di informazione degli elementi modellati, che consentono una facile interpretazione del modello in fase gestionale e manutentiva. A tal proposito vengono riprese le definizioni di LOD, che seguendo la normativa italiana (UNI11337:2017) sono stati interpretati e distinti in LOG e LOI. I parametri inseriti sono stati definiti sulla base delle esigenze della committenza e schematizzati in specifiche schede riepilogative.

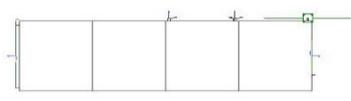
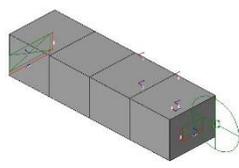
Per omologare a quanto previsto dal progetto BIM del nuovo Ospedale Galliera ci si riferisce alla **BS 1192 – Pas 1192-2 // 3 // 4 // 5** per associazione dei livelli:

Per quanto riguarda il caso studio in questione e per gli scopi di questa tesi gli oggetti devono essere definiti in maniera precisa sotto l'aspetto grafico ma soprattutto per le informazioni, trattandosi di un impianto meccanico finalizzato alla manutenzione. Si riporta di seguito il livello LOD adottati nella scala prevista dalla normativa italiana, dall' AIA e per la BS per il caso in esame:

Tabella 5- Riferimenti normativi scala LOD

LOD	UNI11337:2017	AIA G202-2013	BS 1192 – Pas 1192
LOG	C	300	3+
LOI	D	350	4

Si riportando di seguito le schede riassuntive di tutti gli oggetti "attrezzatura meccanica" analizzati per la modellazione:

SCHEMA LOD				
Tipologia	Famiglia caricabile			
Nomenclatura				
Famiglia	MC_S_UTA_Sala tac			
Tipo	Dimensioni_Portata_Prevalenza_Assorbimento Elettrico			
	Es: 80x540x110_1600mch			
LOG 3+	Modellazione grafica (LOG)			
	Livello di dettaglio vista	Geometria	Oggetto	Restituzione grafica
	Basso	Elemento realizzato con simbologia 2D	Simbolo 2D AS Built	
Medio/Alto (*)	Elemento rappresentato mediante un solido.	Solido 3D		
Connettore		Meccanico	Elettrico	Idraulico
		X	X	
LOI 4	Valorizzazione (LOI)			
	Parametro	Descrizione		
	Collocazione Spaziali			
	Edificio	Ospedale Galliera Padiglione B1		
	Livello	Piano inferiore primo		
	Locale	Locale esterno X01		
	Classificazione			
	Classe di unità Tecnologica	Parametri UNI 8290	5	
	Unità tecnologica		5,1	
	Classe di elemento tecnico		5,1, 2	
Codice subcomponente	Masterformat/Uniclass			
Numerazione progressiva	EOG_1SB1_MC_ME_0001			

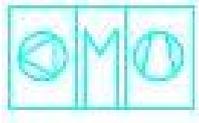
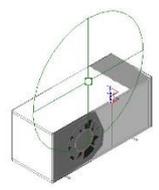
Codice UTA	UTA001	
Descrizione	UTA a servizio della sala tac	
Produttore	LORAN CTL20	
Modello	CTL20	
N° matricola	11989 5809	
Anno di costruzione	2008	
Tipologia	MISTA	
Scheda tecnica	http://www.ictcenter.it/dati/archivio/temp/0d1e942d-7e55-459c-9a77-26e1d7bb7804/scheda_tecnica_80741.pdf	
Installazione	ESTERNA	
Numero Omniclass	23.75.35.14.14	
Peso	505 Kg	
Numero ventilatori	2	
Portata aria mandata	1600mch	
Prevalenza di mandata	200 Pa	
Potenza mandata	2,05 KW	
Tensione elettrica mandata	400 V	
Codice impianto EL	QES00 1	Quadro elettrico secondario
Codice impianto MC		
CAFM		
Manutenzione	Condizione di usura	BUONO
	Vita operativa media	16 anni
	Data censimento	18/11/2013
	Data ultima verifica	14/03/2018
Descrizione garanzia		
Durata garanzia		
Accessibilità operativa		
Affidabilità		

(*) Nel caso in non oggetto si è valutato di differenziare i due livelli

SCHEDA LOD				
Tipologia	Famiglia caricabile			
Nomenclatura				
Famiglia	MC_T_RADIATORE			
Tipo	Dimensioni_Portata_Prevalenza_Assorbimento Elettrico			
	Es: 620x140x670			
LOG 3+	Modellazione grafica (LOG)			
	Livello di dettaglio vista	Geometria	Oggetto	Restituzione grafica
	Basso	Elemento realizzato con simbologia 2D	Simbolo 2D AS Built	
	Medio/Alto (*)	Elemento rappresentato mediante un solido.	Solido 3D	
Connettore		Meccanico	Elettrico	Idraulico
LOI 4	Valorizzazione (LOI)			
	Parametro	Descrizione		
	Collocazione Spaziali			
	Edificio	Ospedale Galliera Padiglione B1		
	Livello	Piano inferiore primo		
	Locale	Locale-004		
	Classificazione			
	Classe di unità tecnologica	Parametri UNI 8290	5	
	Unità tecnologica		5,2	
	Classe di elemento tecnico		5,2,4	
Codice sub-componente	Masterformat/ Uniclass			
	EOG_1SB1_MC_ME_0014			

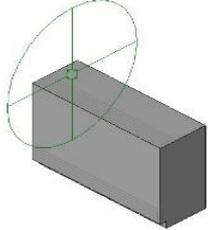
Numerazione progressiva	
Codice	RAD001
Descrizione	Radiatore di piano
N° matricola	11989 5809
Materiale	GHISA
Tipologia	ACQUA
Scheda tecnica	http://www.ictcenter.it/dati/archivio/temp/0d1e942d-7e55-459c-9a77-26e1d7bb7804/scheda tecnica 78259.pdf
Installazione	INTERNA
Numero Omniclass	
Tensione elettrica [V]	
Codice impianto MC	
Condizione di usura	
CAFM	
Manutenzione da normativa	
RAL	
Accessibilità operativa	
Affidabilità	
Manutentore	

(*) Nel caso in non oggetto si è valutato di differenziare i due livelli

SCHEDA LOD				
Tipologia	Famiglia caricabile			
Nomenclatura				
Famiglia	MC_T_UE			
Tipo	Modello			
	Es: SUZ/KA25VA			
Modellazione grafica (LOG)				
LOG 3+	Livello di dettaglio vista	Geometria	Oggetto	Restituzione grafica
	Basso	Elemento realizzato con simbologia 2D	Simbolo 2D AS Built	
	Medio/Alto (*)	Elemento rappresentato mediante un solido.	Solido 3D	
Connettore		Meccanico	Elettrico	Idraulico
		X	X	
Valorizzazione (LOI)				
	Parametro	Descrizione		
Collocazione Spaziali				
	Edificio	Ospedale Galliera Padiglione B1		
	Livello	Piano inferiore primo		
	Locale	Locale-004		
Classificazione				
LOI 4	Classe di unità tecnologica	Parametri UNI 8290	5	
	Unità tecnologica		5,1	
	Classe di elemento tecnico		5,1,2	
	Codice sub-componente	Masterformat/Uniclass		
	Numerazione progressiva	EOG_1SB1_MC_ME_0025		

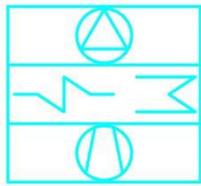
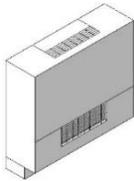
Codice Radiatore	FNC001	
Descrizione	Unità motocondensante	
Produttore	MITSUBISHI	
Modello	SUZ/KA25VA	
N° matricola	92P 00667	
Tipologia	GAS R410A	
Anno di costruzione	2009	
Scheda tecnica	http://www.ictcenter.it/dati/archivio/temp/0d1e942d-7e55-459c-9a77-26e1d7bb7804/scheda_tecnica_36976.pdf	
Installazione	INTERNA	
Numero Omniclass	23.75.10.21	
Fotografia	CI_AD_1S_004_FNC001_20131025_foto.jpg	
Potenza riscaldamento	3,65 KW	
Potenza refrigerazione	3,05 KW	
Potenza elettrica	Kw	
Tensione elettrica	230 V	
Codice impianto MC		
Codice impianto EL		
CAFM		
Manutenzione	Condizione di usura	BUONO
	Vita operativa media	6 anni
	Data censimento	12/11/2013
	Data ultima verifica	26/02/2018
Manutenzione da normativa		
Accessibilità operativa		
Affidabilità		
Manutentore		

(*) Nel caso in non oggetto si è valutato di differenziare i due livelli

SCHEMA LOD					
Ti- po- lo- gia	Famiglia caricabile				
Nomenclatura					
Fa- mi- glia	MC_T_UI_Venticonnettore				
Tipo	Modello				
	Es: CSPW12CKE				
Modellazione grafica (LOG)					
LOG 3+	Livello di dettaglio vista	Geometria	Oggetto	Restituzione grafica	
	Basso	Elemento realizzato con simbologia 2D	Simbolo 2D AS Built		
	Medio/Alto (*)	Elemento rappresentato mediante un solido.	Solido 3D		
Connettore		Meccanico x	Elettrico x	Idraulico	
Valorizzazione (LOI)					
LOI 4	Parametro	Descrizione			
	Collocazione Spaziali				
	Edificio	Ospedale Galliera Padiglione B1			
	Livello	Piano primo			
	Locale	Locale-008			
	Classificazione				
	Classe di unità tecnologica	Parametri UNI 8290	5		
	Unità tecnologica		5,1		
	Classe di elemento tecnico		5,1,2		
		Masterformat/Uniclass			

