

UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

LAUREA MAGISTRALE in INGEGNERIA EDILE

Management e Sicurezza delle Costruzioni

**Procedure per il controllo dei requisiti informativi
di progetti di opere pubbliche tramite strumenti di
gestione basati sul BIM**

Procedures for the assessment of design information requirements of
public works by means of BIM-based management tools

Relatore:

Prof. Ing. Alessandro Carbonari

Tesi di Laurea di:

Filippo Meloni

Correlatrice:

Prof.ssa Ing. Alessandra Corneli

A.A. 2023/2024

SOMMARIO

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO 1: OBIETTIVO	14
1.1 Il Codice degli Appalti D.Lgs. 36/2023	14
1.2 Procedure per la digitalizzazione degli appalti	19
1.2.1 I documenti per la gestione dei modelli informativi negli appalti.....	19
1.2.2 I ruoli dei coordinatori dei flussi (esperti del BIM).....	22
CAPITOLO 2: METODOLOGIA	26
2.1 Il modello informativo BIM e IFC	26
2.1.1 Il BIM: cos'è e la sua filosofia	26
2.1.2 I vantaggi del BIM e i suoi strumenti.....	27
2.1.3 I livelli di maturità	29
2.1.4 Il BIM dal punto di vista normativo	31
2.1.5 Le dimensioni del BIM	35
2.1.6 Il formato IFC	36
2.1.7 La storia	37
2.1.8 La struttura.....	38
2.1.9 Versioni dello schema IFC e il suo visualizzatore	40
2.1.10 Definizioni vista modello (MVD)	42
2.1.11 Limiti e possibili sviluppi.....	45
2.2 Analisi dei processi di gestione degli appalti	46
2.3 La piattaforma	47
2.3.1 Interfaccia	48
2.3.2 Graph (LPG).....	53

2.3.3 Query.....	60
CAPITOLO 3: FATTIBILITA' TECNICO-OPERATIVA	64
3.1 Modellazione degli spazi	67
3.1.1 Le tre entità per soddisfare i requisiti del DGR.....	67
3.1.2 Esportazione in un file IFC da Revit.....	80
3.2 Modellazione dei sistemi impiantistici.....	85
3.3 Modalità di validazione dei DGR.....	94
CAPITOLO 4: ANALISI DI UN CASO DI STUDIO	95
4.1 Ospedale di Pergola.....	95
4.2 Produzione di modelli ed elaborati.....	99
4.2.1 La modellazione architettonica (spazi e zone).....	99
4.2.2 La modellazione impiantistica (vani)	124
4.3 Model Checking	140
4.3.1 Verifica in piattaforma degli spazi	142
4.3.2 Verifica in piattaforma degli impianti	149
4.3.3 Prove di validazione	154
4.4 Quadro sinottico	162
CAPITOLO 5: CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	169
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	171

INTRODUZIONE

Alla base di questo lavoro di tesi, è presente la ISO 19650. Per comprendere quanto verrà dopo si descrive un breve scenario della ISO 19650 che tratta precedentemente i concetti e i principi del “Nuovo Codice degli Appalti” D.Lgs 36/2023.

La ISO 19650 deriva, di fatto, dalle PAS britanniche oramai ritirate, in particolar modo dalla PAS 1192 – 2:2013, anche se ci sono anche riferimenti alle PAS 1192 – 3: 2014. La ISO 19650 è strutturata in due parti: la Parte 1 riguarda i “Concetti e principi”, mentre la Parte 2 si occupa della “Fase di consegna dei cespiti immobili”. [1][2]

La Parte 1, si articola in tredici capitoli attraverso i quali si definiscono i principi fondamentali della produzione informativa, dei metodi di consegna e l'organizzazione della struttura produttiva.

Il capitolo 5, “Definizione dei requisiti informativi e dei modelli informativi risultanti”, è il capitolo di principale interesse per il lavoro di tesi.

In questo capitolo, viene infatti stabilita la “Gerarchia dei requisiti informativi”. Il soggetto committente, che in questo caso è l’Ente Pubblico, elabora i documenti necessari a rendere espliciti i requisiti in modo che siano poi presi in consegna ed elaborati da tutti gli incaricati. Questa parte corrisponde all’elaborazione del EIR della PAS 1192 o del Capitolato Informativo della UNI 11337. La novità risiede nel fatto che nella ISO non vengono soltanto concordati e condivisi i termini dell’interscambio fra i professionisti (punto d’origine del progetto, coordinate, unità di misura, etc) ma vengono sviluppati i contenuti partendo dagli obiettivi del Committente e del progetto, fino alle specifiche tecniche stabilendo una continuità fra i vari passaggi, avendo quindi una visione più ampia che abbracci l’intero ciclo di vita dell’edificio e possa incorporare le esigenze del committente.

In Figura 1, si vedono come sono organizzati i requisiti informativi divisi in tre colonne: la prima a sinistra riguarda i requisiti dei soggetti interessati (committente), in alto a livello dell’organizzazione, in basso a livello del progetto. La colonna centrale riguarda i requisiti informativi dell’incarico (operatore economico) mentre l’ultima colonna comprende i modelli, uno per la produzione e uno per la gestione del cespite immobile.

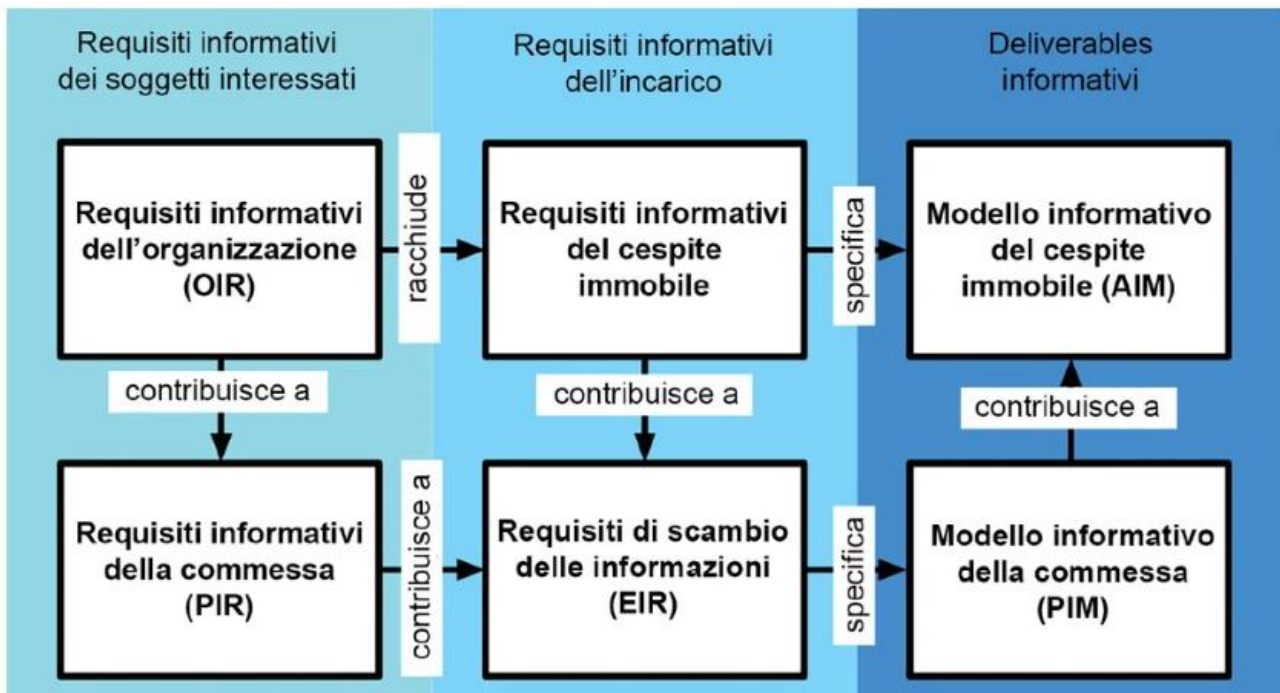


Figura 1 – Organizzazione dei requisiti informativi

Dove:

- **OIR** (Organization Information Requirements - Requisiti Informativi dell'Organizzazione). L'OIR è il punto di partenza di una commessa BIM in quanto definisce i requisiti informativi generali della committenza e comprende le informazioni necessarie per illustrare gli obiettivi strategici generali. Esso viene sviluppato molto prima della fase di progettazione, partendo dall'analisi dei processi aziendali, con lo scopo di definire i bisogni, le necessità e le informazioni di cui essa necessita per gestire le proprie risorse, operazioni e funzioni organizzative.[3]

Vi saranno informazioni relative a: attività aziendale strategica, pianificazione delle risorse, studio delle attività di conservazione, manutenzione e riparazione dell'opera, analisi finanziaria degli investimenti, creazione di un ambiente dati comune (CDE) in cui tutte le risorse siano accessibili, controllo e valutazione dei rischi connessi all'asset ed alla sua gestione, valutazione del ciclo di vita e altre questioni.

- **PIR** (Project Information Requirements– Requisiti Informativi della commessa).
Descrive le informazioni necessarie quali bisogni e necessità per implementare gli obiettivi già esplicitati nell’OIR ma questa volta in relazione a una determinata commessa. Per ognuno dei punti decisionali deve essere preparato una sezione del PIR, che sarà poi completata nel corso della commessa.
- **AIR** (Asset Information Requirements-Requisiti Informativi del cespite immobile).
Definisce gli aspetti gestionali e tecnici del cespite immobile, quindi i metodi, le procedure, In questa sede saranno previste le informazioni relative agli incarichi che saranno poi integrate dagli incaricati stessi. Verranno poi redatti una serie di AIR che costituiranno un unico insieme coerente e coordinato di requisiti informativi.
- **EIR** (Exchange Information Requirements–Requisiti di scambio delle informazioni).
Definisce gli aspetti gestionali e tecnici della commessa, quali i formati d’interscambio.
- **PIM** (Project Information Model– Modello Informativo della Commessa).
È il modello che contiene dati dimensionali, quantitativi e specifiche tecniche da cui ricavare le informazioni utili alla programmazione, progettazione, produzione e esecuzione in opera della commessa.
- **AIM** (Asset Information Model–Modello Informativo del cespite immobile).
È il modello da cui ricavare le informazioni utili all’uso, gestione e manutenzione del bene. Contiene informazioni circa le attrezzature installate, le date di installazione e manutenzione, programmazione dei cicli manutentivi.

In Figura 2 è rappresentato uno schema di esempio.

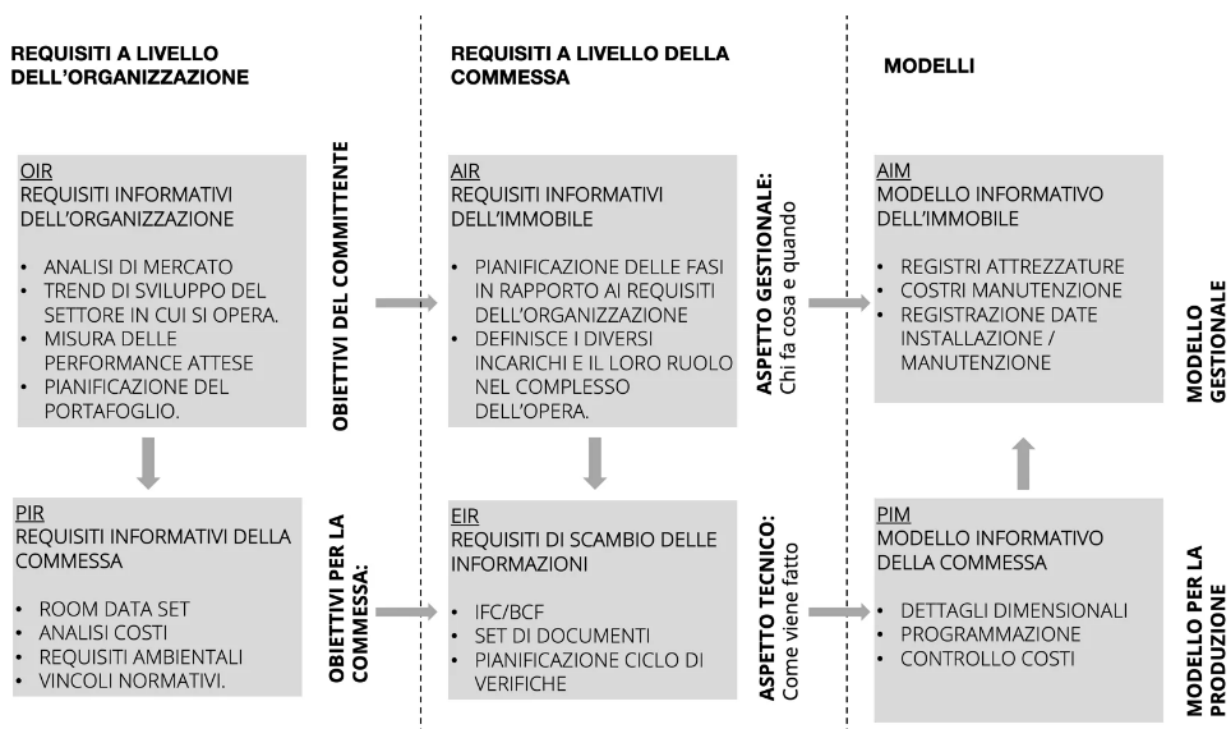


Figura 2 – Esempio funzionamento requisiti informativi

Il ciclo di consegna delle informazioni, di cui si parla nel capitolo 6, viene pianificato nella fase ancora precedente alla stipula dei contratti e l'assegnazione degli incarichi. Devono essere rispettati quattro principi:

1. La gestione informativa è necessaria e deve essere seguita lungo tutto lo sviluppo della commessa.
2. Le informazioni vengono sviluppate in modo progressivo, secondo una pianificazione che coinvolge direttamente i diretti incaricati e il proponente.
3. I requisiti informativi devono essere trasferiti dal gruppo proponente alle diverse possibili aggregazioni degli incaricati.
4. Gli scambi di informazione devono avvenire entro un Ambiente di Condivisione dei Dati (ACDat) usando formati aperti e procedure condivise.

La Figura 3 illustra i passaggi dalla fase gestionale, a quella di consegna e nuovamente alla fase gestionale. Dal modello AIM trasferiamo un primo livello di informazioni iniziali al modello PIM, passaggio rappresentato dalla lettera A. Il modello PIM viene sviluppato lungo le diverse fasi fino a giungere alla fase di costruzione e consegna (B), quando si verifica di nuovo il travaso di informazioni dal PIM all' AIM in vista della fase gestionale.

Il ciclo informativo si attiva per ogni “evento scatenante”. Per evento scatenante si intende un “evento pianificato o non pianificato che modifica un cespite immobile o il suo stato durante il suo ciclo di vita, dando luogo a uno scambio d’informazioni”. Ad ogni evento scatenante corrisponde un diverso uso del modello: analisi strutturale, analisi energetica, ma anche documenti approvativi, etc.

Ciclo di vita generico di gestione delle informazioni inerenti alla commessa e al cespite immobile

Legenda

- A Inizio della fase di consegna - trasferimento delle informazioni pertinenti dall'AIM al PIM
- B Sviluppo progressivo del modello informativo del progetto in modello virtuale per la costruzione (vedere nota al punto 3.3.10)
- C Fine della fase di consegna - trasferimento delle informazioni pertinenti dal PIM all'AIM

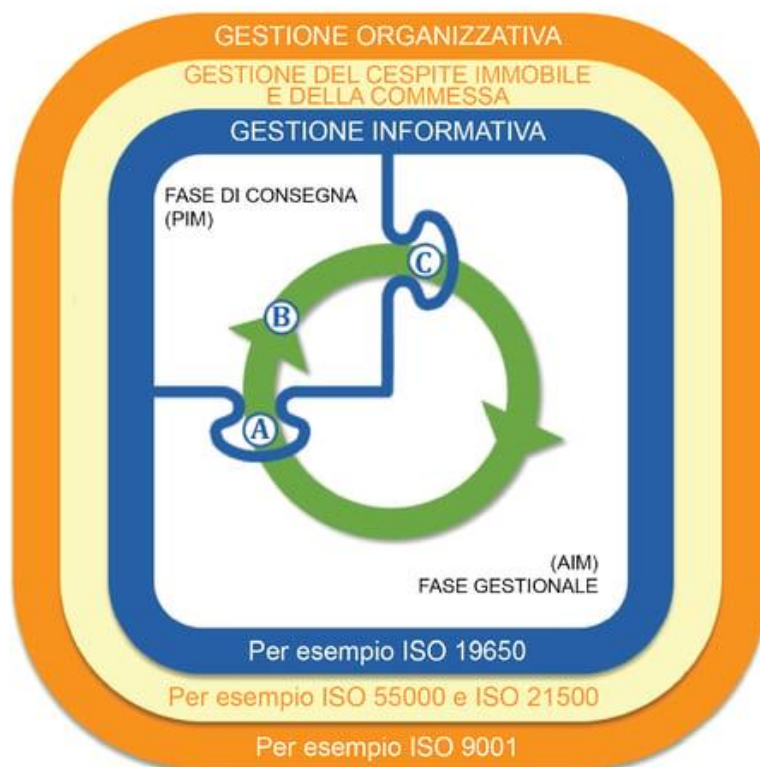


Figura 3 – Fase gestione dell’informazione

Per ogni scambio di informazioni nell'evento scatenante, in Figura 4, vengono individuati e definiti:

- Soggetti incaricati o Gruppo incaricato (nei riquadri grigio, azzurro o giallo).
- Punti decisionali (rombo rosso): punto chiave definito dal committente.
- Scambio di informazioni (pallino verde): le informazioni vengono riversate nel modello PIM o AIM.
- Verifica e validazione delle informazioni (frecche verdi): l'ingresso delle informazioni deve essere autorizzato previa verifica e validazione.
- Flusso di contenuti informativi (freccia blu verticale): come risultato delle precedenti voci si verifica un passaggio di dati che confluiscono nell'ambiente ACDat.