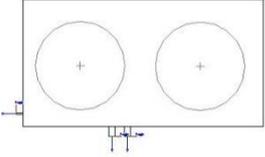
Codice sub-componente		
Numerazione progressiva	EOG_1B1_MC_ME_0067	
Codice Radiatore	VNC001	
Descrizione	Split di piano a pavimento	
Produttore	MITSUBISHI	
Modello	MFZKA25VA	
N° matricola	901445	
Tipologia	Numero velocità 3	
Anno di costruzione		
Scheda tecnica	http://www.ictcenter.it/dati/archivio/temp/0d1e942d-7e55-459c-9a77-26e1d7bb7804/scheda_tecnica_83361.pdf	
Installazione	INTERNO	
Numero Omniclass	23.75.70.17.37	
Potenza riscaldamento		
Potenza refrigerazione		
Potenza elettrica		
Tensione elettrica		
Codice impianto MC		
Codice impianto EL		
CAFM		
Manutenzione	Vita operativa media	
	Data censimento	12/11/2013
	Data ultima verifica	
Manutenzione da normativa		
Accessibilità operativa		
Affidabilità		
Manutentore		

(*) Nel caso in non oggetto si è valutato di differenziare i due livelli

SCHEDA LOD				
Ti- po- lo- gia	Famiglia caricabile			
Nomenclatura				
Fa- mi- glia	MC_T_UI_Split			
Tipo	Dimensioni_Portata_Prevalenza_Assorbimento Elettrico			
	Es: 750x200x600			
Modellazione grafica (LOG)				
LOG 3+	Livello di dettaglio vi- sta	Geometria	Oggetto	Restituzione grafica
	Basso	Elemento rea- lizzato con simbologia 2D	Simbolo 2D AS Built	
	Medio/Alto (*)	Elemento rap- presentato mediante un solido.	Solido 3D	
Connettore		Meccanico x	Elettrico x	Idraulico
Valorizzazione (LOI)				
LOI 4	Parametro	Descrizione		
	Collocazione Spaziali			
	Edificio	Ospedale Galliera Padiglione B1		
	Livello	Piano primo		
	Locale	Locale-008		
	Classificazione			
	Classe di unità tecnologica	Parametri UNI 8290	5	
	Unità tecno- logica		5,1	
	Classe di ele- mento tecnico		5,1,2	
		Masterformat/Uniclass		

Codice sub-componente		
Numerazione progressiva	EOG_1B1_MC_ME_0067	
Codice Radiatore	SPT001	
Descrizione	Split di piano a pavimento	
Produttore	MITSUBISHI	
Modello	MFZKA25VA	
N° matricola	901445	
Tipologia	Numero velocità 3	
Anno di costruzione		
Scheda tecnica	http://www.ictcenter.it/dati/archivio/temp/0d1e942d-7e55-459c-9a77-26e1d7bb7804/scheda_tecnica_83361.pdf	
Installazione	INTERNO	
Numero Omniclass		
Potenza riscaldamento		
Potenza refrigerazione		
Potenza elettrica		
Tensione elettrica		
Codice impianto MC		
Codice impianto EL		
CAFM		
Manutenzione	Vita operativa media	
	Data censimento	12/11/2013
	Data ultima verifica	
Manutenzione da normativa		
Accessibilità operativa		
Affidabilità		
Manutentore		

(*) Nel caso in non oggetto si è valutato di differenziare i due livelli

SCHEMA LOD				
Ti- po- lo- gia	Famiglia caricabile			
Nomenclatura				
Fa- mi- glia	MC_S_GF_locale esterno X01			
Tipo	Dimensioni_Portata_Prevalenza_Assorbimento Elettrico			
	Es: 186x100x118			
Modellazione grafica (LOG)				
LOG 3+	Livello di dettaglio vista	Geometria	Oggetto	Restituzione grafica
	Basso	Elemento realizzato con simbologia 2D	Simbolo 2D AS Built	
	Medio/Alto (*)	Elemento rappresentato mediante un solido.	Solido 3D	
Connettore		Meccanico	Elettrico	Idraulico
			x	x
Valorizzazione (LOI)				
LOI 4	Parametro	Descrizione		
	Collocazione Spaziali			
	Edificio	Ospedale Galliera Padiglione B1		
	Livello	Piano inferiore primo		
	Locale	Locale esterno X01		
	Classificazione			
	Classe di unità tecnologica	Parametri UNI 8290	5	
	Unità tecnologica		5,1	
Classe di elemento tecnico	5,1,2			

Codice sub-componente	Masterformat/ Uniclass	
Numera-zione pro-gressiva	EOG_1S_MC_ME_0092	
Codice G FRIGO	GFR001	
Descrizione	A servizio esclusivo dell'impianto di raffreddamento del nucleo della risonanza magnetica e pertanto non di nostra competenza	
Produttore	CLINT	
Modello	CHA/K/SP/151	
N° matricola	B26250B069	
Anno di costruzione	2000	
Tipologia	GAS R407C	
Scheda tecnica	http://www.ictcenter.it/dati/archivio/temp/0d1e942d-7e55-459c-9a77-26e1d7bb7804/scheda tecnica_09090.pdf	
Installazione	ESTERNA	
Numero Omniclass	23.75.10.24.21.21	
Potenza riscaldamento	x	
Potenza refrigerazione	x	
Numero compressori	2	
Numero ventilatori	2	
Peso in funzionamento	1540 Kg	
Pressione nominale	x	
Carica refrigerante	15,5 x 2 Kg	
Potenza elettrica	62,4 KW	
Tensione elettrica	400 V	
Corrente elettrica	1152 A	
Codice impianto EL	QES003	
CAFM		
	Condizione di usura	BUONO

Livello di conoscenza impiantistico per gli edifici esistenti. L'interoperabilità tra BIM e VR.

Manuten- zione	Vita operativa media	14 anni
	Data censimento	04/09/2015
	Data ultima verifica	14/03/2018
Descrizione garanzia		
Durata ga- ranzia		
Accessibilità operativa		
Affidabilità		

() Nel caso in non oggetto si è valutato di differenziare i due livelli*

L'UTILIZZO DELL'AR E VR PER LA MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI

3. L'utilizzo dell'AR e VR per la manutenzione degli impianti

3.1. Esigenze e Target User

All'interno del caso studio, la percezione del modello 3D attraverso la realtà virtuale potrebbe svolgere un ruolo importante. In particolare lo scopo è stato sicuramente quello di proiettare la Committenza verso un cambio della gestione e allo stesso tempo fornire supporti multimediali di ultima generazione che possano sensibilizzare anche i meno esperti agli enormi vantaggi e alla capacità che la cultura BIM può avere. In primis la restituzione di un modello Revit di un'infrastruttura, come può essere l'ospedale, è già verso questa sensibilizzazione che ormai si sta affermando sempre più in edilizia, soprattutto per le grandi aziende o strutture pubbliche. Grazie ai costanti sviluppi anche della tecnologia, l'idea di associare tale modello ad un programma di visualizzazione porta a pensare di poter sfruttare questo potenziale come una risorsa per chi è addetto a tali campi. In particolare l'idea è quella di proporre un applicativo che funga da interfaccia grafica in 3D e che allo stesso tempo rimandi ai rispettivi siti di interesse.

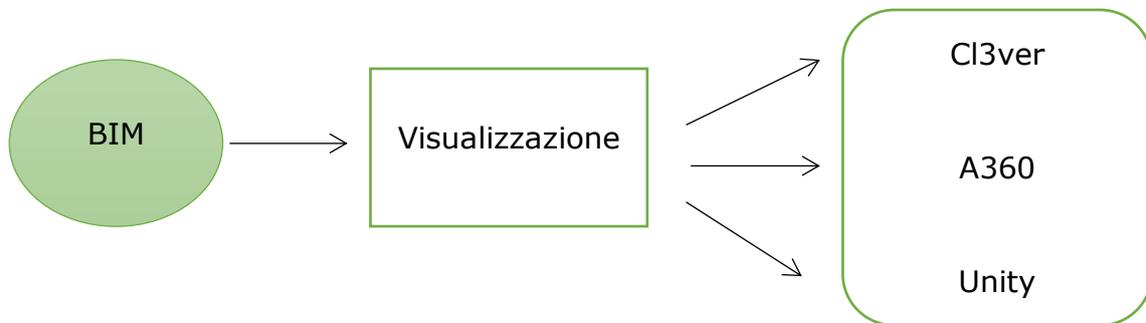
Tale presentazione può essere messa a disposizione di:

- RUP/Ufficio Tecnico: esso formula proposte e fornisce dati e informazioni al fine della predisposizione del programma triennale dei lavori pubblici e dei relativi aggiornamenti annuali, nonché al fine della predisposizione di ogni altro atto di programmazione di contratti pubblici di servizi e di forniture e della predisposizione dell'avviso di preformazione; Tali informazioni potrebbero essere consultabili anche mediante questo applicativo;
- Appaltatore per offerta: nelle gare d'appalto;
- Capo Commessa Appaltatore per gestione e supervisione: per estrarre informazioni, ripartire i costi;
- Tecnici: per avere un accesso più immediato alla consultazione dei database e aggiornamento della manutenzione.

Ognuno di essi potrà grazie alla facilità di consultazione attraverso tablet, smartphone o computer collegarsi, aprire il sito e visualizzare il modello meccanico dell'ospedale al quale sono associati tramite link agli oggetti, i diversi database utili a reperire informazioni, per avere un quadro d'insieme; o viceversa interrogare direttamente le attrezzature impiantistiche per consultarne le proprietà, aggiungere commenti ecc.

3.2. Metodologia per la visualizzazione

All' interno del caso studio sono state utilizzate tre applicazioni/software, utili per la rappresentazione attraverso la realtà aumentata e virtuale del modello BIM.



Dalla tabella sottostante è possibile vedere il diverso impiego dell'applicazione che si vuole utilizzare:

Applicazione di partenza	Conversione del file	Conversione dei materiali	Applicazioni utilizzate	Visualizzazione modello 3D	Tipologia
	.FBX	No		Da software	Realtà aumentata
	.3DS	No		Da software Da sito web	Realtà aumentata
	.FBX -> .3Ds	Si		Da software	Realtà virtuale

3.2.1. Applicazione di visualizzazione A360

Autodesk A360 è uno strumento di collaborazione che consente a ingegneri e progettisti di visualizzare, condividere, esaminare e individuare file di progettazione 2D e 3D e file di progetto in un'unica area di lavoro centralizzata.

L' applicazione Autodesk a 360 è possibile utilizzarla seguendo la metodologia riportata qui di seguito:

Applicazioni di partenza e conversione dei file	di e	Creare un cartella che contenga i file. rvt di tipo federato. Entrando nella piattaforma si procede con il caricamento "assieme"
Conversione materiali		Non è necessario effettuare una conversione dei materiali impostati su Revit in quanto risultano essere già presenti.
Visualizzare modello 3D		Dal sito web http://a360.autodesk.com/viwer è possibile caricare i modelli direttamente online, senza dover effettuare alcuna registrazione. Oppure dal sito web: http://a360.autodesk.com , una volta effettuata la registrazione, è possibile importare tutti i modelli 3D, in modo tale da poterli visionare anche attraverso l'applicazione installata sullo smartphone
E' possibile visualizzare il modello attraverso la realtà aumentata.		

Nell'ambito del caso studio e di quelle che sono le esigenze poste dall' FM department, uno strumento come questo non può che essere sfruttato al meglio per un processo di interazione e aggiornamento continuo sul modello, dove tutti i soggetti interessati al processo soprattutto di gestione possono apportare modifiche, aggiungere commenti, interrogare gli oggetti. Si riporta di seguito un esempio di consultazione dell'attrezzatura meccanica *Uta*, attraverso la piattaforma A360 è stato possibile leggere le proprietà dell'elemento che sono state caricate nel modello Revit. La barra delle icone strumenti in basso si suddivide in 4 rettangoli che raggruppano quest' ultimi per le diverse funzionalità:

- Il primo permette di navigare il modello, camminare all' interno di esso o in prima persona, iterazioni dell'apparecchio fotografico, zoom finestra;

- Il secondo dedicato alla revisione, ai commenti e alla visualizzazione dei contrassegni;
- Il terzo permette di analizzare il modello per sezioni o per esplosi;
- Il quarto e ultimo è dedicato alle proprietà e alle impostazioni.

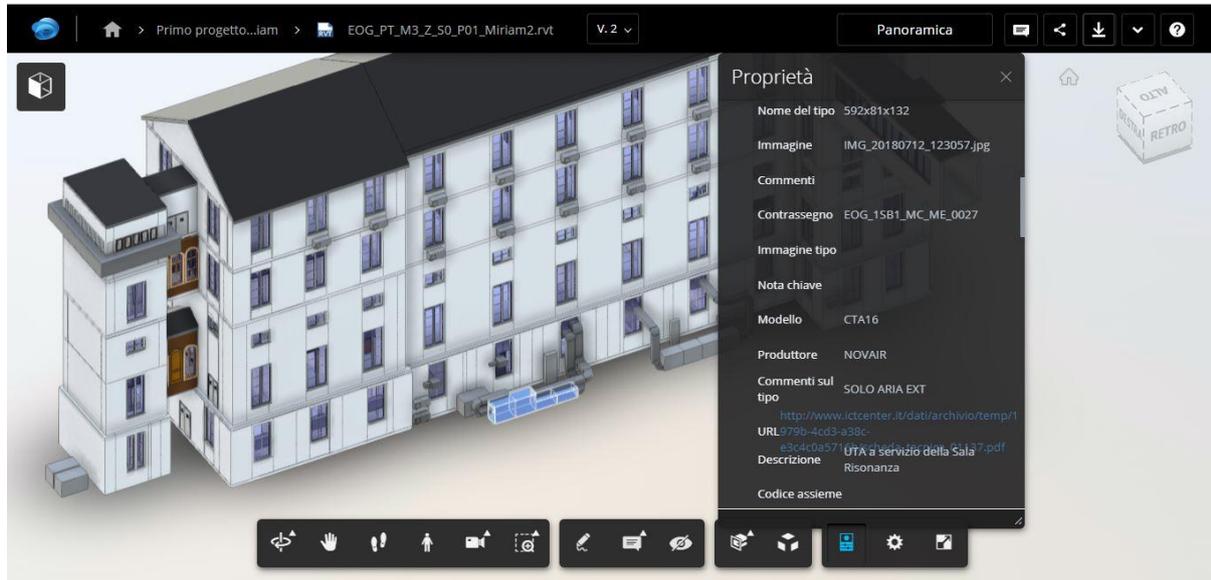


Figura 42-Consultazione proprietà Uta con A360

Con la piattaforma A360 è stato possibile collegare anche il modello del padiglione con il modello del Nuovo ospedale Galliera, di cui si è in possesso del progetto preliminare in modo tale da uniformare le informazioni legate ad entrambi gli edifici.

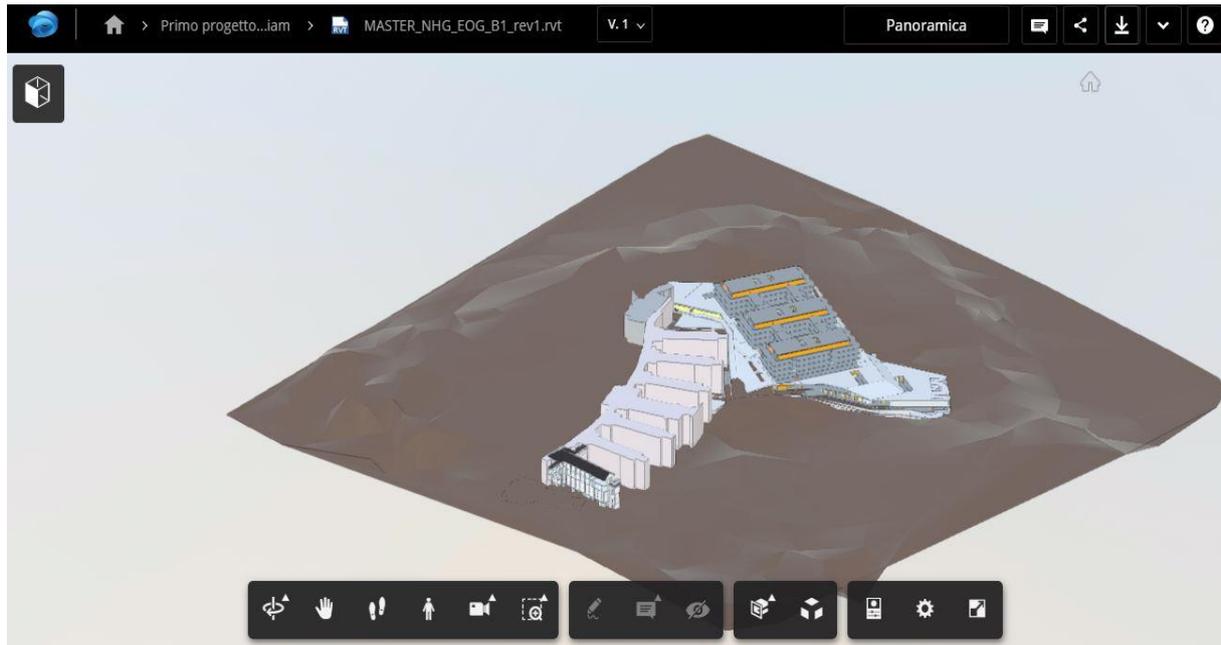


Figura 43-Modello vecchio e nuovo Ospedale Galliera A360

Infine sono stati effettuati dei test di interoperabilità tra il modello BIM e la piattaforma A360, riscoprendo alcuni vantaggi e svantaggi:

Vantaggi

Consente di condividere in tempo reale, con altri utenti Autodesk, il proprio modello caricato sul web. Attraverso la chat, è possibile esprimere un proprio giudizio in merito al proprio modello caricato in funzione delle esigenze prefissate, consente di gestire una propria libreria. Visualizza i tuoi dati da qualsiasi dispositivo. Caricare e accedere a file di grandi dimensioni, di qualunque tipo grazie all'archiviazione in cloud. Esistono piattaforme di visualizzazione gratuite come A360 che non necessitano di una licenza come può essere quella di un software di modellazione come Revit: questo non solo favorisce la navigazione e l'accessibilità alle informazioni per i non addetti, ma consente anche un risparmio in termini di costi.

Svantaggi

Uno tra gli svantaggi potrebbe essere il bisogno di possedere un account Autodesk per collegarsi (iscrizione gratuita). Non è possibile collegare o associare QR code.

3.2.2. Applicazione di visualizzazione CL3VER

Come accennato per A360 anche Cl3ver è uno strumento di collaborazione che nel nostro caso studio è stato sfruttato per la gestione e consultazione delle informazioni, esso consente di presentare il modello 3D con uno sviluppo interattivo legato semplicemente ad una piattaforma web. Con lo stesso approccio potrà essere utilizzato anche in fase di nuova realizzazione, permettendo ai progettisti di poter ottenere il massimo rendimento. Il nostro scopo è stato quello di testare l'interoperabilità del modello Revit con quest'ultimo.

Cl3ver negli ultimi anni ha migliorato le sue potenzialità mettendo a disposizione degli utenti una nuova versione Cl3ver *Presenter* con l'aggiunta di un plug-in che consente di esportare direttamente il modello da Revit. In alternativa è necessario prendere in considerazione la metodologia riportata di seguito.

Applicazioni di partenza e conversione dei file	Da Revit: esportare il modello in formato. fbx
	Da 3D Studio Max: Import >link FBX >present: by Material >Attach this file
Conversione materiali	Non è necessario effettuare una conversione dei materiali impostati su REVIT in quanto risultano già presenti.
Visualizzare modello 3D	è necessario scaricare il plug-in su 3Ds Max affinché si possa aprire in automatico il modello all'interno del sito web(www.cl3ver.com).
	Da sito, una volta effettuata la registrazione, selezionare "create new project". Da comando " Edit Project" è possibile visualizzare il modello creato.
	Lo stesso modello può essere visionato attraverso l'app installata sul proprio smartphone
QR code	Sempre dal comando edit è possibile creare il link in descrizione e utilizzarlo per creare un QE CODE. Oppure dal sito web
E' possibile visualizzare il modello attraverso la realtà aumentata che virtuale.	