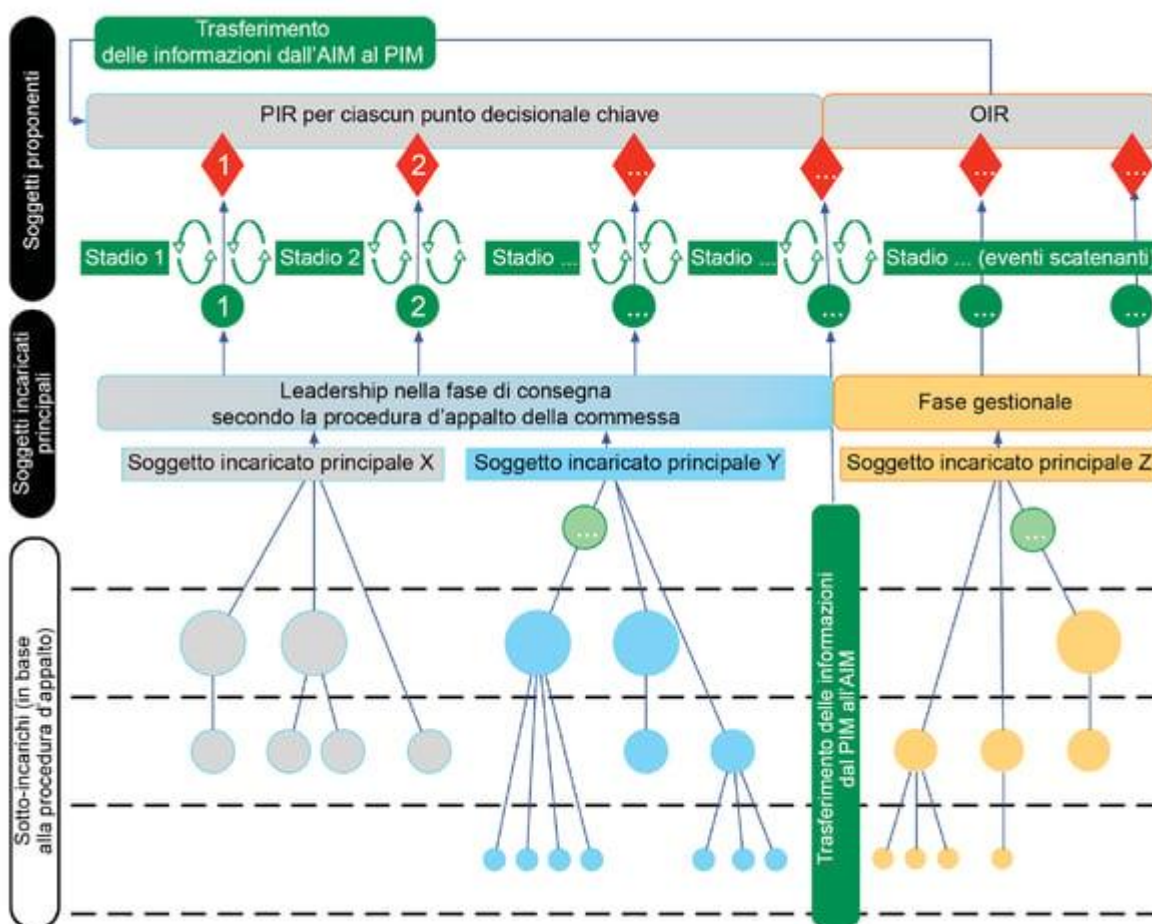


Figura 4 – Funzionamento scambi di informazione

La Figura 5 sintetizza quanto visto fino ad ora.

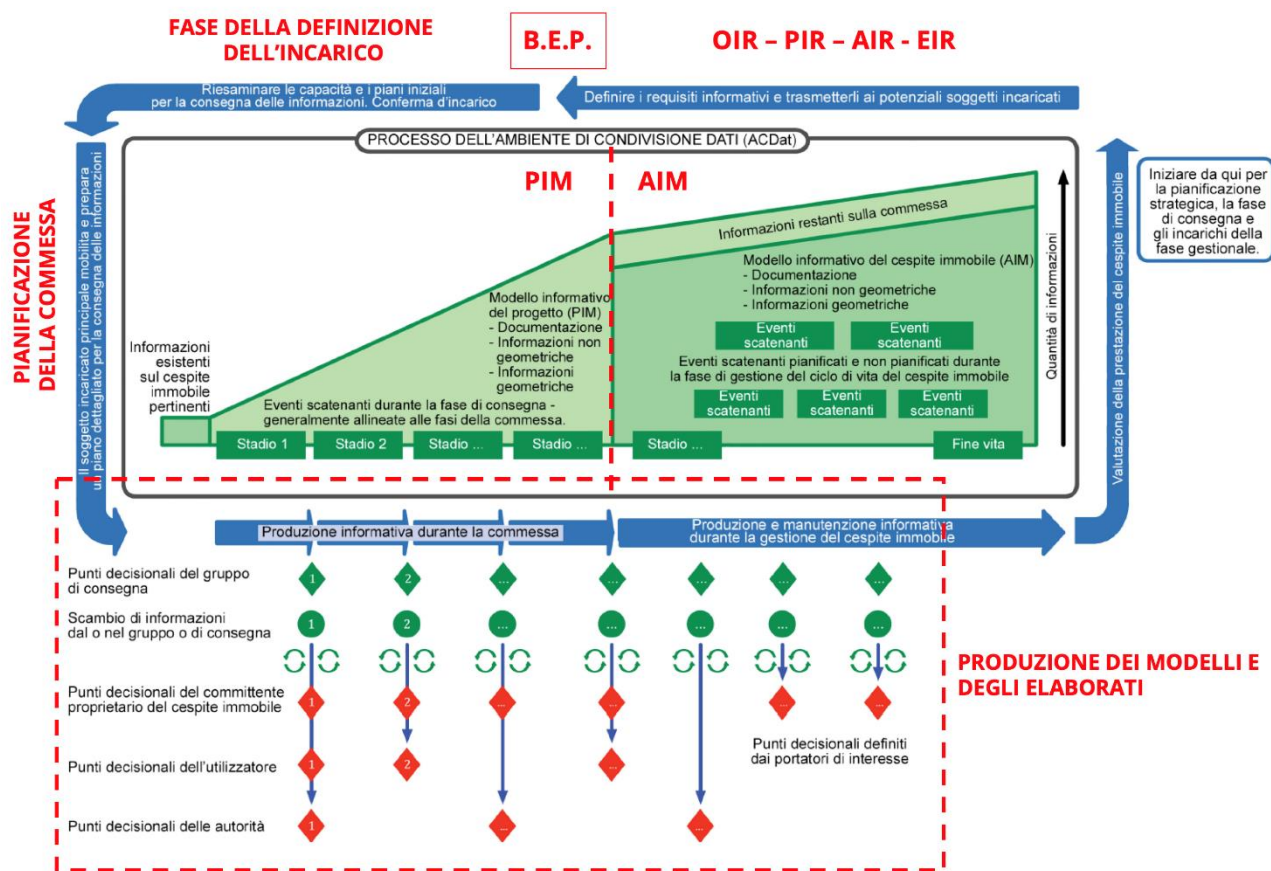


Figura 5 - Schema riassuntivo

Dopo aver preso una visione generale a livello di impatto della ISO 19650-1 sulla gestione degli appalti, si può osservare il parallelismo presente con il D.Lgs. 36/2023. Il “Nuovo Codice degli Appalti” è fondamentale per il lavoro di tesi perché spiega il motivo dell’importanza della digitalizzazione degli appalti, attraverso l’utilizzo di strumenti di gestione informativa. In particolare, alla base di ciò, è di grande rilevanza l’Art. 43 del D.Lgs. 36/2023 “Metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni” in cui si enunciano i concetti chiave di questo processo. Si evidenzia l’obbligatorietà dell’uso di strumenti di gestione informativa digitale, nella fattispecie della metodologia BIM, per tutti gli appalti superiori a un milione di euro dal 1° gennaio 2025. [4]

Il motivo dell’utilizzo obbligatorio del BIM è, oltre a migliorare la gestione tecnica, quella di fare funzionare una serie di questioni che altrimenti richiederebbero un costo economico e temporale troppo alto. Questioni come fare e organizzare la manutenzione del bene, adeguare l’opera alle nuove

normative ed esigenze, sono solo alcune alle quali vanno date risposte nel modo più veloce possibile. Solo se si hanno informazioni strutturate e precise è possibile farlo, e per fare questo è necessario seguire le regole BIM definite prima nella ISO 19650 dentro il documento OIR e poi nel documento “Quadro esigenziale e delle necessità” presente nel D.Lgs. 36/2023 è chiamato (vedi par. 1.1).

Per raggiungere gli obiettivi definiti dal committente nel Quadro esigenziale, uno degli step necessari è realizzare, dalla prima fase di progetto e in ogni altra fase, dei modelli informativi. In questo lavoro di tesi, l’aspetto fondamentale oggetto di discussione è come creare dei modelli informativi nella fase di validazione di un progetto simulando sia il ruolo dell’operatore economico (progettista) che del committente. È importante segnalare come bisogna redigere sul Capitolato Informativo delle informazioni richieste dal committente che siano gestibili in fase di validazione. Il Capitolato Informativo è il risultato di quello che serve nel Quadro esigenziale ai fini dell’organizzazione tecnica e funzionale. Inoltre, bisogna realizzare il Capitolato Informativo anche in base a come si procede alla sua verifica; infatti, è sbagliato creare un modello con delle informazioni e non sapere dove sono state messe, perché non è possibile trovarle né in fase di validazione né in quella di gestione. Dunque, è importante che l’informazione sia rintracciabile, sapere cioè dove, come e perché si mette. È rilevante specificare come nel decidere come l’informazione va generata bisogna lasciare una certa flessibilità all’operatore economico. Il committente deve virare verso strumenti quali piattaforme aperte interoperabili BIM, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di software e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti (es. la libertà di mercato nella scelta dell’utilizzo del software come Revit, Archicad, etc.).

Dunque, l’intenzione della tesi è quella di analizzare nel dettaglio il percorso progettuale che dalla modellazione BIM, tramite il D.Lgs. 36/2023, porta nella fase di validazione, alla verifica delle informazioni del Capitolato Informativo, tramite l’utilizzo del formato IFC e della piattaforma WeBim. Fare questo comporta che quando si arriva al contratto di esecuzione dei lavori tra committente e operatore economico, in allegato è presente un corretto Piano di Gestione Informativa, che è stato costruito sulla base del Capitolato Informativo, redatto dal committente i requisiti desiderati.

Il processo del progetto di tesi mette inoltre in evidenza le potenzialità, i vantaggi e le criticità della metodologia, da un punto di vista della validazione dei risultati e dell'interoperabilità tra i software adottati. Parallelamente, lo scopo del è quello di intraprendere un percorso formativo mirato all'apprendimento del metodo di progettazione rappresentato dal BIM. Nello specifico la tesi è strutturata nei seguenti capitoli.

Il primo capitolo è inerente all'obiettivo della tesi, verrà esposta una sintesi sulla parte della digitalizzazione degli appalti del Nuovo Codice degli Appalti del D.Lgs. 36/2023, che è la base su cui è stato condotto l'intero lavoro. In particolare, in questo paragrafo si analizzano il Capitolato Informativo, Offerta di Gestione Informativa, Piano di Gestione Informativa e si descrivono le figure professionali principali che gestiscono i flussi di lavoro.

Nel secondo saranno presentati i modelli informativi BIM e IFC, cosa sono e come sono strutturati, ponendo attenzione sulle differenze tra questi e sui principali vantaggi e svantaggi in termini di interoperabilità e condivisione tra i vari professionisti coinvolti nel processo di progettazione. Inoltre, sarà posta una prima analisi dei processi di gestione degli appalti. Infine, verrà descritta la piattaforma WeBim, i comandi per il suo utilizzo e la natura che c'è al suo interno.

Successivamente, nel terzo capitolo si inizia l'analisi di fattibilità tecnico operativa svolta tramite un esempio in previsione del caso di studio preso in esame. Il capitolo tende a descrivere il procedimento per la modellazione di spazi e sistemi impiantistici, partendo dai requisiti minimi generali del DGR, passando per la descrizione della procedura di esportazione in file IFC e concludendo con la verifica del file IFC su BIMvision.

Nel quarto capitolo, in cui viene preso in considerazione l'ospedale SS Carlo e Donnino di Pergola, che è l'oggetto dell'analisi del caso di studio. Oltre alla modellazione architettonica e impiantistica, si descrive la fase di validazione e verifica del progetto, tramite la piattaforma WeBim.

Le conclusioni ed i possibili sviluppi futuri della tesi di ricerca completano la tesi.

CAPITOLO 1: OBIETTIVO

1.1 Il Codice degli Appalti D.Lgs. 36/2023

Dal 1° aprile 2023, il Nuovo Codice Appalti (D.Lgs. 36/2023), o più correttamente “Codice dei Contratti Pubblici”, ha mandato in pensione dopo quasi 7 anni di onorato servizio il “vecchio” D.Lgs. 50/2016. La novità più importante introdotta dal Nuovo Codice degli Appalti è che le stazioni appaltanti devono assicurare la digitalizzazione delle costruzioni e del ciclo di vita dei contratti. [5] A partire dal 1° gennaio 2024 tutti gli affidamenti (sia quelli sopra soglia che quelli sottosoglia) possono essere gestiti per mezzo di piattaforme di approvvigionamento digitale.

L’ecosistema si fonda sull’infrastruttura tecnologica della Piattaforma Digitale Nazionale Dati (PDND) per l’interoperabilità dei sistemi informativi e delle basi di dati ed ha come fulcro la Banca Dati Nazionale dei Contratti Pubblici (BDNCP).

Gestita da ANAC, la Banca dati nazionale interagisce, da un lato, con le piattaforme di approvvigionamento digitale certificate utilizzate dalle stazioni appaltanti ed enti concedenti per gestire il ciclo di vita dei contratti, dall’altro con le banche dati statali che detengono le informazioni necessarie alle stazioni appaltanti e agli enti concedenti per gestire le varie fasi del ciclo di vita dei contratti pubblici.

Alcune delle novità del Nuovo Codice degli Appalti sono che la figura del RUP cambia nome rispetto al D.Lgs. 50/2016: da Responsabile Unico del Procedimento diventa Responsabile Unico del Progetto, inoltre il nuovo testo abolisce completamente il livello intermedio di progettazione definitiva, e definisce due nuove fasi con nuovi i livelli di progettazione:

- progetto di fattibilità tecnico ed economica (PFTE);
- progetto esecutivo;

Si riassumono le differenze principali tra i due decreti D.Lgs. 50/2016 e D.Lgs 36/2023 in Figura 6.

[6]

D. Lgs 50/2016	D. Lgs 36/2023
Sono previsti tre livelli di progettazione	Sono previsti due livelli di progettazione
- Progetto di fattibilità tecnico-economica / (già Progetto preliminare)	- Progetto di fattibilità tecnico-economica
- Progetto definitivo	- Non più previsto
- Progetto esecutivo	- Progetto esecutivo
Definizione di R.U.P.: responsabile unico del procedimento	Definizione di R.U.P.: responsabile unico del progetto
Requisiti per essere incaricato come R.U.P.: figura tecnica all'interno dell'organico della stazione appaltante	Requisiti per essere incaricato come R.U.P.: il ruolo può essere ricoperto anche da una figura non tecnica
Si pongono le basi per la digitalizzazione del progetto	Obbligo per la stazione appaltanti di procedere con un approccio <i>BIM-based</i> , migrando verso piattaforme aperte interoperabili ed adottando metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni per la progettazione e la realizzazione delle opere con importo superiore a 1 mln di euro
Non è prevista la possibilità di appalto integrato	Appalto integrato sulla base del progetto di fattibilità tecnico-economica approvato.

Figura 6 – Schema di confronto tra D.Lgs. 50/2016 e D.Lgs. 36/2023

Tra le novità, si prendono in considerazione i 2 allegati di maggiore utilità per la tesi:

- **Allegato I.7**, che indica le informazioni di cui è composto il progetto. Esso definisce:
 - i contenuti dei due livelli di progettazione ed indica i requisiti delle prestazioni che devono essere contenuti nel PFTE e progetto esecutivo;
 - stabilisce il contenuto minimo del quadro esigenziale e delle necessità e il documento di indirizzo della progettazione (DIP) che le stazioni appaltanti e gli enti concedenti devono predisporre;
- **Allegato I.9**, che descrive i metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni;

Per quanto riguarda l'Allegato I.7 si espone l'importanza e la funzionalità dei 2 livelli di progettazione.