Utilizzando l'applicazione Cl3ver è stato possibile navigare intorno al modello 3D grazie anche all'ausilio del comando zoom. Lo sviluppo della presentazione deve essere preimpostata, andando in primis a posizionare delle camere secondo

Livello di conoscenza impiantistico per gli edifici esistenti. L'interoperabilità tra BIM e VR.

l'inclinazione o la rotazione che si vuole restituire. A sua volta le camere regolano i livelli che si vogliono impostare, nel nostro caso si è scelto di inserire un menu a tendina che distingue per livelli l'edificio. Ognuno di questi livelli ha una scena preimpostata con le rispettive camere. In ogni scena si andrà ad inserire uno o più "elementi accessori" che consentono grazie alla spunta nelle proprietà su *URL* di inserire un link a cui rimandare nel momento in cui in fase di presentazione viene cliccato. Vi è inoltre la possibilità di cambiare colore agli oggetti utilizzando semplicemente un pennino, o anche aggiungere delle animazioni e suoni.



Figura 44-Piattaforma web Cl3ver



Figura 45-Utilizzo di Cl3ver per gli impianti

Una volta terminata la presentazione essa può essere messa a disposizione del FM department, nel nostro caso è stata pensata per i professionisti dell'Ospedale Galliera, in quanto grazie alla semplice condivisione di un applicativo visualizzabile tramite web essi possono accedervi e interagire con i vari cursori che permettono di rimandare ad altre piattaforme come ad esempio CPLConcordia.

Vantaggi

Sicuramente tra i vantaggi rientra il fatto che è un programma utilizzabile via web, questo non fa che ampliare il numero di utenti che possono accedere a determinate informazioni. Ma soprattutto non necessita di licenza come un software di modellazione, per cui in termini di costi è vantaggioso.

3.2.3. Applicazione di visualizzazione UNITY

La piattaforma per la creazione delle applicazioni è Unity, uno strumento di authoring integrato "multiplatforma" perché il suo motore permette di "scrivere il gioco" una sola volta e realizzarlo o trasformarlo per ambienti o circuiti diversi: per la creazione di videogiochi 2D e 3D e di altri contenuti interattivi, come ad esempio visualizzazioni architettoniche o animazioni 3D in tempo reale.

I linguaggi di programmazione ai quali esso si rifà sono tre: #C, Javascript e Boo; ma il più utilizzato è #C in quanto esistono più risorse alle quali rifarsi (tutorial, script, ecc)

Strumenti e tecnologie

Per fare in modo di immergersi nella realtà virtuale sono necessari tre *tool*: un visore integrato con un display che avvolge la vista, un computer o un controller (o altro dispositivo di input per poter interagire). Di seguito vengono descritti gli strumenti adottati per la ricerca oggetto della tesi.

Oculus Rift

Oculus Rift è un visore per la realtà virtuale indossabile sul viso, sviluppato da VR ha ottenuto un finanziamento di 16 milioni di dollari di cui 2,4 milioni dalla campagna Kickstarter[1].

Il primo prototipo usava uno schermo da 5,6 pollici, ma dopo la campagna avvenuta su Kickstarter è stato deciso di passare ad uno schermo di 7 pollici. Lo schermo LCD ha una profondità di colore di 24 bit per pixel ed è abilitato alla stereoscopia 3D.



Figura 46--Strumenti Oculus Rift-fonte:www.oculus.it

Caratteristiche tecniche: il campo di visione è di oltre 90 gradi in orizzontale (110 gradi di diagonale), che è più del doppio rispetto agli altri dispositivi concorrenti. La risoluzione della versione DK1 è di 1280×800 (16:10 aspect ratio), cioè 640×800 per occhio (4:5 aspect ratio). La risoluzione del DK2 è di 1920×1080, cioè 960×1080 per occhio. Nella versione commerciale uscita nel 2016 la risoluzione ufficiale è di 2160×1200 (1080×1200 per occhio).

Gli Oculus sono già sul mercato dal 2012, e negli anni sono stati pubblicati diversi kit dedicati a sviluppatori e videogiocatori. Dal momento in cui Facebook lo ha acquisito, ha assunto una valenza importantissima nel campo dell'informatica' implementazione della preesistente versione che non vedeva l'utilizzo di nessun controller ma solo l'utilizzo della tastiera, con gli **Oculus Rift** ha fatto sì da introdurre **Oculus Touch Controller**, dei joystick pensati per la realtà virtuale che migliorano di tanto l'esperienza utente; tale miglioramento ha favorito la comodità grazie al peso ridotto (470 grammi), e la comodità è garantita anche dagli Oculus Rift Fit, i padiglioni (sostituibili) che mettono in contatto il visore con il volto di chi lo indossa. Inoltre le tre cinghie del visore redistribuiscono in modo equilibrato il peso sul viso. Infine il miglioramento è dovuto anche ad un prezzo ridimensionato (589 euro). Vengono collegati al computer tramite due cavi USB (uno del visore, uno del sensore) e uno HDMI, oltre ai cavi dei controller. Uno degli intralci maggiori che si potrebbe incontrare utilizzando l'Oculus Rift è il cavo che mette in collegamento il visore al pc, fungendo sia da cavo d'alimentazione che da cavo video: tuttavia l'intento di far passare il cavo alle proprie spalle, sembra sopperire in modo soddisfacente a questo intoppo, che del resto sarà presente in ogni visore fino a che le connessioni wireless non garantiranno la stessa reattività di quelle cablate.

Il visore VR integra un sistema composto da microfono e cuffie, quest'ultime in grado di restituire un audio direzionale 3D. Per quanto riguarda il tracciamento, infine, Oculus Rift si appoggia ad un sistema di sensori molto affidabile.

La piattaforma per la creazione delle applicazioni

Unity è un motore grafico che basa il suo funzionamento su due spazi: uno di modellazione e uno di programmazione. Osservando la schermata principale di Unity 3D possiamo distinguere più interfacce:

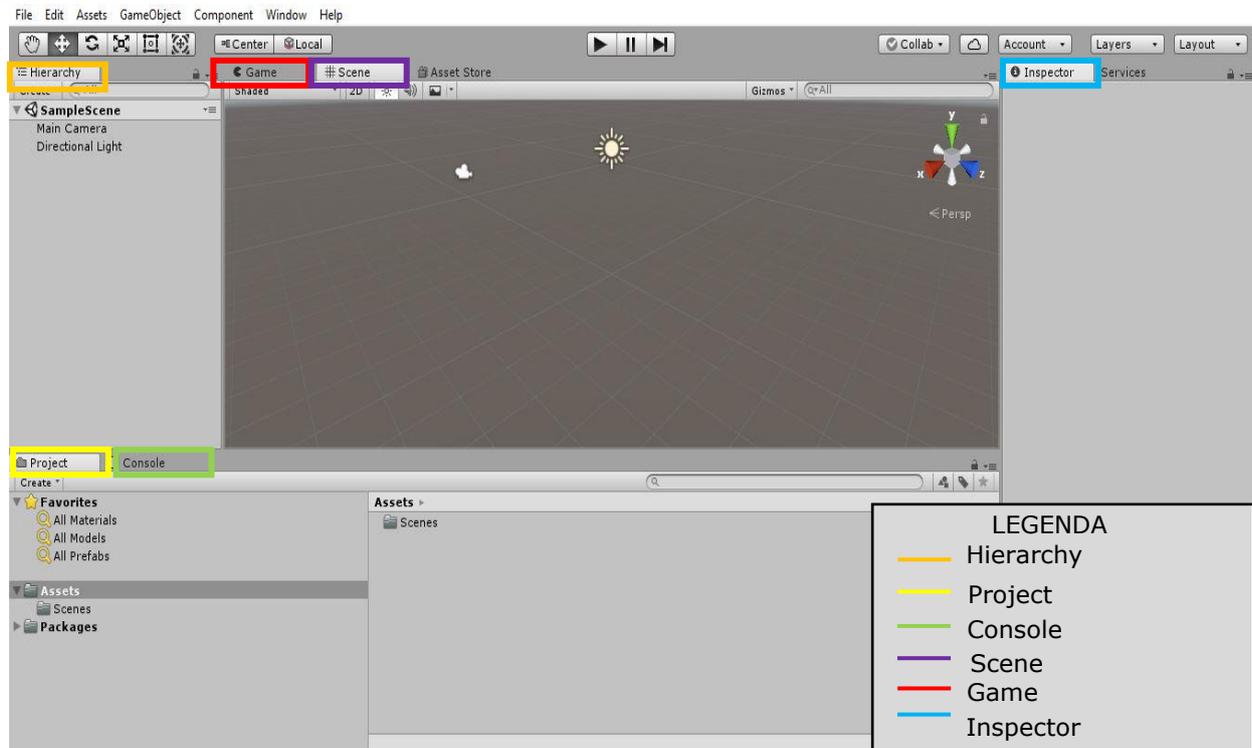


Figura 47-Interfaccia grafica di Unity

Hierarchy Panel

Il "pannello delle gerarchie" in esso vengono caricati tutti gli elementi presenti all'interno della scena e organizzati secondo una propria logica. Tramite il comando Create è possibile inserire nuovi oggetti e creare una relazione tra di essi che ci permette di spostare l'oggetto semplicemente spostando la prima cartella che lo contiene.

Project Panel

E' il pannello che contiene tutti gli assets che vengono creati o caricati, questi contengono tutti gli elementi presenti nel gioco come materials, texture, script, scene ecc.

Console Panel

Questo pannello ci avverte della presenza di errori, specialmente quando si crea uno script è molto utile perché ci segnala se vi è un effettivo funzionamento.

Scene Panel

E' lo spazio destinato alla scena e ai relativi oggetti, che permette attraverso una terna di assi di localizzarli nello spazio. Gli oggetti sono gli elementi che costituiscono il gioco come ad esempio telecamera, luci, luci oggetti 3D ecc; Quando si comincia un nuovo progetto di default viene caricato una Camera e una Directional Light. La Camera è l'oggetto che ci permette di riprendere la scena. La Directional light è una luce che ci permette di illuminarla.

Game Panel

Il game pannel è l'interfaccia che ci permette di visualizzare la scena premendo sul tasto play scompare la scena e si entra nella modalità "Play mode" ovvero nella modalità di gioco. Importante è sottolineare che le modifiche effettuate in play mode non verranno salvate.

Inspector Panel

L'Inspector raccoglie tutte le impostazioni e i settaggi relativi a un determinato oggetto selezionato; quando si inserisce un Game Object all'interno dell'Inspector vengono visualizzati script, suoni, mesh e altri elementi grafici come Lights ad esso associati.

In alto, nella barra evidenziata nella figura sovrastante sono fornite le informazioni generali sull'oggetto come la sua visibilità (cioè l'oggetto è visibile o meno nella scena), il suo nome o il suo comportamento fisico (cioè se l'oggetto reagisce alla gravità o a qualsiasi altra forza durante il gioco);

Esistono poi alcuni componenti come: mesh filter, un box collider, un mesh rendere, che gestiscono gli aspetti del nostro progetto e attraverso questi settaggi permettono di dire che forma ha un cubo, come deve comportarsi, se può essere attraversato ecc.

Importazione dei modelli

Una volta completata la fase di modellazione all'interno del software Autodesk Revit, si è passati all'esportazione del modello tale da renderlo navigabile in AR e VR. La collaborazione tra i vari software ha reso possibile il passaggio tra le piattaforme lasciando le informazioni ed implementandole di volta in volta al fine di non perdere nessun dettaglio relativo alla modellazione ma di renderlo ancora più ricco di contenuti. Tutto questo processo si può riassumere nel concetto di interoperabilità tra software.



Figura 48-Processo interoperabilità da Revit a Oculus Rift

Essendo il modello un impianto meccanico, e non potendo assegnare alle famiglie di sistema un materiale che differenziasse il condotto di mandata da quello di ritorno o estrazione, è stato necessario esportare il modello con il rispettivo condotto separatamente (mandata, ritorno, estrazione).

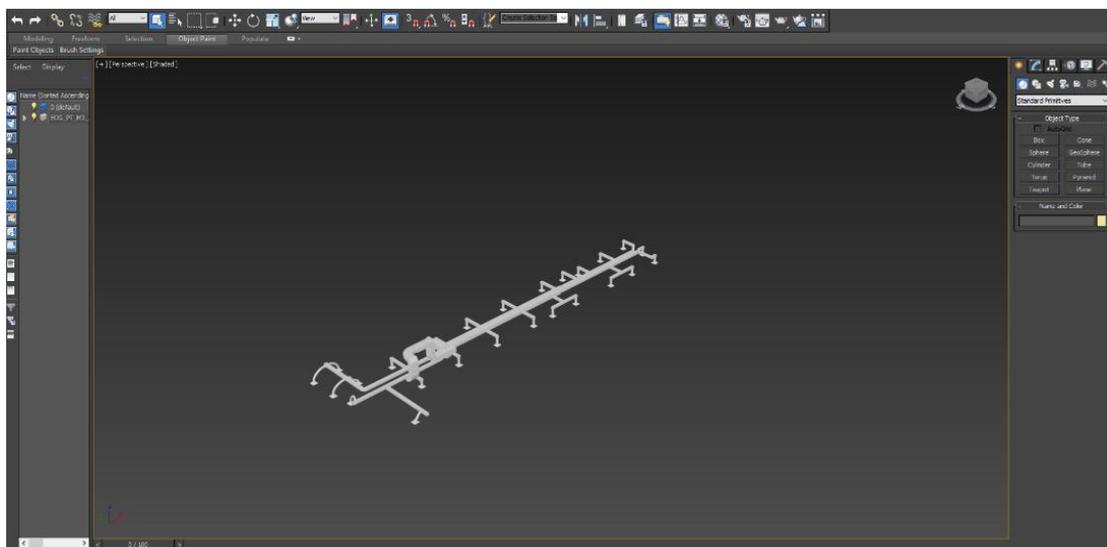


Figura 49-Importazione modello FBX-Mandata in 3DStudio

I file vengono esportati in formato .fbx da Revit tale formato viene supportato da tutti i software di Autodesk e non solo. Viene in genere utilizzato per esportare modelli tridimensionali in programmi di renderizzazione come 3D Studio Max, Cinem4D ecc. Successivamente, i modelli vengono aperti con il software 3D Studio

Max, in particolare l'importazione avviene aprendo il menu principale scegliendo Import > Link FBX.

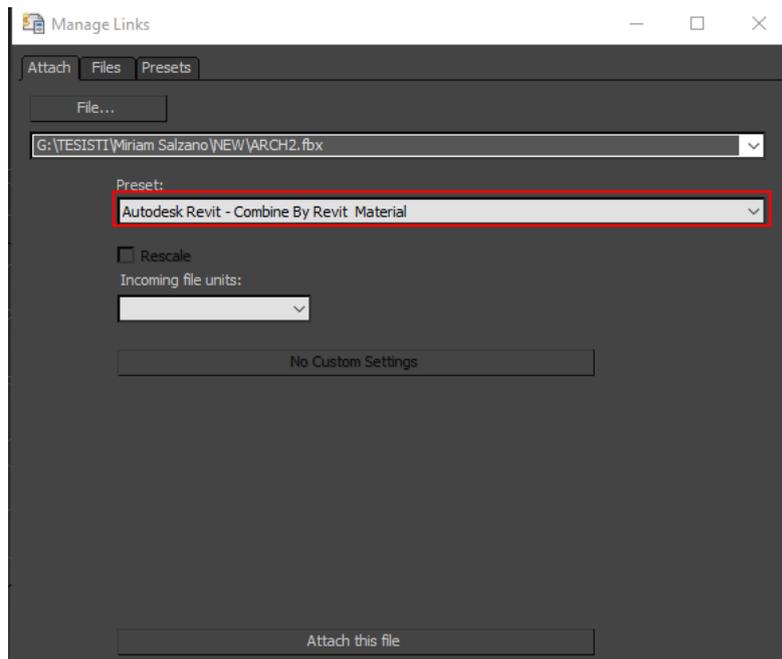


Figura 50-Scelta raggruppamento elementi 3DS

Una volta scelto il file .fbx appare una finestra, tramite la quale è possibile scegliere come si vuole raggruppare gli elementi all'interno di 3D Studio. Per semplicità si è scelto *Combine by Revit Material*, per il file dell'architettonico, che permette di mantenere gli stessi materiali scelti in Revit. Mentre per quanto riguarda i file dei singoli condotti si è preferito scegliere *As One Object*. In seguito tramite la libreria messa a disposizione dal software si è scelto un materiale differente per le tre tipologie di condotti che ci ha permesso di differenziarle anche in Unity 3D. Una volta apportate tutte le modifiche grafiche si può reimpostare i modelli in formato.Fbx

Interazione tra oggetti e Oculus Rift

Il passo successivo per la navigazione attraverso la Realtà Virtuale avviene su Unity 3D, dove l'iterazione tra gli oggetti e gli Oculus Rift viene gestita attraverso prefabbricati e script scaricabili. Da un punto di vista pratico l'utilizzo degli Oculus è gestita attraverso l'installazione di pacchetti che ne permettano il suo utilizzo. Quindi, è sufficiente recarsi nella sezione *Download per Developer* di Oculus e scaricare tre pacchetti: *Unity, Oculus Avatar SDK, Oculus Platform SDK, Unity Sample Framework*.

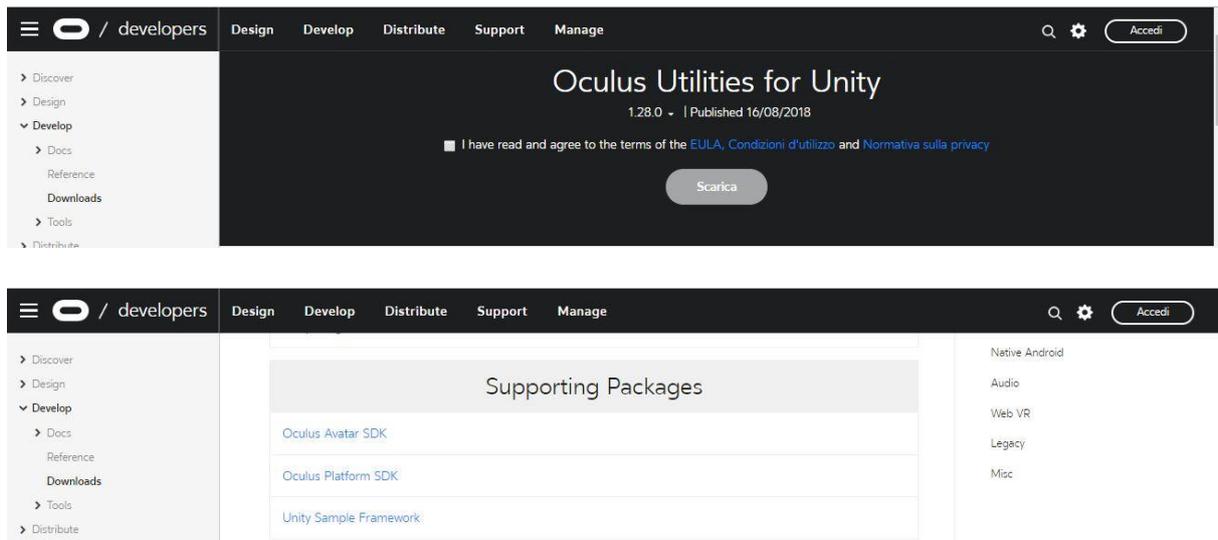


Figura 51-Pacchetti scaricabili Oculus Rift for Unity

Tali pacchetti una volta scaricati ed estrusi vengono importati in Unity 3D trascinandoli sulla cartella *Assets*. Successivamente i modelli esportati vengono caricati nella cartella di sistema, all' interno della quale andando a selezionare il file si apre il pannello Inspector. Da questo pannello delle proprietà è importante andare a spuntare l'opzione *Generate Colliders*.

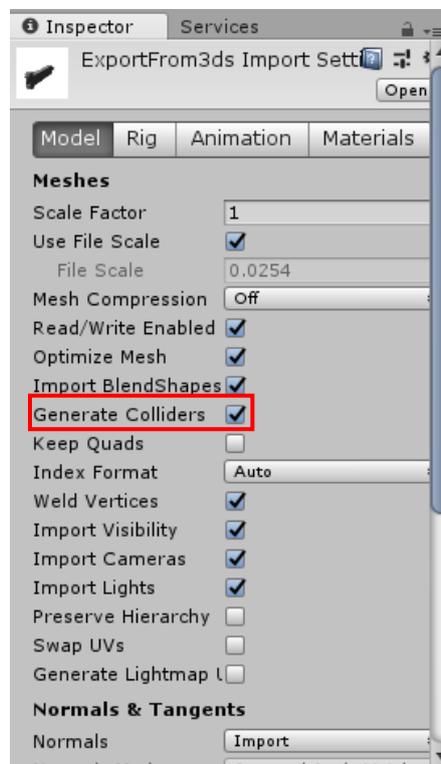


Figura 52-Unity: Generate Colliders

Trascinando il file.fbx all' interno del pannello Hierarchy è necessario aspettare che il software elabori le sue componenti e che assegni a tali superfici la funzione di collider (superfici rigide impattabili).