Il **Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica** individua quello che esprime il rapporto migliore tra costi e benefici in relazione agli specifici requisiti da soddisfare e alle prestazioni da fornire. Inoltre, contiene i necessari richiami all'uso di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni e sviluppa, tenendo in considerazione il quadro delle necessità, tutte le indagini e gli

studi riguardanti le caratteristiche dimensionali, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare.

Il **Progetto Esecutivo**, coerentemente con il PFTE, sviluppa un livello di definizione degli elementi tale da individuarne compiutamente la funzione, i requisiti, la qualità e il prezzo di elenco. Utilizza metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni, sviluppando un livello di definizione degli oggetti rispondente a quanto indicato nel capitolato informativo a sostegno del progetto. Inoltre, determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo compreso di coperture finanziarie e il cronoprogramma. Esso, in conclusione, deve definire completamente tutte le lavorazioni ed elementi in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo andando a descrivere ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico.

Nel Nuovo Codice degli Appalti, i due progetti devono contenere tutti i documenti digitalizzabili dell'appalto e a secondo del livello di dettaglio che si richiede, cambiano le informazioni da introdurre e anche le regole di modellazione.

Si ha quindi un lato di gestione del Codice degli Appalti secondo un modello digitale in quanto richiesto dal D.Lgs. 36/2023 e dalla normativa del DGR.

Esempi:

-) *Fase gestionale -> Si richiedono le informazioni nell'appalto*

-) *Progetto Fattibilità Tecnico Economica -> Lista di cosa serve per il progetto con requisiti da DGR -> Realizzazione modello -> Interrogazione del modello e verifica*

-) *Progetto Esecutivo -> Si dimostra che è presente quello che è nella lista del PFTE nel dettaglio -> Realizzazione modello -> Interrogazione del modello e verifica se coerente.*

L'Allegato I.9 del D.Lgs. 36/2023 si inserisce all'interno di un contesto legislativo e normativo strutturato e, pertanto, se ne colgono e riprendono alcune parti e riflessioni avviate. [7] Ad esempio, a partire dal primo articolo dell'Allegato I.9 si ritrovano subito richiami all'Art. 7-bis (Punteggi

premiali) del D.M. 312/2021 in cui si introducono i punteggi premiali nell'ambito dei criteri di aggiudicazione dell'offerta e se ne suggeriscono alcuni da poter utilizzare.

Nello stesso Art.1, alle successive lettere a), b), c) si riprende in forma del tutto simile l'Art.3 "Adempimenti delle stazioni appaltanti" del D.M. 560/2016, in cui si riportano le indicazioni principali da seguire prima di adottare i processi relativi alla gestione informativa digitale delle costruzioni; in sintesi:

- a) piano di formazione specifica del personale
- b) piano di acquisizione e di manutenzione degli strumenti hardware e software
- c) redazione e adozione di un atto di organizzazione

Il testo, in linea con le indicazioni e i riferimenti del D.Lgs. precedente, riprende i concetti di "piattaforme interoperabili" e "formati aperti e non proprietari", spiegando come i dati sono prodotti, elaborati e gestiti dalle prime (piattaforme interoperabili) e fruibili attraverso la tipologia dei formati. L'art. 4 dell'Allegato I.9 al D. Lgs.36/2023 cita "Le stazioni appaltanti adottano un proprio ambiente di condivisione dati". Anche in questo caso la nozione è ripresa da riferimenti precedenti: la UNI EN ISO 19650-2 riporta di stabilire l'ACDat che è un ambiente informatico strutturato, una piattaforma collaborativa digitale, utilizzata per la raccolta organizzata e la gestione dei dati relativi a modelli ed elaborati digitali.

Infine, ciò che emerge dalla lettura dell'Allegato I.9, è la ripresa in più parti di quello che è lo strumento principale di comunicazione dei requisiti informativi: il Capitolato Informativo. A partire dalla UNI EN ISO 19650/11337-6:2017 e dal D.Lgs. 560/2017, alla ripresa nel D.M. 312/2021 anche nell'Allegato I.9 viene citato come strumento regolatore e uniformante del team e della commessa.

Aspetto interessante e ormai non più trascurabile è anche l'attenzione al tema della sicurezza dei dati, proprietà intellettuale e cyber security.

Nel mondo della digitalizzazione, in cui il protagonista diventa il dato, è sempre più importante essere consapevoli dei rischi legati alla scarsa analisi e pianificazione degli aspetti ad esso legati.

Secondo l'Allegato I.9 del D.Lgs. 36/2023, occorre parlarne all'interno del Capitolato Informativo chiarendo "specifiche relative all'ambiente di condivisione dei dati e alle condizioni di

proprietà, di accesso e di validità del medesimo, anche rispetto alla tutela e alla sicurezza dei dati e alla riservatezza, alla disciplina del diritto d'autore e della proprietà intellettuale” e requisiti informativi “per facilitare la gestione dell’ambiente di condivisione dei dati nell’ambito della cyber security” e “per incrementare il livello di protezione, di riservatezza e di sicurezza dei dati, con particolare riferimento all’ambiente di condivisione dei dati”.

Il fine è dunque quello di gestire i contratti nel modo corretto, immettendo le giuste istruzioni di modellazione da includere nel Capitolato Informativo che una Pubblica Amministrazione può usare.

Nel paragrafo seguente si vanno a descrivere le procedure per la digitalizzazione degli appalti, in particolare modo si illustrano il Capitolato informativo, l’Offerta di Gestione Informativa (oGI), il Piano di Gestione Informativa (pGI) e i ruoli dei coordinatori dei flussi (Bim Coordinator, Bim Manager e Bim Specialist).

1.2 Procedure per la digitalizzazione degli appalti

1.2.1 I documenti per la gestione dei modelli informativi negli appalti

Un appalto pubblico ha varie fasi. Inizia con la fase all'indizione della gara, in cui si apre il bando, avviso o lettera di invito ai vari operatori economici. Durante lo svolgimento della gara, gli operatori economici visionano il Capitolato Informativo (CI), che è stato redatto dal committente, che nel caso di appalti pubblici, è un Ente Pubblico/Pubblica Amministrazione che funge il ruolo di stazione appaltante, in maniera tale che il progettista invia un progetto che segue i requisiti informativi presenti nel CI. Successivamente, gli operatori economici inviano il progetto al committente sotto forma di Offerta di Gestione Informativa (oGI). Qui c'è una fase di verifica e validazione interna da parte dell'ente pubblico in cui si possono chiedere dei cambiamenti, ed è proprio in questa fase in cui si sofferma il lavoro di tesi, ossia che tipo di richiesta si può fare nel CI e affinché l'oGI sia fatta in un certo modo. Dunque, al termine della gara, l'operatore economico che meglio soddisfa i criteri di aggiudicazione e requisiti informativi del CI, sarà l'affidatario. Una volta fatta l'aggiudicazione dell'oGI e fatta l'accettazione dell'offerta da parte dell'operatore economico, si redige il Piano di Gestione Informativa (pGI) in cui sono presenti delle modifiche da porre rispetto l'oGI. Infine, si procede alla stipula del contratto di appalto, con in allegato il CI, dove l'operatore economico si assume la responsabilità della sua esecuzione.

Mentre si fa il progetto si producono elaborati per strutturare l'informazione. L'obiettivo dell'ente pubblico è quello di capire cosa conviene chiedere nel CI in modo tale che il progetto di fattibilità tecnica economica o esecutivo inviato dal progettista, sia congruo a quanto richiesto e che quindi verificato tramite le procedure di validazione. Durante la redazione del CI, bisognerebbe inserire delle informazioni all'interno di un campo che sono facilmente trovabili da una query nella fase di verifica e che velocizzano il processo di validazione. Questa è una scelta che fa il committente. Si vedrà in seguito della tesi, come le informazioni da estrapolare dal progetto, verranno scelte tramite un file chiamato Pset che verrà esportato in un file IFC. Tramite quest'ultimo si potrà entrare nel processo di validazione e verifica.

Dopo aver compreso le procedure alle spalle della digitalizzazione degli appalti, si descrivono i 3 elaborati citati sopra (CI, oGI, pGI).

Il Capitolato Informativo è un documento essenziale per qualsiasi stazione appaltante dove vengono descritti e in dettaglio le specifiche tecniche e i requisiti informativi del progetto.[8]

Lo scopo del CI è quello di gestire il processo informativo attraverso l'utilizzo della metodologia BIM, definendo i requisiti informativi richiesti dalla stazione appaltante. Il capitolato informativo si articola in tre sezioni: una sezione generale, una sezione tecnica e una sezione gestionale. Tale documento rappresenta l'elemento indispensabile per la redazione dell'oGI (conosciuto anche come Pre-Contract BEP ("Bim Execution Plan")).

In caso di aggiudicazione, l'operatore economico, in accordo con la stazione appaltante, consoliderà quanto proposto e descriverà quanto offerto in sede di gara pGI (o Post-Contract BEP) che diventerà parte integrante del contratto.

La stazione appaltante renderà disponibile in un ACDat o CDE ("Common Data Environment") creato per la gestione, aggiornamento e coordinamento dei contenuti informativi e come supporto ai processi decisionali.

Il CI condivide i seguenti riferimenti normativi:

- D.Lgs. 36/2023 - Codice degli Appalti;
- UNI EN 17412-1:2020. Livello di Fabbisogno Informativo;
- UNI EN ISO 19650. Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il (BIM)
- UNI EN ISO 16739:2016. Industry Foundation Classes (IFC) per la condivisione dei dati nell'industria delle costruzioni e del facility management;
- Norma UNI 11337:2017. Edilizia e opere di Ingegneria Civile: Gestione digitale dei processi informativi.

L'Offerta di Gestione Informativa è il documento in cui ogni operatore economico e quindi potenziale affidatario, risponde ad ogni specifica sezione del CI, descrive come intende garantire il soddisfacimento dei requisiti minimi in esso contenuti durante le fasi di progettazione e realizzative. La norma non prevede uno schema-tipo per l'oGI, ma la struttura ricalca ed integra quella del CI. Il livello di approfondimento è basso (in seguito in caso di aggiudicazione verrà approfondito con la

redazione del pGI) ed è fondamentale per la valutazione dei criteri inerenti alla metodologia BIM.

Nello specifico dovrebbe essere suddiviso in quattro parti:

1. premesse;
2. riferimenti normativi;
3. sezione tecnica;
4. sezione gestionale.

Trascurando i punti 1. e 2., si esplica il contenuto delle due sezioni:

Sezione tecnica, è opportuno specificare:

- le caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura hardware e software;
- la modalità di archiviazione dei dati (i *software* utilizzati devono basarsi su piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, ACDat);
- la tipologia di software in possesso da mettere a disposizione per l'esecuzione della prestazione richiesta;
- i formati dei file utilizzati per la fornitura e per lo scambio dei dati;
- le competenze e le esperienze dell'aggiudicatario in ambito di gestione informativa BIM sono tali da soddisfare i requisiti minimi necessari per attuare la gestione digitale dei processi informativi del progetto.

Sezione gestionale, la parte gestionale contiene, invece, gli obiettivi informativi strategici e gli usi dei modelli e degli elaborati. Nello specifico si trova:

- gli obiettivi del modello in relazione alle fasi del processo;
- gli elaborati grafici digitali allegati e la definizione degli elaborati informativi;
- la specificazione dei ruoli, delle responsabilità e delle autorità ai fini informativi;
- la definizione delle figure interessate allo specifico intervento all'interno della propria struttura aziendale, con adeguate competenza, preparazione ed esperienza in ambito di gestione informativa della progettazione BIM;
- la specificazione della modalità di condivisione dei dati, dei modelli e degli elaborati.

Il Piano di Gestione Informativa è il documento redatto a cura dell'affidatario post aggiudicazione, avente valenza contrattuale, che consolida e rende esecutivo quanto proposto in fase di gara nel oGI.

1.2.2 I ruoli dei coordinatori dei flussi (esperti del BIM)

Per gestire in maniera corretta ed efficiente tutte le informazioni e i dati in gioco in un processo BIM (vedi par. 2.1) è necessario prevedere una struttura organizzativa ove siano ben definiti ruoli e responsabilità di ogni attore del processo. Questo comporta la necessità di nuove figure professionali del BIM con specifiche conoscenze e responsabilità. La norma UNI 11337-7 ha individuato 3 distinte professionalità come figure professionali tecniche per la gestione di un processo BIM (Figura 7).[9]

Le 3 figure chiave del BIM nominate nella UNI 11337-7 e riprese nel D.Lgs. 36/2023 sono:

- Gestore dei processi digitalizzati - (BIM Manager)
- Coordinatore dei flussi informativi di commessa – (BIM Coordinator)
- Operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa – (BIM Specialist)



Figura 7 – Gli esperti del BIM

L' Operatore Avanzato della Gestione e della Modellazione Informativa, chiamato anche “Bim Specialist” è l'operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa. Si occupa, della modellazione architettonica, strutturale, impiantistica. Ha una specializzazione verticale su una di queste discipline ed è dunque responsabile della modellazione e di tutte le informazioni immesse nei modelli informativi.[10]

Possiede una preparazione che gli consente di inserire la propria attività all'interno dei flussi di lavoro digitale previsti dal BIM coordinator.

Inoltre, analizza i principali contenuti del CI e pGI per operare in accordo con essi ed esegue verifiche preliminari sul modello. Nello specifico, i suoi compiti principali sono:

- modellare oggetti attraverso specifici applicativi;
- analizzare i contenuti del capitolato informativo e del piano di gestione informativo al fine di conformarsi;
- contribuire a validare la consistenza informativa degli oggetti dei modelli.

Il Coordinatore dei Flussi Informativi di Commessa, detto anche “Bim Coordinator”, è l'operatore che coordina il lavoro dei BIM Specialist, secondo le direttive e gli standard del BIM Manager. Il BIM Coordinator è un esperto, con competenze interdisciplinari, che svolge il delicato compito di coordinamento dei flussi informativi all'interno di una singola commessa, espletata secondo la metodologia BIM.

Si occupa in particolare di stabilire le tempistiche e i passaggi relativi al progetto durante tutte le sue fasi e lavora quotidianamente con diagrammi Gantt. La sua seconda responsabilità principale, oltre a quella di coordinare le diverse persone coinvolte nei processi, è quella di garantire che la tecnica del BIM sia stata messa in opera in maniera efficace ed efficiente.

Per questo motivo, è essenziale per il BIM Coordinator, non solo conoscere nel dettaglio la normativa BIM, ma saper utilizzare un software di Coordinamento BIM che permette l'unione (federazione) dei modelli BIM legati alle diverse discipline in uno solo, controllando che non ci siano errori o interferenze e permettendo la pianificazione delle fasi successive del progetto e la quantificazione di tempi e costi di realizzazione.

I suoi compiti rispetto alla singola commessa sono:

- garantire la corretta applicazione della strategia BIM;
- stabilire i flussi operativi di coordinamento da eseguire ed i tempi;
- definire e verificare il livello di dettaglio dei modelli e degli elaborati;
- definire e applicare le modalità di controllo, verifica e validazione dei modelli legati ad ambiti come architettura, struttura o MEP;
- gestire le interferenze geometriche ed informative;
- curare le modalità di modifica dei contenuti informativi a seguito di coordinamento.

Il BIM Coordinator può inoltre affiancare il BIM Manager per la stesura del Capitolato Informativo (CI), dell'Offerta di Gestione Informativa (oGI) e/o del pGI). Per ottimizzare la gestione di modelli interdisciplinari, con dati, è necessario conoscere ed avere praticità nell'utilizzo dei bim tools di modifica,

Nello specifico, tra gli strumenti indispensabili di un BIM Coordinator non possono mancare:

- software di Clash Detection per la verifica delle interferenze tra oggetti, elaborati e modelli IFC differenti;
- Model Checking per il controllo e la validazione dei dati all'interno di un modello IFC rispetto ai requisiti progettuali;
- Saper lavorare su un unico modello interdisciplinare federato (ottenuto cioè dalla combinazione di più modelli disciplinari in formato IFC), condiviso nel team di progettazione, permette di avere una visione globale delle scelte progettuali, di migliorarle e di renderle più funzionali, individuando rapidamente le interferenze e la risolvendole.

Il Gestore dei Processi Digitalizzati, chiamato anche “Bim Manager”, è la figura professionale responsabile della creazione, gestione e aggiornamento del modello BIM, nonché il supervisore e coordinatore generale di tutte le altre figure BIM e di tutte le commesse BIM. Il suo compito principale è quello di gestire la documentazione informativa e contrattuale relativa alle varie commesse prese in carico dallo studio, in particolare in materia di appalti pubblici. I compiti del BIM Manager sono molteplici, in sintesi si occupa di:

- redigere il CI e l'oGI;
- supportare i lavori di stesura del piano di gestione informativa;
- designare il BIM Coordinator;
- redigere e aggiornare le linee guida di organizzazione sulla gestione informativa.

Il BIM Manager non deve obbligatoriamente saper utilizzare i software BIM a livello avanzato, ma deve sicuramente essere un esperto di normativa BIM e conoscere a fondo tutte le procedure.

C'è una quarta figura chiave definita dalla UNI 11337-7 che è il Gestore dell'Ambiente di Condivisione dei Dati – (CDE Manager).