Il passo successivo è quello di permettere la navigazione del modello, questo avviene andando a prendere nella cartella *Prefabs* del pacchetto VR scaricato, il comando *OVRPlayerController*, che permette al giocatore di camminare, ruotare muoversi nel modello attraverso degli script assegnati. Stiamo parlando di un elemento completo all' interno del quale sono contenute informazioni proprietà che lo rendono finito. E' importante per il corretto funzionamento dell'applicativo che Unity supporti la Realtà Virtuale, per farlo basta recarsi in Edit > ProjectSettings>Player, nel pannello Inspector, all' interno delle proprietà Other Settings spuntare il flag su Virtual Reality Supported.

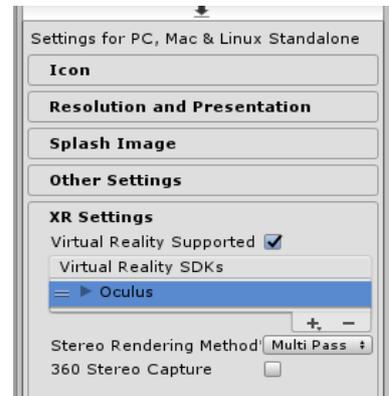


Figura 53-Unity:Virtual Reality Supported

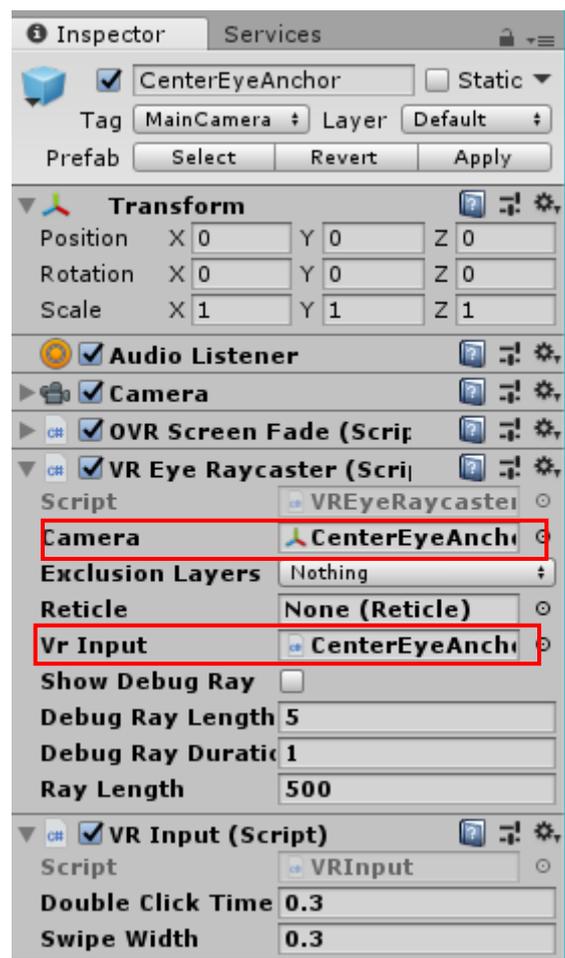


Figura 54-Unity: Associazione CenterEyeAnchor alla Camera e allo script

Per lo sviluppo dell'applicativo e quindi per fare in modo che al player vengano associati degli script tali da consentirgli l'interazione, dall'Asset Store si è importato il pacchetto VR Sample. Nella sottocategoria di comando OVRPlayerController troviamo il comando OVRCameraRig, composto di una serie di funzioni tra cui *CenterEyeAnchor*. All'interno di quest'ultima nel pannello Inspector sono aggiunti due script ricavati dal pacchetto scaricato: VR Eye Raycaster, VR Input.

Così come evidenziato in figura, all'interno dello script viene trascinata la funzione della camera Center EyeAnchor.

La fase di scripting è fondamentale in quanto questi rappresentano il motore di funzionamento, l'input nasce dalle righe di codice che vengono scritte e dalla punteggiatura che viene adoperata per ciascuno di essi. La creazione di script complessi che si combinano tra loro è inevitabile, ma è importante sottolineare anche che alla base di tutto c'è sempre un Game Object nella Scena che richiama uno o più script.

Nel caso in esame è stato necessario assegnare uno script agli oggetti importati nella scena, in particolare trattandosi di un impianto meccanico lo scopo è stato quello di finalizzare l'impiego dei visori ad una navigazione partecipata che permette al player di tematizzare i condotti al passaggio, facendo in modo di distinguerli per colore: blu per il condotto di mandata, rosso per il ritorno e verde per l'estrazione.

Questa operazione è stata possibile andando ad inserire nel Inspector del file .fbx Mandata gli script : Example Interactive, VR Interactive Item.

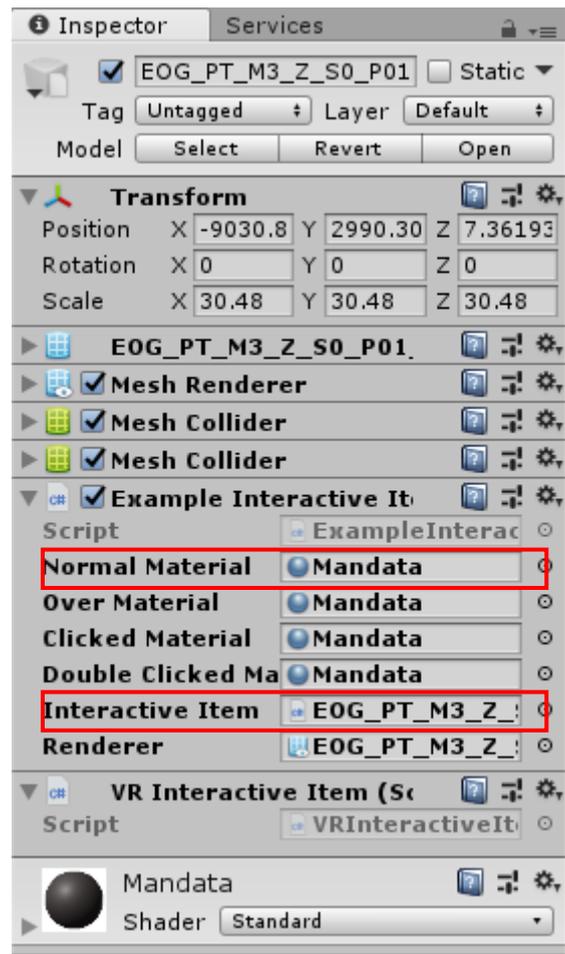


Figura 55-Unity: Example Interactive Item

Nel Asset di sistema si è poi creata la cartella Materials dove si sono raccolti tutti i materiali associati ai vari oggetti, come ad esempio il materiale "Mandata" con colore associato blu. Quest'ultimo è stato così trascinato all'interno dello script Example Interactive negli spazi destinati al "Material", mentre per le ultime due caselle si è trascinato dal pannello Hierarchy il file .fbx di interesse. L'operazione si è poi ripetuta per i successivi due condotti di ritorno e di estrazione.

Per fare in modo di far cadere l'attenzione di chi naviga il modello sulle componenti con le quali può interagire sono stati creati degli indicatori a terra, dove nel momento in cui ci si avvicina all'oggetto si apre un'iterazione. L'iterazione quindi viene resa possibile andando a creare una forma geometrica, nel nostro caso un cubo alla quale si associa la funzione di *trigger* e di *box collider*. Il trigger può essere nascosto alla vista semplicemente andando a deselezionare la componente *Mesh Render* dal pannello delle proprietà, così facendo nella scena sarà presente una forma geometrica invisibile che funge da innesco di un meccanismo definito dallo script collegato al trigger.

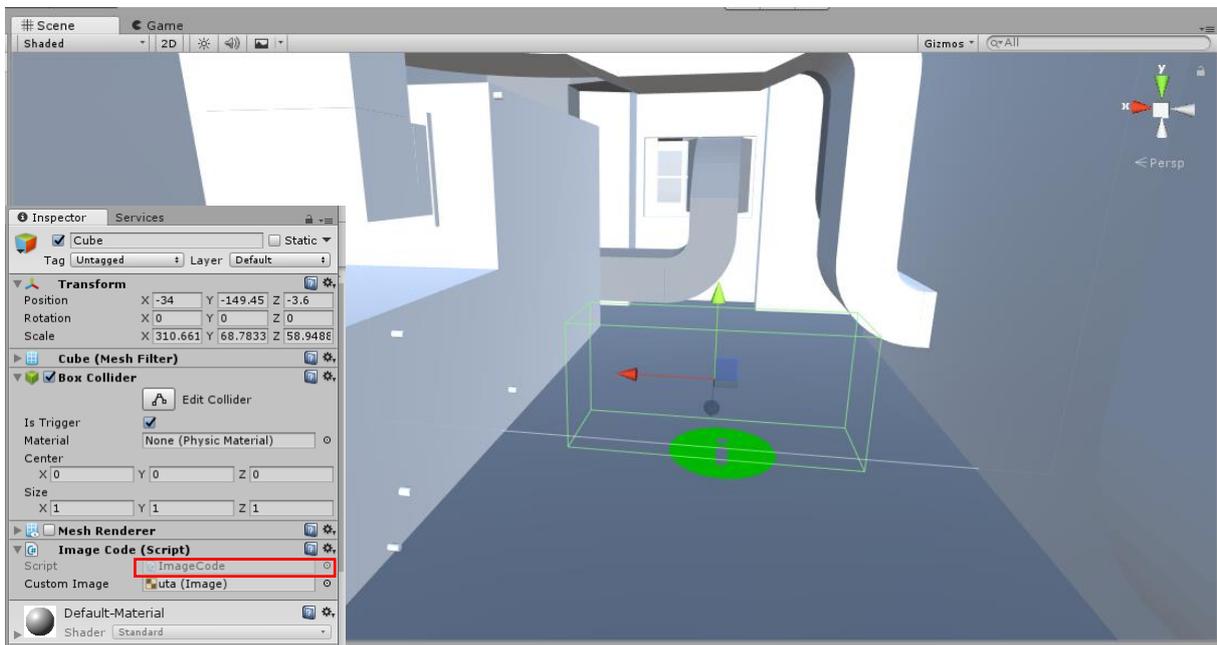


Figura 56-Unity: Scena con Box collider

Lo script collegato al trigger, consente di far apparire un UI Canvas che contiene un'immagine, ogni volta che il player oltrepassa le superfici della forma geometrica.

```
ImageCode.cs
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.UI;
5
6 public class ImageCode : MonoBehaviour
7
8 {
9
10
11 [SerializeField] private Image customImage;
12
13 void OnTriggerEnter(Collider other)
14 {
15     if (other.CompareTag("Player"))
16     {
17         customImage.enabled = true;
18     }
19 }
20
21
22
23 void OnTriggerExit(Collider other)
24 {
25     if (other.CompareTag("Player"))
26     {
27         customImage.enabled = false;
28     }
29 }
30
31 }
```

Figura 57-Unity:Script associato al cube

Un UI Canvas genera un pannello trasparente sul quale si vanno ad associare una serie di comandi, nel nostro caso in particolare siamo andati ad associare due tipologie: Image e Button.



Figura 58-Unity:Hierarchy Canvas

Nel pannello Hierarchy possiamo trovare una macro cartella che contiene il comando *Canvas* associato ad *Image*. Nel pannello delle proprietà ritroviamo lo script, nell'apposita casella si andrà a trascinare l'immagine presente nel pannello Asset. Bisogna fare attenzione ad associare all'immagine in *Texture type >Sprite (2D and UI)* prima di trascinarlo.

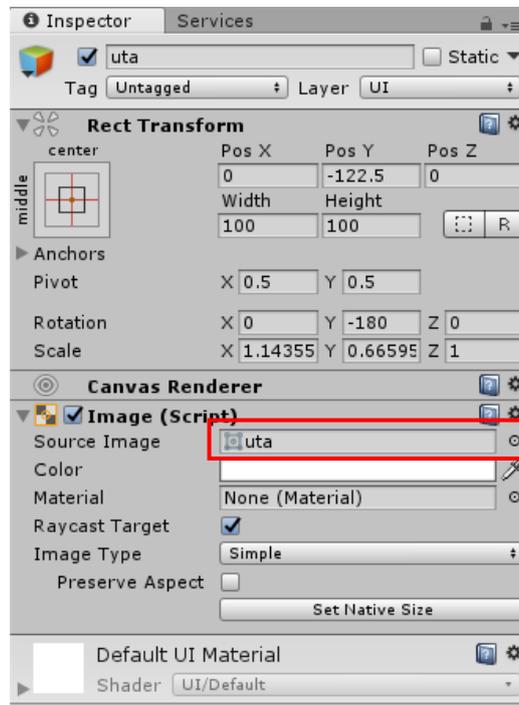


Figura 59-Unity:Image script

Per quanto riguarda il *Canvas* associato al *Button* nel pannello delle proprietà possiamo trovare lo script associato che ci consente di scegliere il testo e il colore della selezione del Button creato.

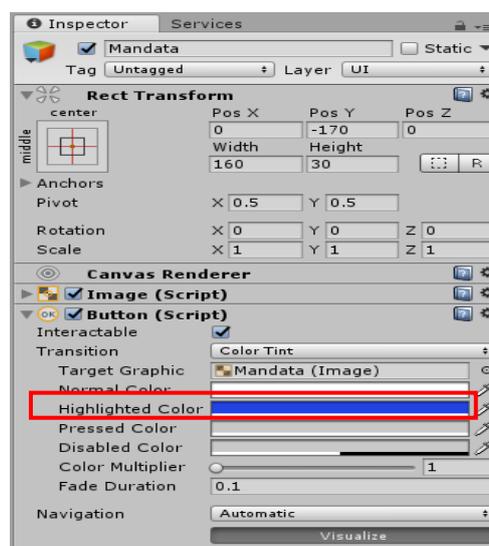


Figura 60-Unity:Button script

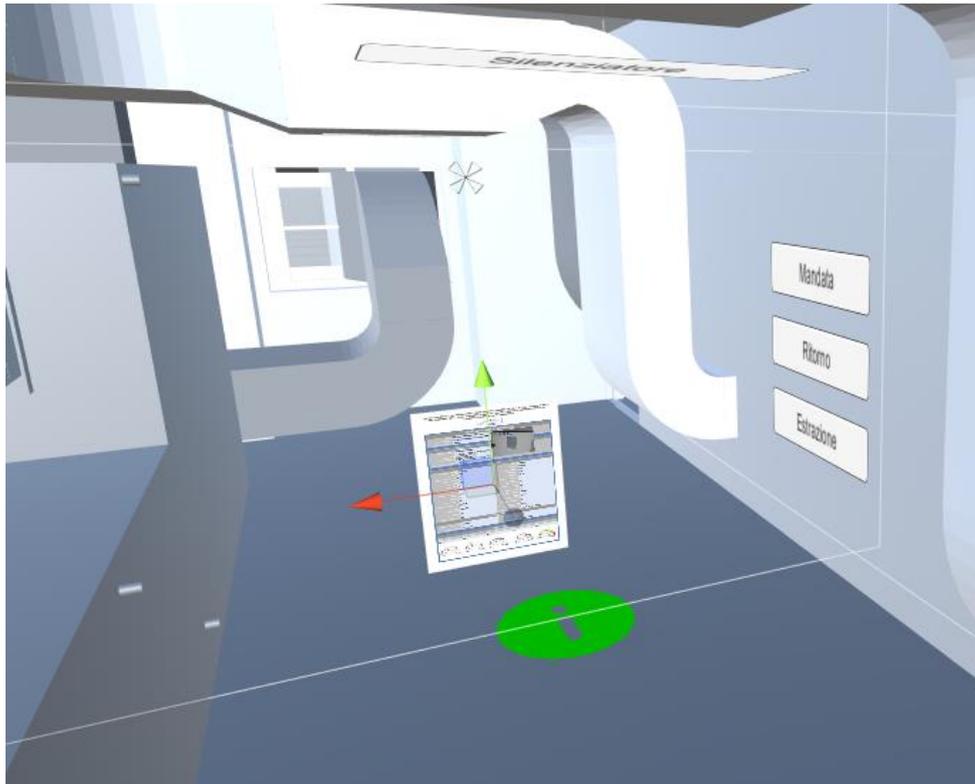


Figura 61-Unity: Scene con Canvas Image e Button

Infine per rendere l'esperienza del tour virtuale completa e realistica, si è aggiunto dalla cartella *Prefabs* del pacchetto *Avatar*, il comando *Local Avatar*. Esso viene trascinato al di sotto del comando *Camera Ring*, in modo tale che vengano associate al player le mani, così da avere un'esperienza più interattiva.

La volontà di dare una migliore chiarezza espositiva alle informazioni contenute all'interno del modello BIM, dando la possibilità all'utente di interagire tramite visori con i contenuti non solo tridimensionali, anche tecnici delle sue componenti, rappresenta lo step successivo da raggiungere se si pensa all'intero processo BIM. La chiave di lettura contenuta in Unity 3D che va incontro a questa necessità, è quella che permette all'utente di interagire con la struttura, di poterne estrarre le informazioni utili ai suoi fini e di visualizzarle in modo chiaro.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

4. Conclusioni e sviluppi futuri

4.1. Criticità riscontrate

La modellazione MEP, attraverso il software Revit ha restituito alcune problematiche:

- nell'instradamento dei condotti/tubazioni, in quanto vi è stata l'impossibilità di replicare particolari cambi di direzione e raccordi utilizzati nella fitta distribuzione impiantistica;
- nella definizione dell'altezza delle quote dei condotti, ai quali non è stato possibile restituire la medesima collocazione, non essendo alcuni locali ispezionabili (nonostante i rilievi);
- per le componenti impiantistiche è stata richiesta la creazione di famiglie per il fatto che nell'apposita libreria di Revit gli elementi non rispettavano i documenti del progetto, pur essendo parametrici;
- la mancanza di una documentazione tecnica esaustiva dei singoli componenti che costituiscono l'attrezzatura meccanica, non ha permesso una restituzione geometricamente accurata rispetto alla realtà. Ciò ha fatto sì da riportare una leggera in accuratezza del modello in alcune sue parti rispetto al progetto as is.

La mancanza di interoperabilità tra il software di modellazione e quello di realtà aumentata ha rallentato il processo di restituzione grafica: infatti i dati associati agli elementi modellati in Revit, esportando il modello si dissociano da essi, per cui su Unity 3D le informazioni sono state adeguatamente riformulate ed inserite. Infatti in questo caso, il solo modello geometrico della struttura è stato usato come base di partenza; tutte le informazioni contenute nel modello BIM finalizzate al FM vengono perse nell'operazione di passaggio dalla modellazione alla navigazione. La mancanza più grande nel percorso di tesi è rappresentata dal non essere in grado di fornire una visualizzazione interattiva del modello BIM nel rispetto del criterio di interoperabilità, senza che le informazioni possedute dalle componenti vadano reinserite nuovamente per rendere visibili e interagibili.