La Figura del CDE Manager non è esperta della sezione tecnica delle costruzioni ed infrastrutture, ma un esperto di sistemi informatici, reti, infrastrutture su cloud, cyber security e principi di Project Management.

Nella realtà gestisce l'ACDat, relaziona i contenuti dei modelli con altri dati presenti in piattaforma, controlla il processo interoperabile delle informazioni e la correttezza del flusso informativo.

CAPITOLO 2: METODOLOGIA

2.1 Il modello informativo BIM e IFC

2.1.1 Il BIM: cos'è e la sua filosofia

Alla base della trasformazione digitale nel settore AEC (Architecture Engineering Construction) c'è il BIM, acronimo di Building Information Modeling, un approccio a 360 gradi riguardante la pianificazione, realizzazione e gestione di costruzioni, che consente un notevole risparmio sui tempi e i costi di realizzazione di un'opera, avente vari campi di applicazione (Figura 8). [11][12]

Il BIM è stato infatti definito dal National Institute of Building Sciences (NIBS) come la “rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto”, infatti esso non è semplicemente un nuovo formato di rappresentazione 3D o un software, ma una tecnologia che permette di creare un modello informativo, multidisciplinare e condiviso, contenente le informazioni utili in ogni fase della progettazione, da quella architettonica e impiantistica a quella esecutiva e gestionale, come disegni tecnici dell'edificio, localizzazione geografica, proprietà dei materiali, caratteristiche termiche, prestazioni energetiche, impianti, sicurezza, manutenzione e demolizione.



Figura 8 – Campi di applicazione del BIM

Il BIM rappresenta quindi un modo innovativo di lavorare, che utilizza la tecnologia per facilitare la gestione del progetto e migliorare il controllo del processo di costruzione, la collaborazione e comunicazione tra le parti e la gestione del rischio. Se i flussi di lavoro precedenti si basavano su file

multipli e processi scollegati, con il BIM l'approccio diventa più dinamico e agevola la condivisione di conoscenze e dati, lo scambio di informazioni e la partecipazione di tutte le parti coinvolte nelle varie fasi. Ricapitolando, il BIM è l'insieme di oggetti parametrici intelligenti e condivisi in grado di raccogliere e tenere insieme le informazioni che provengono dai diversi attori coinvolti nella progettazione e costruzione di un edificio, favorendo una maggiore interoperabilità e un migliore controllo del progetto. Il risultato è una rappresentazione digitale e tridimensionale delle opere edili e dei relativi servizi, che in inglese prende il nome di digital twin (gemello digitale).

2.1.2 I vantaggi del BIM e i suoi strumenti

L'adozione di questa metodologia basata sull'impiego di un unico sistema organico di modelli 3D, anziché su disegni di progetto separati, ha diversi benefici, quali:

- migliora l'efficienza della progettazione, della costruzione e della gestione degli edifici;
- favorisce la collaborazione tra i professionisti coinvolti nell'intero ciclo di vita di un'opera (come architetti, ingegneri, appaltatori, operai edili, produttori di materiali e componenti);
- assicura l'accesso a informazioni sempre aggiornate, a condizione che i diversi soggetti interessati al processo di progettazione utilizzino gli stessi strumenti software;
- riduce la percentuale di errori e il numero di modifiche.

Altri vantaggi sono riportati in Figura 9.

Il BIM non può prescindere dall'utilizzo di software BIM in grado di generare modelli virtuali specifici per ogni singola disciplina e allo stesso tempo capaci di dialogare con tutti i partecipanti al processo.

Per creare un modello BIM sono necessari tre diverse tipologie di software BIM:

- **Bim authoring** per la creazione del modello 3D (architettura, strutture, MEP, ecc.);
- **Bim tools** per aggregare dati (tempi di costruzione, costi, performance energetiche, ecc.) al modello BIM;
- **Bim management systems** per organizzare processi e dati in un unico ambiente collaborativo in cloud dove architetti, ingegneri, geometri, costruttori, manutentori e proprietari possono lavorare insieme e collaborare in maniera efficace.



Figura 9 – I vantaggi del BIM

I più importanti strumenti Autodesk per la creazione e la modifica dei dati BIM sono Autodesk Revit® per gli edifici e Autodesk Civil 3D per le infrastrutture su larga scala.

Gli strumenti di collaborazione per l'esame della qualità dei dati, come gli strumenti di interoperabilità di Revit, sono integrati nel software di creazione ed è possibile generare in qualsiasi momento rapporti relativi alla qualità definita dall'utente. Questo processo viene denominato BIM nativo. Nei progetti di più ampia portata e nelle strutture di team complesse il BIM nativo può diventare una sfida a causa della varietà di strumenti di creazione del software da fornitori diversi utilizzati per le singole attività di progettazione. Per favorire la collaborazione integrata tra le piattaforme software, nel 1996 Autodesk ha riunito 12 aziende leader del settore per fondare l'IAI (Industry Alliance for Interoperability). [13] Il concetto principale sviluppato da questo consorzio era lo standard IFC (Industry Foundation Classes). La storia del formato IFC verrà descritta successivamente nel par. 2.1.8.

2.1.3 I livelli di maturità

I livelli di maturità del BIM (Figura 10) definiscono il progresso tecnologico raggiunto nel settore AEC in base al grado di collaborazione e condivisione delle informazioni tra i diversi stakeholder coinvolti in un progetto. Si parte da un livello base in cui non è prevista collaborazione per lo svolgimento delle attività di lavoro e si arriva all'ultimo livello caratterizzato da una perfetta integrazione delle informazioni e dall'uso di piattaforme cloud e modelli BIM. [14]



Figura 10 – I 4 livelli di maturità

Esistono quattro livelli di collaborazione condivisa in un progetto, noti come livelli di maturità BIM:

- 1) Livello 0 – Collaborazione bassa/CAD standardizzato: non comporta alcun livello di cooperazione, richiede l'organizzazione di un lavoro tradizionale intorno a un sistema standard in cui la produzione e la condivisione delle informazioni si opera in 2 dimensioni, tramite software Computer Aided Design (CAD) oppure su elaborati e documenti cartacei non interoperabili, ma non c'è condivisione dei modelli di informazioni.
- 2) Livello 1 – Collaborazione bassa/BIM Solitario (lonely BIM): si usa il metodo di progettazione parametrica e gestione dei dati all'interno del proprio workflow, ma non si instaura nessun tipo di collaborazione e condivisione dati con gli altri professionisti. Si opera in 2/3 dimensioni con software CAD 3D con file digitali. In questo caso viene utilizzato un CDE, un archivio condiviso online in cui vengono raccolti, gestiti e organizzati tutti i dati

necessari del progetto, che in Italia è stato definito (UNI 11337) come ACDat. In poche parole, il livello 1 del BIM si concentra sulla transizione da informazioni CAD a 2D e 3D.

- 3) Livello 2 – Collaborazione completa/BIM collaborativo: in questo livello c'è un'effettiva collaborazione tra i soggetti coinvolti nella progettazione, perché tutti utilizzano strumenti BIM e le informazioni sono condivise attraverso un formato file comune.

Il lavoro collaborativo è al centro del livello due del BIM. Non richiede che tutti gli elementi del team coinvolti nel progetto operino sugli stessi modelli CAD 3D. Al contrario, ognuno è libero di utilizzare un modello CAD distinto. Ciò che è veramente importante, è che ogni software CAD utilizzato abbia la possibilità di esportare in tipi di file comuni (es. file IFC, un formato utilizzato per scambiare dati BIM) che contengano tutte le informazioni del progetto. I lavori su modelli separati che rappresentano diverse parti del progetto, vengono uniti in un unico modello federato, ossia che i file vengono sovrapposti, che verifica se ci sono interferenze. È da questa esigenza che nasce l'IFC un formato di file aperto e non proprietario (quindi non ha un proprietario che detiene i diritti per l'utilizzo). Ciò consente di essere facilmente scambiato tra i diversi software presenti sul mercato senza problemi di compatibilità ed in questo modo, le parti collegate al progetto possono avere una panoramica di tutte le informazioni disponibili e modificarle di conseguenza.

In conclusione, possiamo dire che gli elementi del team lavorano in maniera coordinata, ognuno sul proprio modello 3D con lo scopo di arrivare ad un modello federato che mantenga le caratteristiche specifiche di ogni disciplina di progettazione.

- 4) Livello 3 – Integrazione completa/BIM condiviso: il suo punto principale è il raggiungimento della piena integrazione (iBIM) delle informazioni in un ambiente basato su cloud. Il livello tre è l'obiettivo finale per il settore delle costruzioni, dove tutti i professionisti lavorano contemporaneamente allo stesso modello condiviso comune, permettendo una comunicazione continua ed istantanea, ricevendo aggiornamenti in tempo reale.

Il modello sarà accessibile a chiunque abbia lavorato al progetto e le figure coinvolte potranno modificare e/o aggiungere le proprie informazioni. Vi sarà dunque un unico modello su cui lavorare che si avvale di un contenitore, il file IFC. Sarà facile avere sotto controllo tutta la

storia di una costruzione, dalla sua progettazione alla sua costruzione, dai costi fino alla sua manutenzione.

Si è ancora lontani da questo ultimo livello, e la maggior parte dei mercati AEC in tutto il mondo restano fermamente concentrati sul supporto, la formazione e l'istruzione necessari per raggiungere e affinare le capacità al Livello 2.

2.1.4 Il BIM dal punto di vista normativo

Con la Direttiva 2014/24/EU, l'Unione Europea incoraggia il ricorso al sistema BIM per accrescere l'efficacia e la trasparenza delle procedure di appalto. Le PAS 1192 relative alla gestione informativa BIM nelle costruzioni vengono introdotte dal British Standards Institution (BSI, ente di normazione tecnica britannico), ma dal 2018 sono confluite direttamente nella ISO 19650.

Nel caso in esame, la ISO 19650-1: ripropone e attualizza il concetto di Maturità del BIM, con una schematizzazione simile al triangolo di Bew-Richards, ma di più chiara comprensione (Figura 11).

In sostanza nella ISO 19650, individua tre stadi di maturità del BIM:

- **BIM STAGE 1**, in cui si combinano elaborati 2D CAD e modelli 3D BIM (modelli informativi), rispondenti a requisiti normativi nazionali, per la gestione del progetto dell'opera.
- **BIM STAGE 2**, in cui i modelli informativi delle singole discipline (modello strutturale, architettonico, impiantistico, ecc.), federati e rispondenti a normative internazionali ISO 19650, garantiscono la gestione integrata del progetto dell'opera.
- **BIM STAGE 3**, in cui i sistemi di database strutturati dei modelli informativi, immediatamente interrogabili, permettono di imporre l'OPEN BIM come sistema di gestione del progetto dell'opera e della sua successiva messa in esercizio. Inoltre, si prospettano attività di gestione dell'Asset, inteso come cespite immobile, ossia il sistema di oggetti reali e/o virtuali di un edificio.

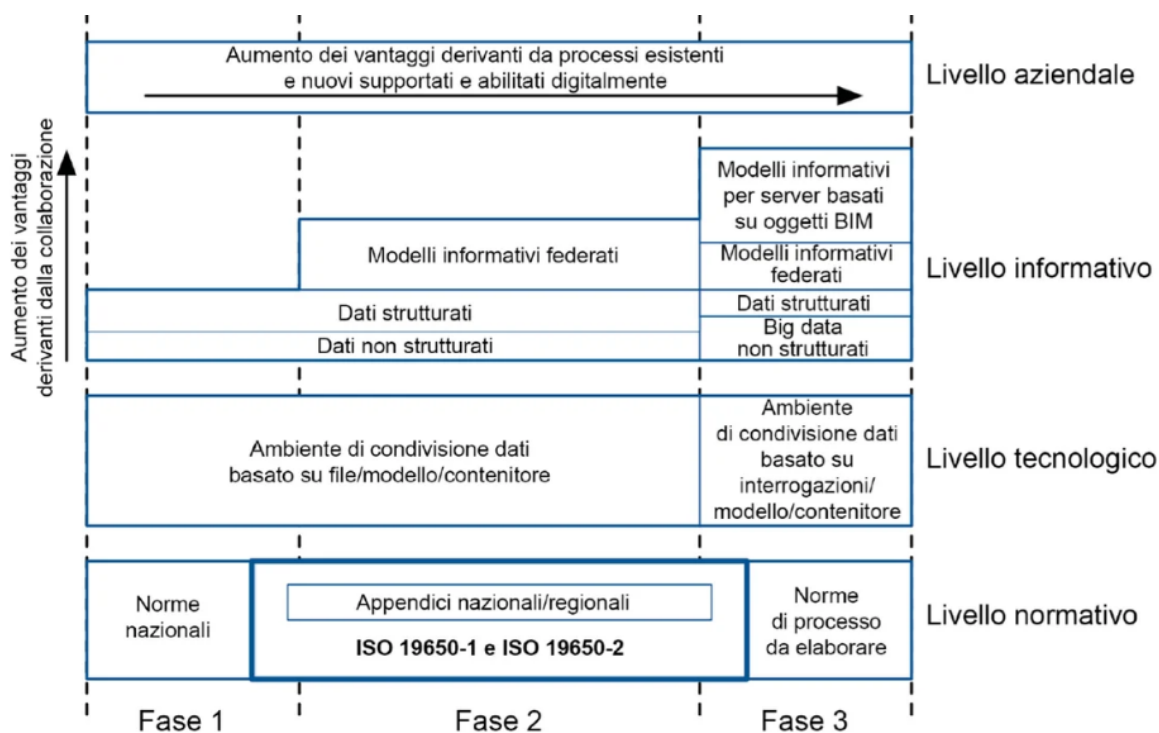


Figura 11 – Diagramma modello maturità BIM da cap.4 ISO 19650-1

Si vede in Figura 11, come al progredire delle fasi, si assiste a una sempre maggiore integrazione dei dati sia a livello tecnologico che informativo, in particolare nella Fase 2 i dati vengono condivisi basandosi sullo scambio di modelli e file, mentre nella Fase 3 si va verso l'interrogazione diretta dei dati che sono sempre più relazionati fra loro.

Nell'ordinamento italiano, invece, è il Decreto del Ministero delle Infrastrutture 560/2017 a prevedere modalità e tempi per l'introduzione del BIM negli appalti pubblici per opere edilizie e infrastrutture tramite la UNI 11337-1, che ha introdotto 5 livelli di maturità digitale schematizzati poi in Figura 12:

- **L0** – non digitale;
- **L1** – base;
- **L2** – elementare;
- **L3** – avanzato;
- **L4** – ottimale.

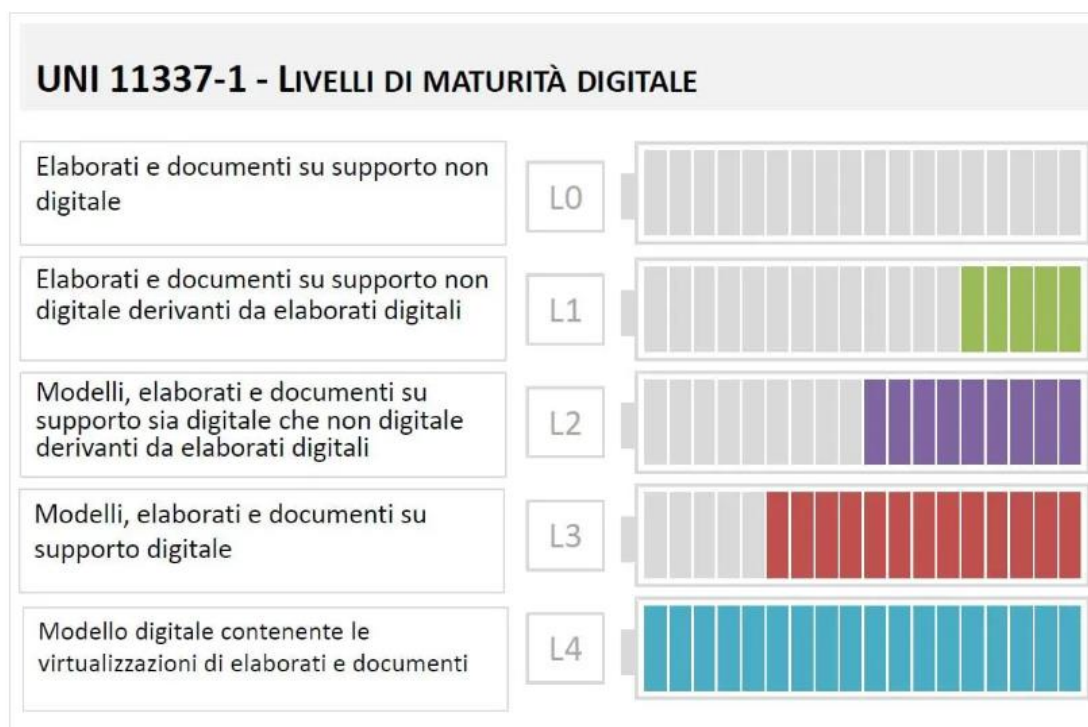


Figura 12 – I livelli di maturità digitale

È possibile rilevare una corrispondenza tra il livello 3 delle UNI 11337-1 e il livello 2 delle PAS 1192-2 britanniche, vale a dire un grado di digitalizzazione essenzialmente basato su modelli grafici correlati a documenti digitali veicolanti gli attributi non grafici.