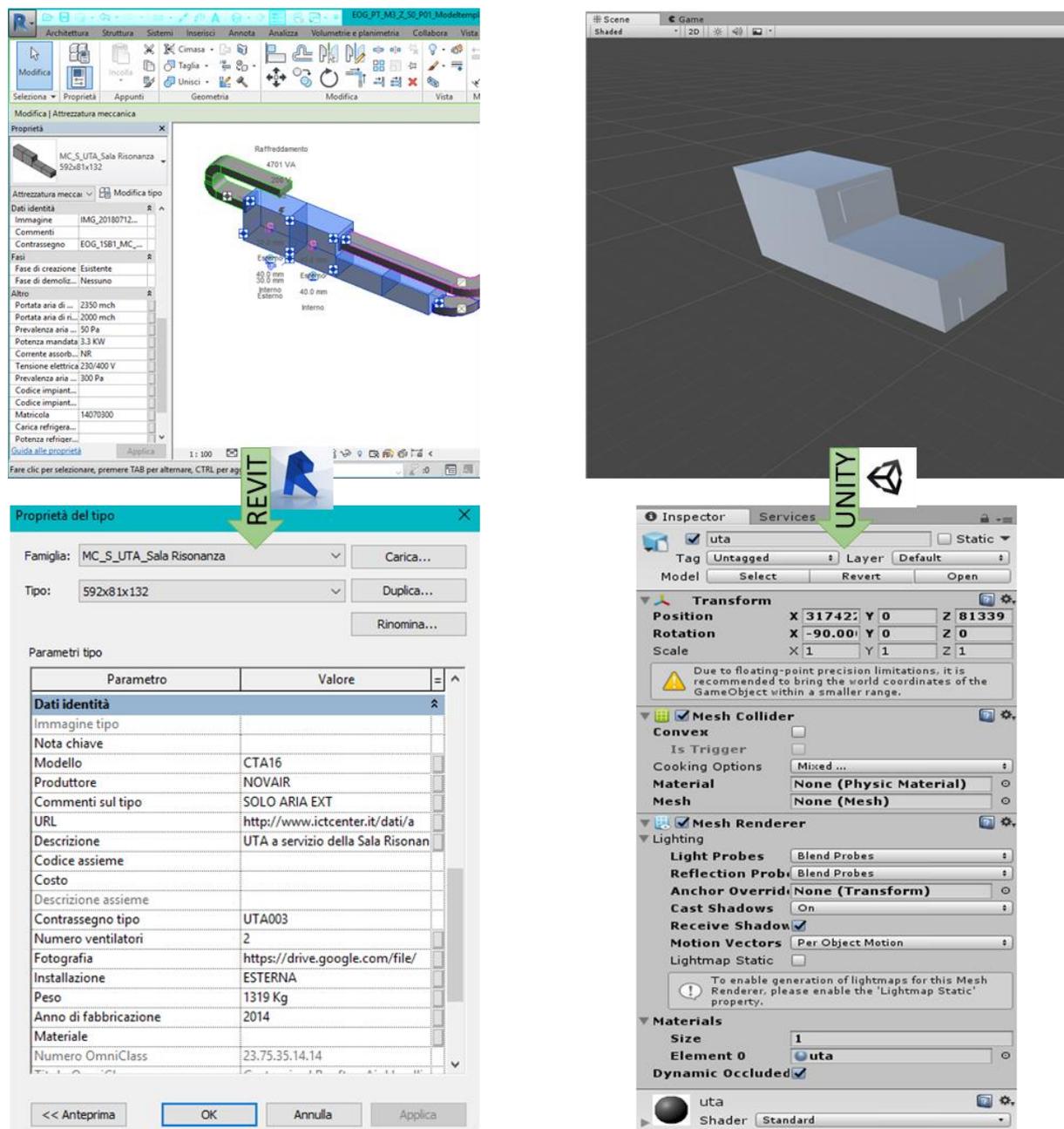


Figura 62-Confronto proprietà dell'Uta in Revit e Unity

4.2. Conclusioni

Negli ultimi dieci anni la metodologia BIM ha visto un miglioramento e un'integrazione sempre più vicina ai professionisti del processo edilizio e ad oggi si può dire che la maggior parte di queste figure si è adeguata al mondo BIM. Grazie anche allo sviluppo delle moderne tecnologie essa si sta avvicinando verso nuovi temi di interoperabilità, come ad esempio l'impiego della realtà virtuale.

In seguito al percorso di tesi svolto, si può affermare che nel campo della digitalizzazione si è fatto un passo avanti verso una regolamentazione e standardizzazione delle informazioni da condividere tra le parti coinvolte nel processo edilizio; si parla in particolare del settore impiantistico in cui risulta fondamentale avere a disposizione sia i dati tecnici che l'evoluzione manutentiva di tutte le sue parti.

A tal proposito si è voluto inoltre dimostrare come nell'ambito della manutenzione impiantistica l'utilizzo di piattaforme di visualizzazione o della stessa realtà virtuale possano facilitare la ricerca e l'informatizzazione del FM department, come nel caso dell'ospedale Galliera.

E' chiaro che per il raggiungimento di questi obiettivi sarà necessario un cambiamento culturale ancora più incisivo che parte dal passare da una restituzione CAD a una BIM: esso presenta delle potenzialità in grado di ottimizzare e rendere efficienti la gestione e i successivi interventi che riguardano l'edificio.

Va sottolineato che mentre da un lato per il costruito si sono fatti passi in avanti, esistono però delle limitazioni causate dal fatto che la diffusione dei progetti BIM per gli edifici esistenti non risulta ancora largamente diffusa, per la mancanza di informazioni relative alla gestione/manutenzione dei dati concepiti in fase di progettazione e costruzione, per la difficoltà di modellare l'esistente e l'assenza di figure professionali formate all'utilizzo delle strumentazioni utili. Nonostante ciò sono stati riscontrati sviluppi relativi allo scambio dei dati e alla raccolta di informazioni di gestione degli edifici, che possono poi essere utilizzati direttamente in BIM a supporto delle attività del Facility Manager.

Tra i vantaggi legati all'ottimizzazione del processo rientra la possibilità di lavorare in gruppo, quindi di collaborare e condividere in tempo reale il lavoro con altre figure, apportando allo stesso tempo modifiche che vengono aggiornate in tutte le visualizzazioni grafiche degli elaborati. Un'ulteriore possibilità è la restituzione in 3D di ogni componente, ma soprattutto di poter associare ad ogni oggetto le informazioni caratterizzanti o di cui necessita. Infatti la piattaforma di modellazione

viene associata ad un database, dove verranno raccolte tutte le informazioni che saranno prima collegate alle componenti e poi rielaborate, ordinate ed analizzate; l'utente avrà quindi a disposizione informazioni utili per la progettazione e consultazione, gestione e manutenzione del manufatto al fine di ottenere un lavoro valido e che sia produttivo su più fronti.

Per quanto riguarda le applicazioni di visualizzazione, due dei vantaggi più significativi del suo utilizzo sono, accedere a file di grandi dimensioni grazie all'archiviazione in cloud, e l'utilizzo di piattaforme come A360 che non necessitano di licenza, come avviene per un software di modellazione, favorendo la navigazione per i non addetti.

All'interno dei sistemi di visualizzazione sopra citati vi è anche quello della realtà virtuale: è stato dimostrato come è possibile associare questo strumento anche all'ambito edilizio, promuovendo l'interdisciplinarietà e la collaborazione tra le parti. In particolare utilizzando come strumento gli *Oculus Rift*, è stato possibile sviluppare un applicativo in grado di fornire i dati utili agli addetti alla manutenzione e al FM department, sfruttando la realtà virtuale.

Si specifica che il lavoro svolto in merito a tale campo è in fase sperimentale e quindi può essere una base per futuri sviluppi e miglioramenti.

4.3. Sviluppi futuri

I nuovi strumenti tecnologici per la realtà virtuale nascono con scopo principalmente ludico; allo stesso tempo adottare questi strumenti in altri ambiti, come il mondo delle costruzioni, è una possibilità che può e deve essere sfruttata sebbene richieda ancora tanto lavoro e sicuramente un miglioramento anche di queste tecnologie ad esempio rendendole wireless. Per fare in modo che avvenga questo miglioramento è necessario formare le figure professionali del futuro, i neo-laureati e allo stesso tempo anche i professionisti che lavorano da anni in questo mondo e sono meno inclini ad abbracciare queste moderne tecnologie.

Per il BIM, i cui vantaggi sembrano siano stati recepiti da sempre più figure, è tempo di far conoscere e apprezzare gli strumenti che vengono messi a disposizione per la realtà virtuale, in virtù anche del fatto che sul mercato i prezzi di quest'ultimi sono diventati sempre più competitivi. Inoltre queste tecnologie sono in costante sviluppo e potrebbero portare a realizzare soluzioni che possono essere ottimali e sempre più vicine alle esigenze del processo edilizio, come ad

Livello di conoscenza impiantistico per gli edifici esistenti. L'interoperabilità tra BIM e VR.

esempio lo sviluppo di applicazioni per tablet. Va infine sottolineata l'importanza che l'interoperabilità assume tra il modello BIM e i software che sfruttano queste tecnologie, essendo un punto di partenza per avere una visione completa dell'intero processo.

Sitografia e Bibliografia

- [1] https://it.wikipedia.org/wiki/Ente_ospedaliero_Ospedali_Galliera [17/09/18]
- [2] <https://www.galliera.it/> [11/09/18]
- [3] <http://biblus.acca.it/i-processi-bim-secondo-le-pas-1192-2-e-bs-1192/>
- [4] <https://www.bimportale.com/hbim/> [22/09/18]
- [5] <http://www.appaltiecontratti.it/2018/05/21/bim-il-quadro-normativo/>
[25/09/18]
- [6] <https://www.ingenio-web.it/6590-i-lod-nella-uni-113372017> [25/09/18]
- [7] <https://www.ingenio-web.it/18926-i-loi-nelle-scale-di-lod-usa-uk-ita>
[29/09/18]
- [8] <https://www.webnews.it/speciale/realta-aumentata/>[1/10/18]
- [9] <https://www.oculus.com>[27/09/18]
- [10] <https://www.vive.com/us/>[27/09/18]
- [11] <http://www.shelidon.it/?p=3627>[22/09/18]
- [12] <https://unity3d.com/>[27/09/18]
- [13] <https://www.ingenio-web.it/18347-bim-per-infrastrutture-linearif>[30/09/18]
- [14] <https://www.ingenio-web.it/7243-norma-uni-11337-sul-bim-nuove-parti-9-e-10> [31/09/18]
- [15] S.Bruno,M.De Fino,F.Fatiguso «Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management»
- [16] A.Osello, Building information modelling. Geographic information system. Augmented reality per il facility management, Palermo: Dario Flaccovio editore 2015

Normative e Linee Guida

- UNI 11337: 2017 (Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni)
- BS1192-PAS 1192-2/3/4/5 (Specification for Information Management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling)
- UNI8290(Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi degli agenti.)
- European MEPcontent Standard
- AIA G202-2013- American Institute of Architects (AIA)