In Figura 13 è presente un riassunto schematizzato dei livelli di maturità messi a confronto tra PAS 1992 – UNI 11337 – ISO 19650.

PAS 1192 TO ISO 19650

PAS 1192 - UK	UNI 11337 - ITA	ISO 19650
<p>Introduce 4 livelli di maturità</p> <ul style="list-style-type: none"> • L0 – 2D CAD • L1 – 2D/3D CAD • L2 – 3D BIM • L3 – 3D BIM FM 	<p>Introduce 5 livelli di maturità</p> <p>L0 – non digitale</p> <p>L1 – base</p> <p>L2 – elementare</p> <p>L3 – avanzato</p> <p>L4 – ottimale</p>	<p>Introduce 3 stadi di maturità</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stage 1 • Stage 2 • Stage 3

Figura 13 - I livelli di maturità del BIM dalle PAS alle ISO

Con il decreto, il ricorso al BIM è diventato obbligatorio a partire dal 2019 per le opere di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni. Tale importo è destinato a diminuire progressivamente negli anni:

- Per le opere di nuova costruzione e interventi su costruzioni esistenti di importo a base di gara uguale o superiore a 15 milioni dal 1° gennaio 2022;
- Per le opere di nuova costruzione e interventi su costruzioni esistenti di importo a base di gara pari o superiore a 5,35 milioni dal 1° gennaio 2023;
- Per le opere di nuova costruzione e interventi su costruzioni esistenti di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione, dal 1° gennaio 2025.

2.1.5 Le dimensioni del BIM

I livelli di maturità BIM sono spesso confusi con le cosiddette dimensioni del BIM. In realtà sono concetti diversi. Con dimensioni del BIM, infatti, si definiscono tutti gli aspetti e le informazioni che entrano in gioco nel processo di digitalizzazione di un'opera. La normativa italiana UNI 11337-6 individua sette dimensioni standard del BIM che fanno riferimento ai diversi livelli di informazione che si possono trovare in un BIM model (Figura 14):

- 1D: Concept design;
- 2D: Elaborati 2D come piante, prospetti e sezioni;
- 3D: Rappresentazione tridimensionale del manufatto;
- 4D: Analisi dei tempi (programmazione, realizzazione dell'opera);
- 5D: Gestione economica (analisi dei costi, stime e valutazioni economiche);
- 6D: Fase di gestione dell'opera realizzate (facility management, uso, manutenzione e dismissione);
- 7D: Valutazione della sostenibilità (sociale, economica e ambientale).

Oltre alle 7 dimensioni normate, ad oggi esiste un dibattito aperto sulle tre “nuove dimensioni del BIM”:

- 8D – sicurezza in fase di progettazione e realizzazione dell'opera;
- 9D – costruzione snella;
- 10D – industrializzazione delle costruzioni.



Figura 14 – Le 10 dimensioni del BIM

2.1.6 Il formato IFC

Il modello di dati Industry Foundation Classes (IFC) è il formato base per lo scambio di informazioni e dati dell'edilizia e dell'industria delle costruzioni, tramite workflow openBIM all'interno di team di progetto e tra applicazioni software diverse nelle fasi di progettazione, costruzione, approvvigionamento, manutenzione e utilizzo di edifici.[15]

Secondo BuildingSMART, IFC “è una descrizione digitale standardizzata dell'ambiente costruito, inclusi edifici e infrastrutture civili. È uno standard internazionale aperto concepito per essere utilizzato da qualsiasi fornitore e utilizzabile su una vasta gamma di dispositivi hardware, piattaforme software e interfacce per molti casi di utilizzo diversi”. Si tratta di un formato di file neutrale e aperto, cioè che non è controllato da un fornitore specifico, ed è basato su oggetti con un modello di dati sviluppato da BuildingSMART IAI per facilitare l'interoperabilità tra le discipline dell'AEC. Questo formato si sposa perfettamente per progetti basati sulla metodologia BIM (Figura 15).

Quando si usa l'IFC per lo scambio di dati, è importante stabilire quale versione, quale definizione della vista del modello (MVD) e quale formato di file utilizzare (vedi 2.1.9).[16]

Per uno scambio di dati corretto in un progetto BIM, è essenziale rispettare determinati requisiti che devono essere definiti dal responsabile BIM/client. È importante tenere presente che non è possibile creare un file IFC universale per tutti i casi di utilizzo, ma è necessario tener conto dei requisiti specifici. Tali requisiti vengono in genere indicati nell'EIR.

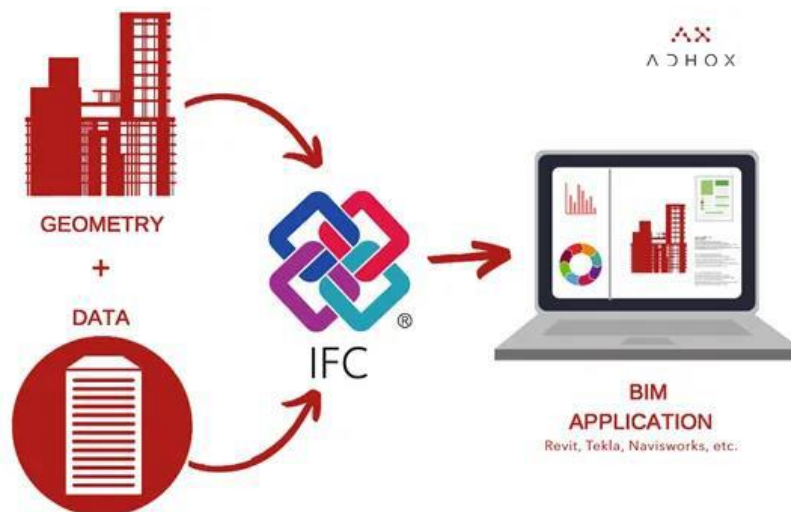


Figura 15 - IFC come contenitore di informazioni

2.1.7 La storia

L'iniziativa IFC ha avuto inizio nel 1994, quando un consorzio industriale investì nello sviluppo di un insieme di classi C ++ in grado di supportare lo sviluppo di applicazioni integrate. Come già illustrato nel par. 2.1.2, per favorire la collaborazione integrata tra le piattaforme software, nel 1996 Autodesk ha riunito 12 aziende leader del settore per fondare un consorzio che denominarono IAI, ossia "Industry Alliance for Interoperability". Successivamente, nel 1997 cambiò il suo nome in "International Alliance for Interoperability" e fu ricostituita come organizzazione non-profit.

Il concetto principale sviluppato da questo consorzio era lo standard IFC (Industry Foundation Classes), con l'obiettivo di sviluppare e promuovere l'IFC come modello di dati, prodotto dell'edilizia utile a raccogliere informazioni lungo tutto il ciclo di vita di un edificio/impianto.

L'IAI è stato ridenominato BuildingSMART dal 2005 nella versione 2x3, ed è stato adottato come standard ISO (International Organization for Standardization) 16739:2005. La specifica del modello dati IFC è aperta e disponibile, ed è stata riconosciuta e registrata dalla ISO come norma internazionale ISO 16739:2013.

A partire dall'ISO 16730:2017, lo standard è stato adottato dal CEN (Comitato Europeo di Normazione) e da allora l'IFC è diventato uno standard anche europeo.

La garanzia di massima interoperabilità nel processo BIM e ottimizzazione di interi flussi di lavoro, può essere data solo se ci si affida a strumenti dotati della certificazione IFC di BuildingSMART International, e dal momento che l'intento principale dell'IFC è la collaborazione, BuildingSMART ha sviluppato un programma di certificazione per i prodotti software.[17][18]

Ad oggi Autodesk è membro dello Strategic Advisory Council (SAC) di BuildingSMART "concepito specificatamente per le aziende multinazionali leader che ritengono strategicamente importante la piena implementazione e adozione dell'openBIM per il settore dell'ambiente costruito e che promuovono l'adozione dell'IFC come standard di dati comune per l'interoperabilità". Inoltre, nel 2020 Autodesk ha aderito all'Open Design Alliance (ODA) per accelerare i miglioramenti dell'interoperabilità. Grazie alla capacità di facilitare l'interoperabilità tra tutte le piattaforme software che lo permettono, molti governi stanno imponendo l'uso di file IFC per progetti di costruzione di proprietà dell'amministrazione pubblica.

2.1.8 La struttura

A livello teorico tutto funziona senza intoppi, basta prevedere l'export in un formato file predefinito e il problema è risolto. Nella realtà dei fatti la situazione è ben più complicata. Ciò che è possibile osservare è il prodotto finito, ma il codice che a livello informatico va a descrivere il singolo oggetto può essere scritto con linguaggi e logiche che variano molto da un software all'altro e che potrebbero generare un risultato molto differente oppure totalmente non leggibile da un diverso software. Esso ha due parti, ovvero lo schema IFC e i dati IFC. Lo schema IFC definisce entità/classi e le loro relazioni, mentre i dati IFC sono una descrizione specifica delle informazioni sull'edificio utilizzando le entità definite.

La potenza del linguaggio IFC si trova nella sua capacità di standardizzare e codificare univocamente in maniera gerarchica le seguenti componenti di un modello BIM:

- identità e semantica, ovvero il riconoscimento dell'oggetto in maniera meccanica tramite un identificativo univoco che ne riassume il nome, il tipo di oggetto e la sua funzione.
- caratteristiche e attributi, ad esempio le informazioni sui materiali e l'intero set di proprietà fisiche, chimiche e termiche, nonché le informazioni legate al colore.
- relazioni in essere (in termini di posizionamento, collegamenti/connessioni ecc.):
 - tra i diversi oggetti che compongono il modello, come travi e pilastri in sistemi strutturali oppure muri e solai in sistemi architettonici.
 - tra i concetti astratti, come le attività di analisi attuabili attraverso il modello BIM (performance, costi, funzionamento impianti)
 - tra i processi (ad esempio attività manutentive oppure installazione dei componenti)
 - tra gli stakeholder che collaborano all'interno del progetto.

Il risultato finale dell'IFC è quello di poter trasmettere (e archiviare) il modello informativo mantenendo intatte le logiche e le informazioni geometrico-documentali a esso connesse. Perché ciò avvenga, è necessario avere una sorta di "dizionario" che consenta la traduzione di ognuno degli aspetti sopra descritti nella corretta codifica leggibile a qualsiasi software compatibile. Molto spesso viene dato per scontato, ma un programma di modellazione tridimensionale non è considerabile un software di BIM Authoring, se si trova privo della capacità di import/export dei file in formato IFC, la cui operatività sia stata verificata da BuildingSMART.

L'evoluzione dello schema dati ha aggiunto negli anni molteplici gradi di complessità alla sua strutturazione gerarchica basata sul modello "entity-relationship", al fine fornire una trasposizione dei dati che conservi inalterate un numero sempre maggiore di informazioni e le conseguenti relazioni (Figura 16).

Poiché le definizioni di IFC vengono regolarmente aggiornate e sviluppate da BuildingSMART International, è consigliabile che i membri del team di progettazione all'inizio di ogni collaborazione identifichino quale versione dell'IFC può essere utilizzata da tutte le parti coinvolte. È comunque sempre preferibile usare le versioni più recenti, se possibile.

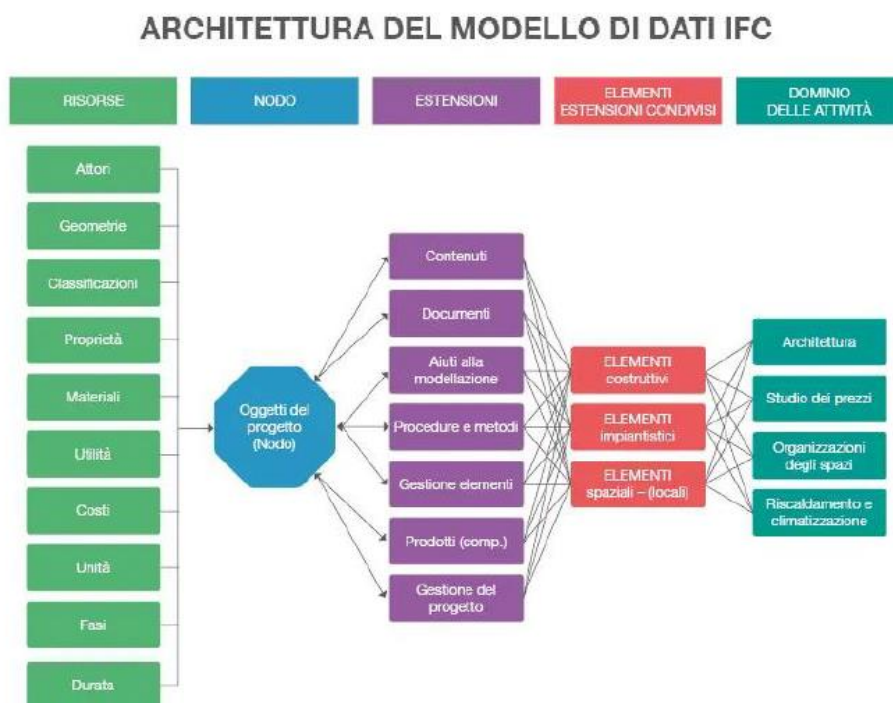


Figura 16 - Architettura del modello di dati IFC

Nel caso di un modello architettonico di un edificio, il file IFC è creato su una struttura predefinita che costruisce il modello in modo logico. Quando viene salvato, il formato di file IFC dispone in ordine gerarchico le entità IFC in base al loro tipo, come indicato in Figura 17.

IFC - Vista della struttura

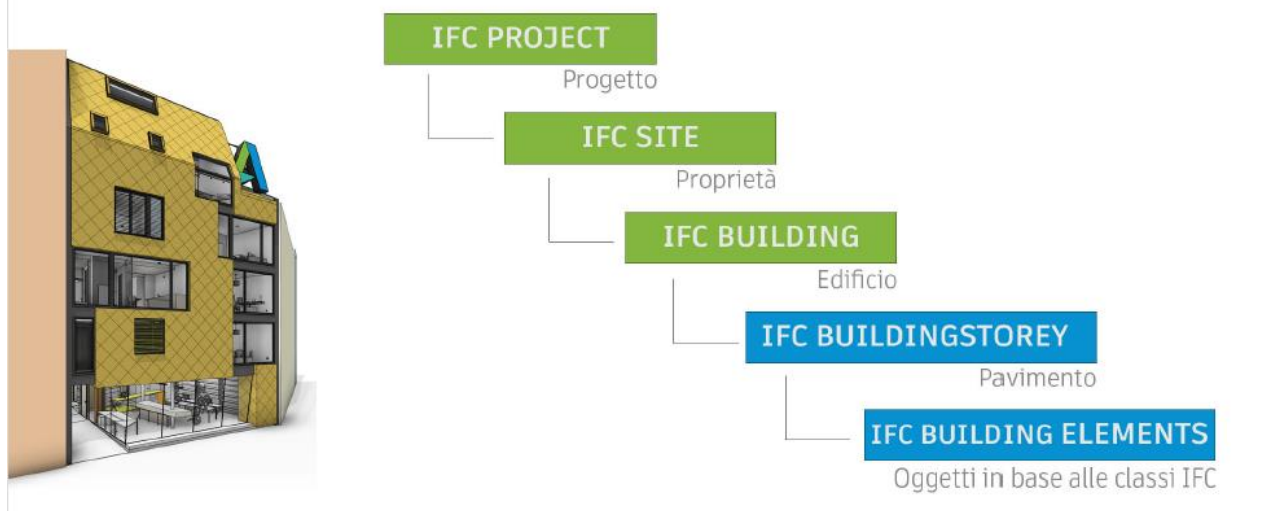


Figura 17- Struttura IFC

2.1.9 Versioni dello schema IFC e il suo visualizzatore

Lo schema dei dati IFC è rappresentato in formato alfanumerico formato e può essere memorizzato in diversi formati di file. Nel caso di formato IFC, attualmente (dal 2021) sono in uso le seguenti versioni di schemi IFC [19]:

- IFC 2×2, in mancanza di un software che supporti le versioni più aggiornate può essere utilizzata questa versione. Si tratta di un formato ormai superato dalla maggioranza dei software presenti sul mercato.
- IFC 2×3, formato certificato e attualmente più diffuso in quanto maggiormente stabile e affidabile per le casistiche di utilizzo in attività di coordinazione.
- IFC 4, versione che possiede una migliore rappresentazione delle geometrie complesse. Essa include importanti miglioramenti dell'efficienza, maggiore coerenza dello schema, dimensioni di file notevolmente inferiori, definizioni estese per la creazione di elementi di servizio, modelli strutturali e di analisi, trasformazione del sistema di coordinate GIS, supporto dei modelli di gruppi di proprietà, riferimenti multilingue e integrazione con il

dizionario dei dati BuildingSMART , miglioramenti generali della geometria (rastremazione nelle estrusioni, estrusioni arbitrarie, superfici non piane, etc.).

- IFC 4.3, ultima versione rilasciata e in corso di perfezionamento, è la versione così come è stata inviata all'ISO e ha esattamente lo stesso contenuto della pubblicazione ISO.

Le versioni sopra descritte sono frutto delle evoluzioni implementate nelle attività di ricerca e sviluppo nel corso degli anni (Figura 18).

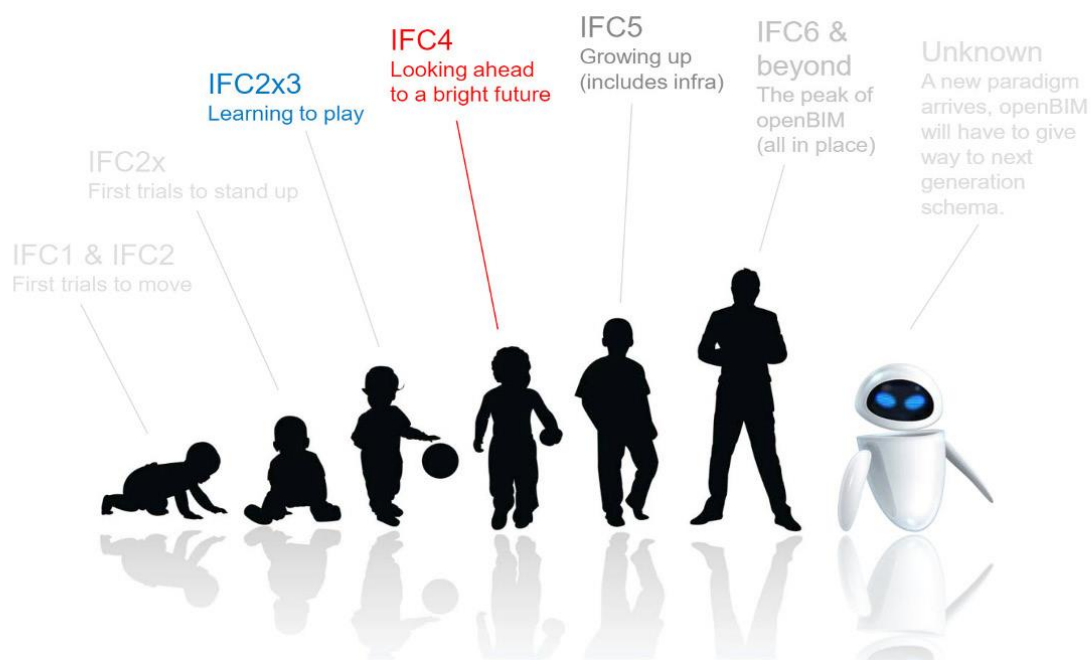


Figura 18 - L'evoluzione dell'IFC

Prima di condividere il file IFC, è estremamente importante verificare che sia stato esportato correttamente. Questa operazione viene in genere eseguita in un visualizzatore IFC, perché non è consigliabile aprire o collegare il file IFC nel software da cui è stato esportato. Nel caso di studio oggetto della tesi è stato utilizzato il visualizzatore BIMvision.

BIMvision è un visualizzatore ICF gratuito da poco rilasciato da Datacomp società di sviluppo software polacca. Con BIMvision si possono visualizzare modelli provenienti dai principali software BIM creati in formato IFC. Esso avrà un ruolo chiave nella tesi per la verifica delle informazioni esportate in file IFC dal modello Revit.

In Figura 19 è presente l'interfaccia del visualizzatore, dove si può notare a destra le voci "Gruppi" e "Proprietà" che mostreranno i principali i risultati delle informazioni richieste.

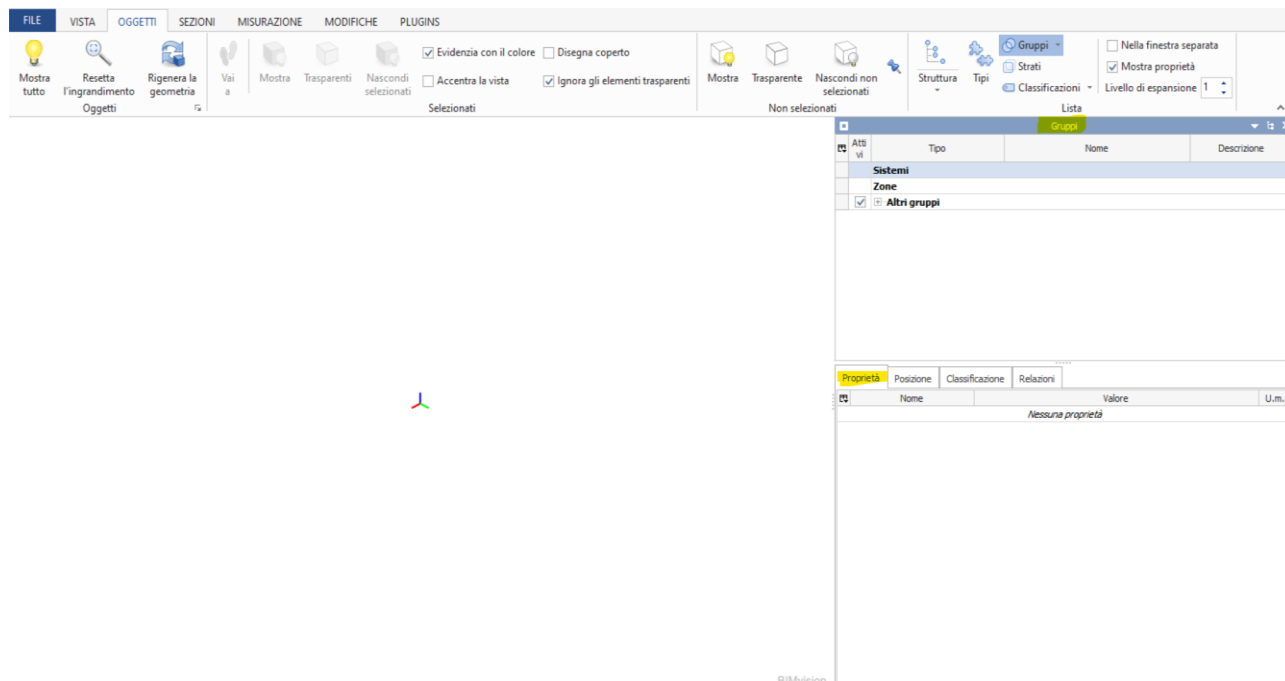


Figura 19 – Interfaccia BIMvision

2.1.10 Definizioni vista modello (MVD)

Uno dei concetti fondamentali relativi allo scambio di dati IFC sono le definizioni vista modello (MVD). Si tratta di filtri dati che definiscono in modo accurato le informazioni grafiche e alfanumeriche da includere nello scambio di dati. Una MVD è quindi un sottoinsieme dello schema IFC generale, come si illustra nell'esempio in Figura 20. [20][21]

Ad esempio, le simulazioni termiche richiedono dati che riguardano le aperture in un muro e i relativi materiali, l'analisi strutturale si basa sui dati del modello analitico, mentre altri sistemi richiedono solo la geometria di base e si concentrano sulle informazioni spaziali e sulle funzionalità specifiche dei componenti, ad esempio informazioni sui sistemi MEP, funzionalità di protezione antincendio e aree utilizzabili.

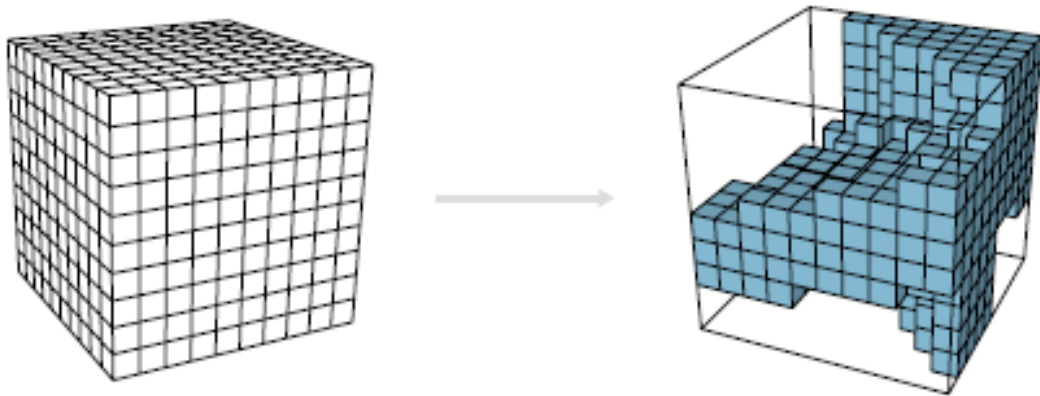


Figura 20 - Confronto tra lo schema IFC a sinistra e una MVD come sottoinsieme a destra

Le definizioni MVD vengono utilizzate per verificare che i file IFC in entrata soddisfino i requisiti di dati definiti nell'EIR e nel Capitolato Informativo. Lo stesso vale per la specifica della qualità dei file di Revit da esportare in IFC.

“A causa dell'ampiezza dell'ambito, lo standard IFC non viene implementato nel software. IFC è un vasto insieme di accordi. Una definizione MVD usa le entità di IFC per definire uno standard per lo scambio di dati per un workflow o un caso di utilizzo specifico. Tale standard (MVD) viene implementato dai fornitori di software. Per questo motivo, le definizioni MVD sono la base per la certificazione del software.

Le implementazioni del software vengono verificate tenendo conto dei requisiti di una definizione MVD. Le MVD in Tabella 1 sono certificate da BuildingSMART e vengono ampiamente utilizzate in tutti i workflow di coordinamento.

Le attuali definizioni delle viste dei modelli IFC supportano principalmente i dati relativi alle proprietà e alla geometria 3D. Per lo scambio di informazioni 2D, ad esempio per le viste di pianta e le annotazioni, è necessario utilizzare formati tradizionali come DWG o PDF.

Inoltre, il caso di utilizzo previsto copre solo il coordinamento nel software di coordinamento e nei visualizzatori BIM o come riferimento nel software di modellazione BIM, come Revit. L'importazione di un file IFC a scopo di modifica non è consigliabile, non solo per problemi di responsabilità ma anche perché comporta la perdita di dati. Lo schema IFC si basa sul formato STEP e non riesce (ancora) a coprire in modo efficace la complessità e le dipendenze interne del software di modellazione BIM.

Tabella 1 - MVD certificati da BuildingSMART

Schema	MVD	Descrizione	Certificazioni Revit 9
IFC4	Reference View	Rappresentazione geometrica e relazionale semplificata dei componenti fisici e spaziali che fanno riferimento alle informazioni del modello per il coordinamento tra i domini della progettazione architettonica, strutturale e impiantistica (MEP)	Scambio di riferimenti architettonici - Esportazione Scambio di riferimenti strutturali - Esportazione <i>In corso:</i> <i>Scambio di riferimenti MEP - Esportazione</i> <i>Scambio di riferimenti architettonici - Importazione</i>
IFC 2x3	Coordination View 2.0	Componenti fisici e spaziali per il coordinamento tra i domini della progettazione architettonica, strutturale e impiantistica (MEP)	Architettura, ingegneria strutturale, MEP - Esportazione Architettura, ingegneria strutturale, MEP - Importazione

Il contenuto e le funzionalità di queste MVD sono rappresentati nella Figura 21. Mentre IFC4 ha numerose nuove funzionalità rispetto ad IFC2x3, l'ambito di IFC4 Reference View è più ristretto rispetto ad IFC2x3 Coordination View ed è stato progettato per essere utilizzato come riferimento nel software BIM, oltre che naturalmente nei visualizzatori IFC e nel software di coordinamento. Aprire (importare) una IFC4 Reference View in un editor BIM come Revit o usarla per altri casi di utilizzo, come la simulazione o l'analisi, in genere porta a risultati meno soddisfacenti.

Per questi casi di utilizzo è consigliabile utilizzare IFC2x3 Coordination View, fino a quando IFC4 Design Transfer View e le altre MVD specializzate per IFC4 non verranno finalizzate.

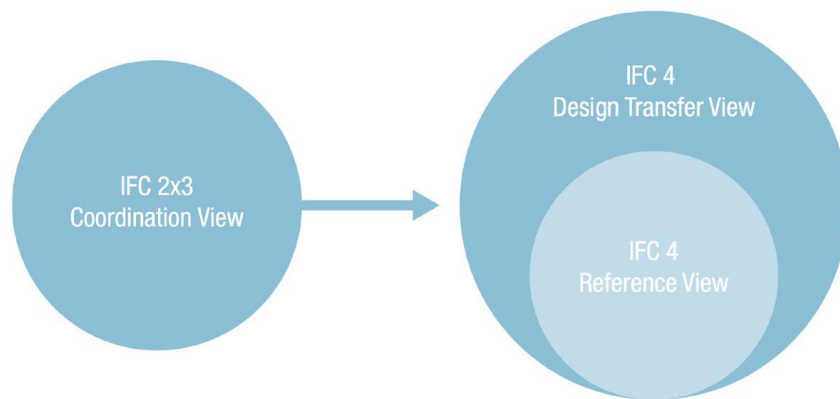


Figura 21 - Confronto tra l'ambito di IFC2x3 Coordination View e IFC4 Reference View

Quando si usa la documentazione BuildingSMART ufficiale, è consigliabile non utilizzare la documentazione dello schema principale, bensì la documentazione MVD dedicata. In questo modo si ha la certezza di accedere solo alle funzionalità disponibili nella definizione MVD in uso.

2.1.11 Limiti e possibili sviluppi

Il limite nell'utilizzo dei formati IFC è riscontrato soprattutto al momento dell'import dei file: software molto diversi tra loro come architettura avranno un'interpretazione delle informazioni rilevate all'interno del file IFC non necessariamente identiche. È stata riscontrata frequentemente la mancanza di completa sovrapposizione degli elementi alla lettura eseguita tramite un'altra tipologia di software. Considerando poi la continua implementazione del numero di oggetti e definizioni, a oggi non tutto ciò che è rappresentabile tramite i software di BIM Authoring è possibile poi rilevare in forma corretta all'export in IFC.

La strada è ancora lunga, non resta che attendere la release IFC 5 annunciata per il prossimo futuro e sperare che il lavoro di BuildingSMART porti a un'edizione del formato che sia maggiormente fruibile nelle attività quotidiane dai progettisti, a livello, non solo di visualizzazione e consultazione, ma anche sul piano pratico-operativo dove, al momento, si riscontrano le maggiori difficoltà di applicazione.

2.2 Analisi dei processi di gestione degli appalti

Si rappresenta l'analisi dei processi di gestione degli appalti e digitalizzazione tramite il diagramma di flusso BPMN nelle fasi di assegnazione ed esecuzione, illustrato in Figura 22.

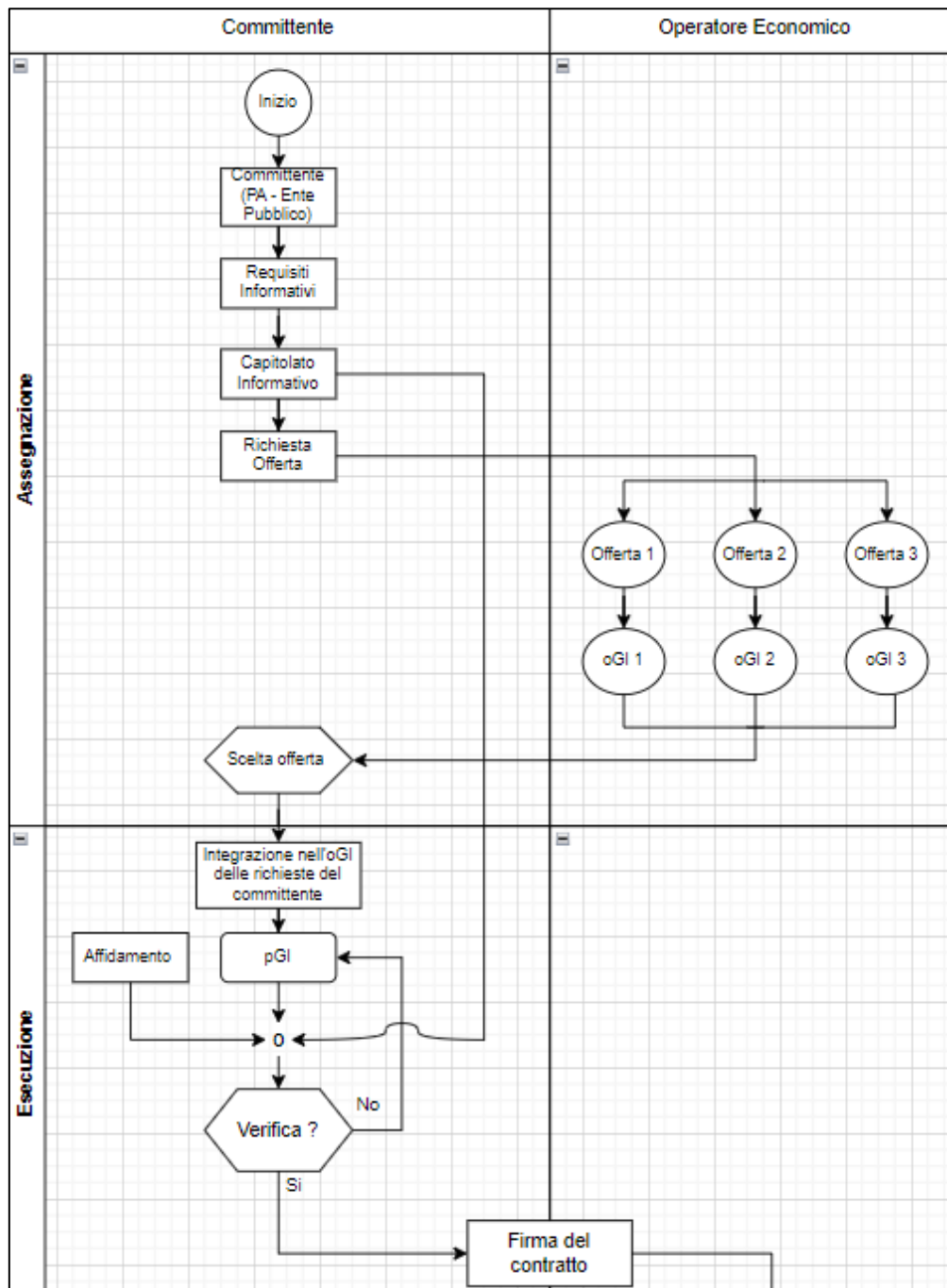


Figura 22 - Diagramma di flusso BPMN nelle fasi di assegnazione ed esecuzione

2.3 La piattaforma

La piattaforma WeBim è lo strumento che interroga il progetto e supporta l'ente pubblico a verificare il CI

in ambiente OpenBIM durante l'appalto pubblico.

La piattaforma è sviluppata come un sistema integrato informativo digitale per supportare l'intero ciclo di vita dei contratti e per concorrere al raggiungimento di una maggiore efficienza dei processi. In questo senso la piattaforma si pone come hub informativo rifacendosi anche al principio dell'unicità dell'invio di cui all'art. 19 D.Lgs. 36/2023. [22]

Lo scopo è quindi quello di gestire dati relativi a programmazione di lavori, opere, servizi, nonché alle procedure di affidamento e di realizzazione di contratti pubblici e ai processi di gestione e manutenzione. La piattaforma è progettata per fornire la tracciabilità e la trasparenza delle attività svolte, l'accessibilità ai dati e alle informazioni, la verifica automatizzata dei modelli di dati, il supporto ai processi decisionali.

L'architettura generale configura un sistema integrato capace di supportare i procedimenti tecnico-amministrativi dalla fase dell'affidamento dei contratti pubblici di lavori e servizi, alla loro esecuzione fino alla manutenzione e alla gestione dell'intero ciclo di vita dell'immobile.

Ora si descrivono i principali componenti dall'interfaccia per la gestione dei modelli, passando al grafo (LPG) per l'analisi delle relazioni, e concludendo con la natura delle query che abilitano la ricerca dentro il grafo.

2.3.1 Interfaccia

Aprendo un progetto in piattaforma WeBim, si ha un'interfaccia come visualizzato in Figura 23. Si può notare come a sinistra si ha una lista di impostazioni e comandi come Objects, Models, Query etc., in basso uno spazio per la lettura della query e a destra si ha un riquadro dedicato ai risultati della ricerca sotto varie forme come ad elenco, a grafo, etc.

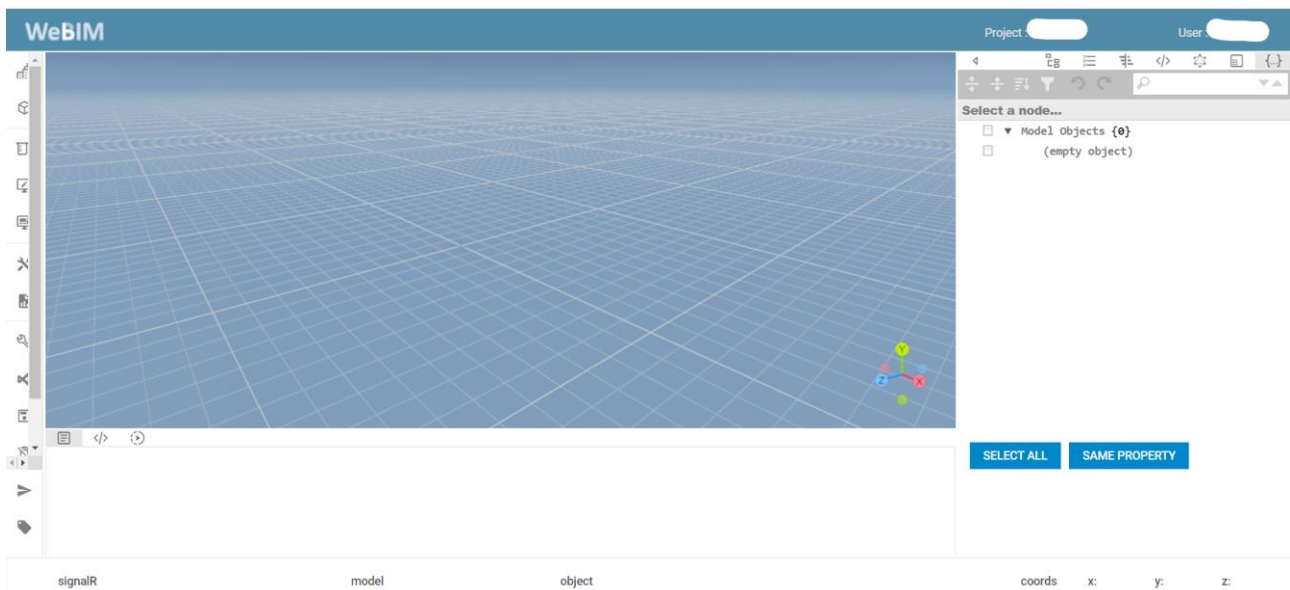


Figura 23 – Interfaccia piattaforma WeBim

Le funzioni utilizzate della piattaforma sono: federazione multiformato/multidominio e model checking multiformato/multidominio.

Federazione Multiformato/Multidominio

La piattaforma rende possibile l'integrazione di modelli di dati eterogenei in federazioni multiformato e multidominio tramite l'utilizzo di link semantici. Una federazione può essere costituita da due o più modelli di dati estratti dalle tipologie di documenti. Nel caso della federazione multiformato si fa riferimento a diverse tipologie di modelli di dati che riportano lo stesso dato (ad es. caratteristiche geometriche e dimensionali). Quando si trattano federazioni multidominio i documenti dai cui i modelli di dati derivano fanno riferimento ad aspetti diversi dello stesso oggetto. Un esempio tra modello architettonico e impiantistico è riportato in Figura 24.

I modelli di dati integrati in una federazione sono visualizzati in un'unica scena, con la possibilità di registrare (allineare in termini di posa o di collegamento semantico, vedi tool di navigazione di dati integrati) i modelli di dati tra loro.

La federazione permette di condurre verifiche di model checking sia su un particolare modello dati (ad esempio modello di dati estratto da un documento IFC), sia tra diversi modelli di dati.

È importante sottolineare che la funzione di federazione consente di combinare anche solo specifiche parti di modelli per incrementare il livello informativo delle stesse.

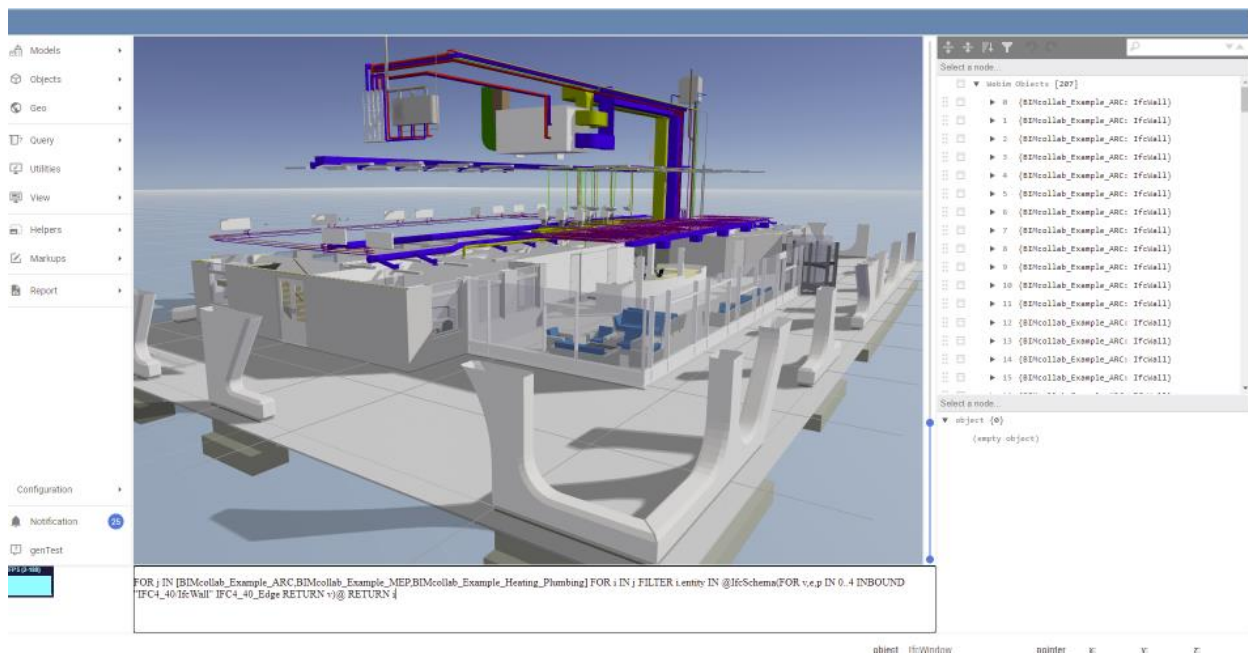


Figura 24 – Esempio di federazione tra modello architettonico ed impiantistico

Model Checking Multiformato/Multidominio

Le procedure di Model Checking multiformato e multidominio sono processi di verifica della consistenza dei contenuti tra differenti modelli di dati integrati in una federazione. Esse consistono in verifiche sia visive che numeriche.

Nell'elenco seguente sono riportate le principali verifiche di Model Checking multiformato e multidominio supportate dalla piattaforma:

- Nuvole punti – Modelli IFC, controllo visivo della coerenza tra nuvole di punti e modelli IFC
- Computi – Modelli IFC, controllo visivo e verifiche numeriche per la valutazione della coerenza tra le quantità espresse nei documenti contabili per ogni singola lavorazione e le relative quantità presenti nei modelli IFC per gli oggetti corrispondenti
- Capitolati informativi – Modelli IFC, vedere model checking con IDS.
- Gantt – Modello IFC, controllo visivo e verifiche numeriche per la valutazione della coerenza secondo due diversi criteri: 1. tra le lavorazioni e le tempistiche espresse nel programma dei lavori 2. tra gli oggetti e relative quantità presenti nei modelli IFC.
- Cad – Modelli IFC, controllo visivo per la valutazione della coerenza tra quanto presente nei disegni CAD e i modelli IFC.
- Documenti pdf – Modelli IFC, controllo visivo per la valutazione della coerenza tra quanto presente nei plottaggi (pdf) e i modelli IFC.
- Stato di fatto – Modelli IFC, controllo visivo per la valutazione della coerenza tra lo stato di fatto e quanto modellato in IFC tramite sovrapposizione di immagini.

Nel caso di studio preso in esame è stato utilizzato un Model Checking di verifica tra Capitolato Informativo e Modelli IFC. Per interrogare modello si utilizzano degli strumenti chiamati “tools”, che sono uno degli strumenti di interazione con i modelli di dati. Possono essere sintetizzati in:

1. *Tool di navigazione di dati integrati*
2. *Tool di interrogazione*
3. *Tool di collaborazione*
4. *Tool di registrazione*

Dato l'utilizzo nel caso di studio dei tools 1. e 2., verranno descritti di seguito.

Tool di navigazione di dati integrati

Lo strumento di navigazione di dati integrati permette l'interazione diretta con il grafo che costituisce la federazione di modelli per la visualizzazione delle entità presenti nei modelli e delle connessioni tra le stesse (Figura 25).

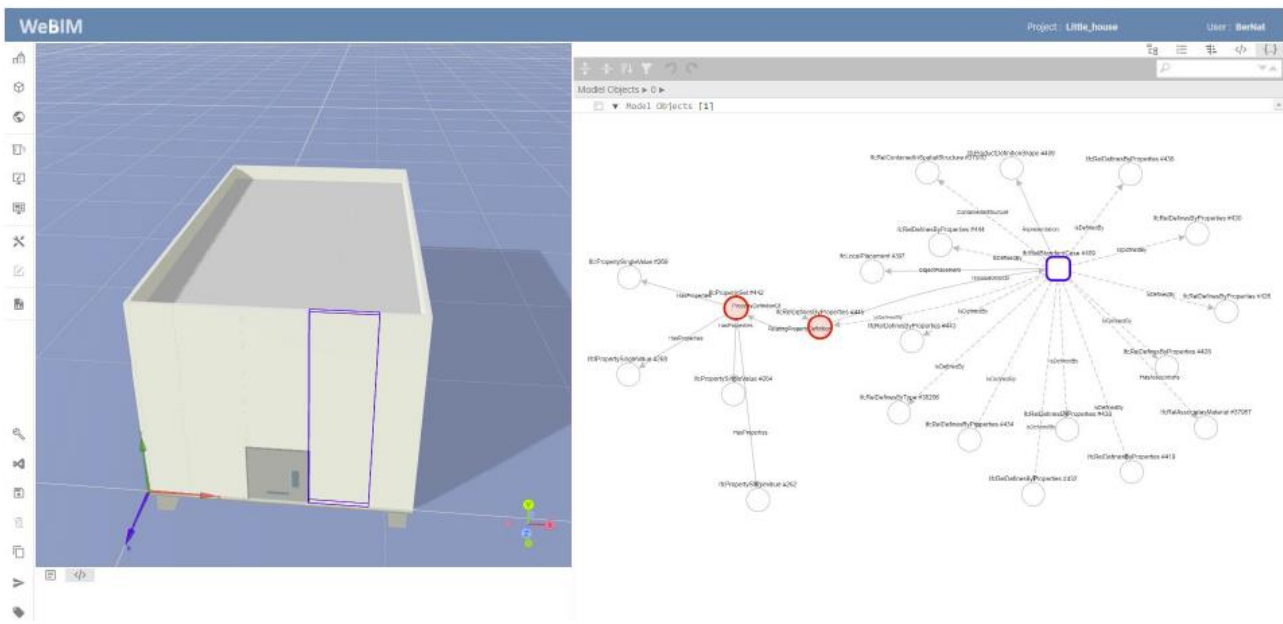


Figura 25 - Esempio di visualizzazione dello strumento di navigazione di dati integrati con grafo.

Tool di interrogazione: Model Checking rispetto ai Requisiti di Scambio Informativo tramite IDS

La validazione dei modelli IFC rispetto ai Requisiti di Scambio Informativo (EIR) richiesti dal Capitolato Informativo in una specifica fase del progetto è eseguita tramite l'utilizzo dello standard Building Smart Information Delivery Specification (IDS). Un IDS è un documento interpretabile dal computer con uno schema di file XML, fornito dal cliente, che definisce i requisiti di scambio del modello e quindi come gli oggetti, le classificazioni, i materiali, le proprietà e i valori devono essere consegnati e scambiati. La convalida del modello IFC rispetto all'IDS può essere svolta sia dal modellatore, sia dal cliente, sia da validatori tramite procedure di verifica automatica.

Interrogazione dei Modelli

L'interrogazione dei modelli di dati presenti in piattaforma può riguardare sia singoli che multipli modelli di dati, anche di diversa natura e dunque eterogenei tra loro.

L'interrogazione dei modelli ha scopi definiti:

1. Interrogazione dei dati geometrici
2. Model Checking:
 - a. Verifiche normative e delle performance
 - b. Verifiche coerenza informativa
 - c. Verifiche di completezza informativa

In Figura 26 è rappresentato lo schema di data querying con cui la piattaforma legge il modello. In giallo è evidenziato il processo utilizzato per la verifica del caso di studio al par. 4.3.

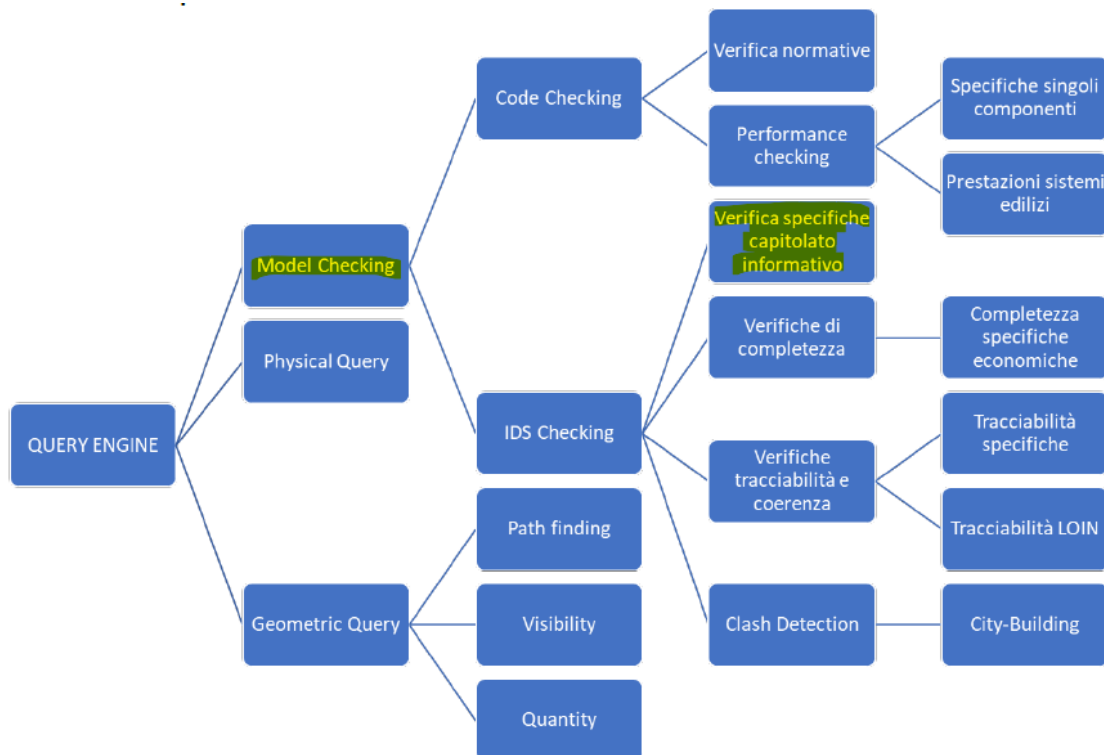


Figura 26 – Schematizzazione del motore di data querying

2.3.2 Graph (LPG)

Il database grafico basato su LPG (Labeled Property Graph)

Il Grafo delle Proprietà Etichettate (LPG), o semplicemente il Grafico delle Proprietà, è un grafo diretto e attribuito, in cui gli elementi del grafo sono etichettati e contengono attributi interni. Questo tipo di grafo consente di memorizzare le informazioni all'interno di nodi e bordi come attributi (proprietà). Questa funzionalità del LPG rende il grafo, un modello popolare tra i database grafici. Inoltre, oltre ai vantaggi sopra menzionati, gli attributi memorizzati all'interno dei nodi e dei bordi forniscono ulteriori informazioni che possono essere utilizzati per facilitare la ricerca delle informazioni. Nel complesso, il LPG è il tipo di grafo comunemente usato per supportare l'archiviazione compatta dei dati e interrogare efficientemente le informazioni basata su grafi.

LPG è originariamente adottato per archiviazione dei dati e query basate sulla teoria dei grafi. All'interno di un impianto LPG il database dei grafi è un grafo integrale (nodi e spigoli). [23]

Da IFC a LPG

Al momento non è disponibile alcun lavoro per convertire completamente l'IFC in LPG. All'inizio si utilizzavano principalmente il grafo LPG per l'analisi e la visualizzazione dei dati che estraevano e convertivano solo le informazioni richieste per soddisfare le esigenze specifiche del progetto. Lo schema comune per questi metodi di conversione era:

- a) estrarre le informazioni richieste da IFC.
- b) mappare le informazioni in nodi e creare soluzioni personalizzate relazioni.
- c) memorizzare il grafico in un database grafico per i dati analisi e visualizzazione.

Questi metodi vengono quindi definiti metodi guidati dall'utente. Gli sforzi principali sono stati dedicati alla conversione dell'IFC in LPG per i dati l'archiviazione e la query, ma risultano problemi. Non tutti le istanze in IFC vengono convertite ma solo quelle selezionate. Inoltre, si sono mappate le relazioni oggettivate in bordi anziché in nodi, che comportano anche una perdita di informazioni. In secondo luogo, la conversione non è avvenuta completamente in automatico a causa della necessità dell'intervento umano e l'entità IFC sono state selezionate "manualmente" dagli utenti, il che rende questo metodo meno probabile che venga applicato in progetti in cui devono essere utilizzati diversi modelli di costruzione.

Lo sviluppo e realizzazione del grafo LPG

Dato che non è possibile accedere e interrogare efficacemente i dati IFC, il che rappresenta un problema di interoperabilità, la banca dati ha aiutato a risolvere questo problema fornendo informazioni semplici, accessibili tramite database comuni e query di informazioni efficaci. Rispetto ai database relazionali e altri database, il database a grafo è migliore nella rappresentazione di relazioni che si adatta ai dati IFC. In questo documento si è cercato di sviluppare un metodo automatico per la conversione completa dati IFC in LPG, presentato in Figura 27. Questo approccio è stato realizzato in tre fasi: fase 1: investigazione dell'IFC e LPG per comprendere la struttura di IFC e LPG; fase 2, mappatura dei concetti IFC sul LPG; fase 3: sviluppo algoritmi per implementare la conversione da IFC a LPG.

In questo approccio, il modello determina le informazioni da convertire e il LPG generato è una rappresentazione completa dei dati IFC, che quindi è indicato come Grafo-IFC in questo studio.

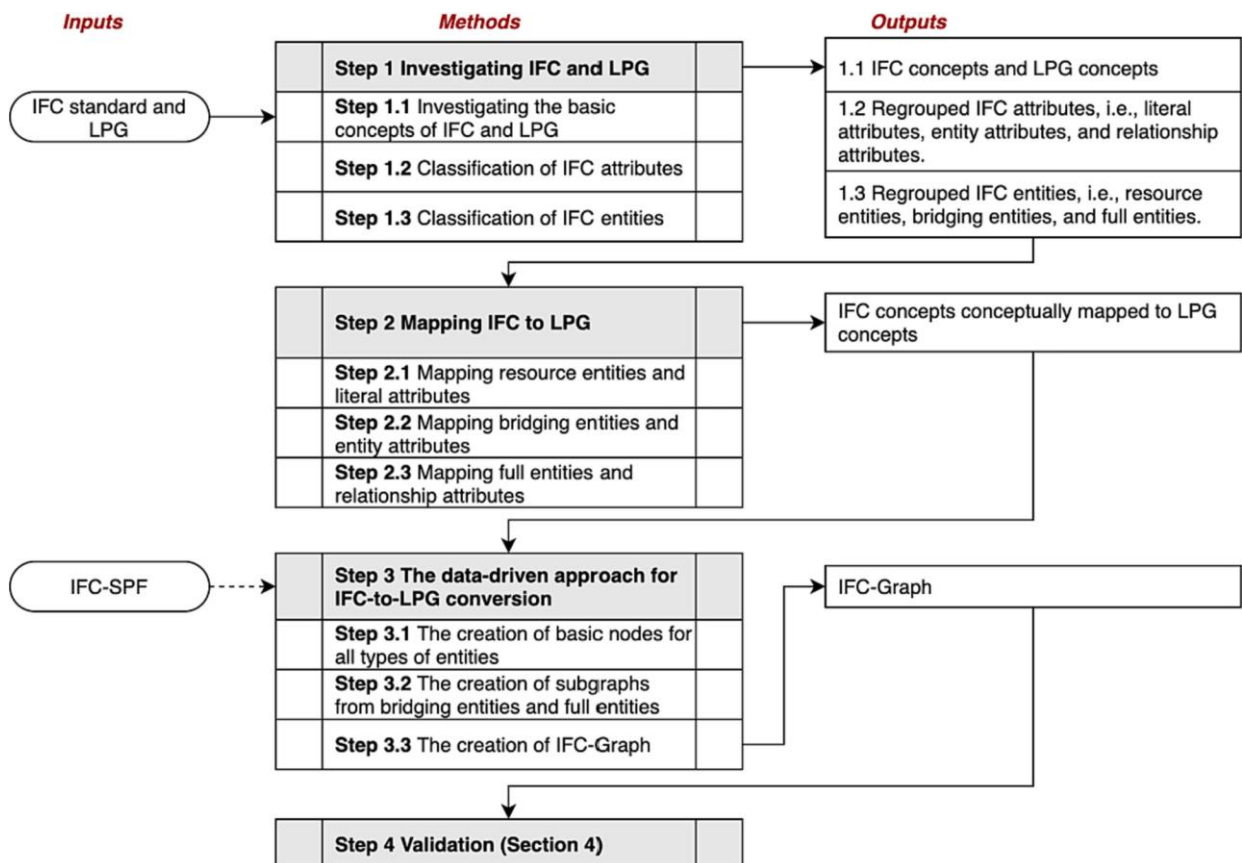


Figura 27 – Metodo di conversione automatica Grafo-IFC

Come detto al par. 2.1.7, IFC è uno standard internazionale per lo scambio di informazioni sugli edifici all'interno del dominio AEC. Ha due parti, ovvero lo schema IFC e i dati IFC. Lo schema IFC definisce entità/classi e le loro relazioni, mentre i dati IFC sono una descrizione specifica delle informazioni sull'edificio utilizzando le entità definite. Si tiene presente che il termine "entità" in IFC, che è simile al termine "classe" nei comuni linguaggi di programmazione, è usato in modo intercambiabile in questo studio. Il LPG è costituito da nodi (o vertici) e relazioni (o bordi), ogni nodo rappresenta un oggetto, anche astratto. I nodi possono avere una o più etichette per indicare le categorie a cui appartengono e per le quali possono contenere un tipo (o nome) o più coppie chiave-valore per memorizzare informazioni, chiamate proprietà. Le relazioni nel LPG sono dirette e vengono utilizzate per collegare i nodi.

In IFC, un attributo è "l'unità di informazione all'interno di un'entità, definito da un particolare tipo o riferimento a una particolare entità". Ci sono tre tipi di attributi originariamente definiti in IFC che sono: attributi diretti, attributi inversi e attributi derivati. Questa classificazione di attributi non è utile per l'approccio basato sul modello; quindi, gli attributi vengono riclassificati in tre gruppi in base al tipo di dati e si dividono in:

- 1) attributi letterali,
- 2) attributi di entità
- 3) relazione attributi.

1) Gli attributi letterali provengono dagli attributi diretti originali e attributi derivati il cui tipo di dati è, ad esempio, testo (stringa, aggregato di stringa), numero (double, int, aggregato di double, aggregato di int), come "GlobalId" e "Nome" della classe IfcRoot.

2) Gli attributi di entità derivano da attributi diretti di cui il valore dell'attributo è un'altra istanza o un insieme di istanze, ad esempio the l'attributo "ObjectPlacement" e l'attributo "Representation" della classe IfcProduct.

3) Gli attributi di relazione sono gli attributi inversi originali, che è simile al termine "proprietà di navigazione" in entità relazionale quadri di programmazione, come "IsDecomposedBy" attributo dell'entità IfcObjectDefinition.

Qualsiasi entità in IFC ha attributi letterali e può avere attributi di entità e/o attributi di relazione.

La mappatura da IFC a LPG

Gli attributi letterali sono mappati sulle proprietà dei nodi, per lo scopo di ridurre la dimensione del grafico, che è vitale per il futuro basato su grafici interrogazione di informazioni. Il risultato di questa mappatura sono solo i nodi con proprietà.

Oltre agli attributi letterali, le entità ponte hanno un'entità aggiuntiva. Gli attributi dell'entità vengono mappati alle relazioni nel grafico. Per una struttura di accoppiamento formata da entità ponte e dalle loro entità di riferimento, l'entità ponte iniziale è denominata entità primaria, mentre tali entità a cui si fa riferimento sono indicate come sottoentità. Il corrispondente dei nodi creati per loro sono quindi nodi primari e sottonodi, rispettivamente. Dopo la mappatura, le relazioni tra i nodi primari e sottonodi sono dirette dai nodi primari al sottonodo. L'esito è di una mappatura con un semplice grafo composto dal nodo primario e dai sottonodi, così come le relazioni tra loro.

Le entità complete hanno inoltre attributi di relazione rispetto alle entità ponte. Gli attributi di relazione vengono mappati alle relazioni nel grafo con i loro nomi che sono i tipi di relazioni. Il risultato di questo anche la mappatura è un sottografo. Dopo la mappatura, le entità IFC, indipendentemente dalla loro tipologia, risultano nello stesso tipo di nodo, cioè il nodo base che ha solo proprietà, ma con diversi tipi di relazioni. Le entità della risorsa portano ai nodi di base solo con relazioni entranti, facendo da ponte tra entità ed entità piene risultato in nodi di base con relazioni sia in entrata che in uscita. La differenza tra entità ponte ed entità complete in termini di relazione è che le entità ponte non possono essere direttamente collegate ad altre entità ponte, mentre le entità complete possono essere direttamente collegate a qualsiasi tipo di entità.

L'approccio basato sul modello per la conversione da IFC a LPG

La mappatura dell'IFC nel LPG ha definito un modo chiaro per l'implementazione della conversione da IFC a LPG. Questo studio ha sviluppato un modello basato approccio per l'implementazione della conversione. Questa conversione generalmente prevede due fasi: estrazione delle informazioni IFC e generazione del grafo. L'estrazione delle informazioni IFC è stata effettuata utilizzando IfcOpenShell e tutte le istanze, nonché i relativi attributi, sono stati attraversati per garantire una conversione completa. Sono stati poi generati i grafi tramite tre passaggi: (a) creazione di nodi per singole istanze, (b) creazione di sottografi per le entità ponte e per le entità complete, e (c) combinazione di sottografi per formare il grafico IFC finale. La creazione del nodo base è il compito fondamentale in questo studio, che ha due preoccupazioni. Innanzitutto, a parte gli attributi letterali di base, la gerarchia delle classi IFC dovrebbe essere preservata per una maggiore efficienza interrogazione di informazioni. In secondo luogo, le entità di risorsa che non hanno un identificatore univoco globale (id) devono essere gestite singolarmente.

(a) La creazione di nodi per singole istanze obbliga la preservazione della gerarchia di classe. Una gerarchia di classi ben conservata è utile per query di informazioni sull'edificio basate su grafi. Per esempio, per recuperare tutti i componenti dell'edificio da un grafo, è possibile utilizzare la query "IfcBuildingElement" invece di tutte le classi individuali, come IfcWindow, IfcDoor e IfcWall. Nel formato IFC, la gerarchia delle classi è stata preservata utilizzando i seguenti passaggi: (1) ottenere tutte le classi e le loro classi maggiori nel set di dati IFC, (2) ottenere il nome della classe dell'oggetto in elaborazione, (3) per ciascuna classe si controlla se l'oggetto è un'istanza di quella classe, se vero, si aggiunge il file della classe come etichetta del nodo finché tutte le classi non saranno state testate.

(b) In base al passaggio precedente, la creazione di sottografi per entità ponte ed entità complete si basa su un sottografo per ogni istanza. È stata utilizzata la seguente procedura per generare il sottografo: 1) si crea un nodo base per l'istanza, che è il nodo primario iniziale; 2) si analizzano i suoi attributi di entità. Per ciascuno attributo dell'entità rilevata, si crea un nodo base per l'istanza di riferimento che va dal nodo primario al sottonodo.

Quando si elaborano questi due tipi di entità IFC, i risultati sono sottografi, che possono essere descritti da un grafo atomico primario-sottografo modello (vedi Figura 28). In questo grafo, il nodo

primario è l'entità primaria in elaborazione, mentre i nodi referenziati (sottonodi) sono le entità IFC di riferimento. Per i nodi primari, ci sono solo relazioni in uscita.

La creazione del grafo IFC finale può essere fatta unendo gradualmente i sottografi creati con il grafo esistente. La Figura 29 presenta la fusione dei due sottografi presentati in Figura 28, in cui le proprietà sono omesse per chiarezza. Nel grafo IFC, le relazioni sono dirette e unidirezionali e c'è una relazione bidirezionale tra due nodi primari, ad esempio, il nodo C e il nodo E, sono stati stabiliti in due passaggi: la relazione direzionale C -> E è stata stabilita quando il nodo C era l'entità primaria e la relazione E-C è stata creata quando il nodo E era l'entità primaria.

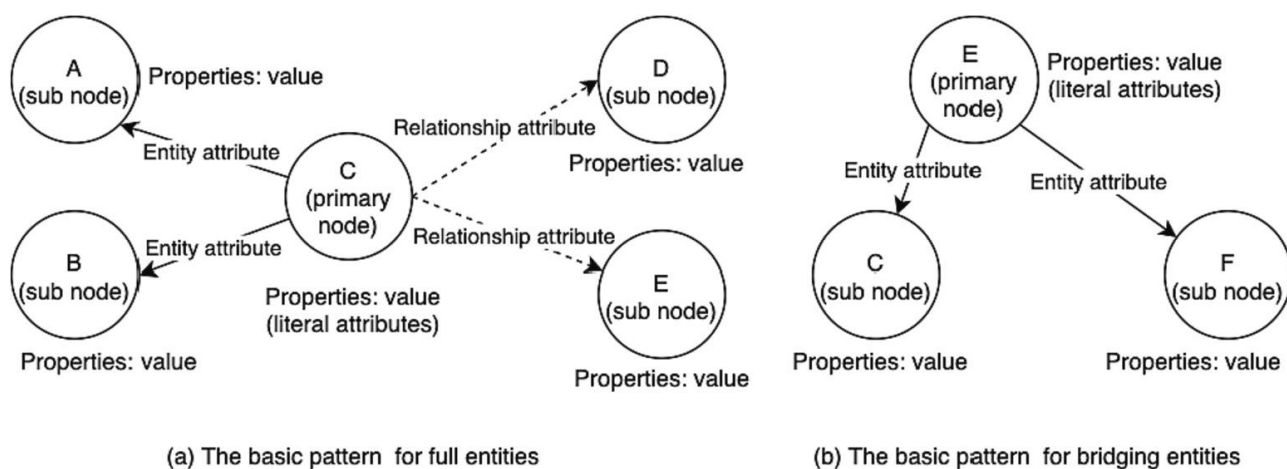


Figura 28 – Esempio di grafi con nodi primari e sotto primari

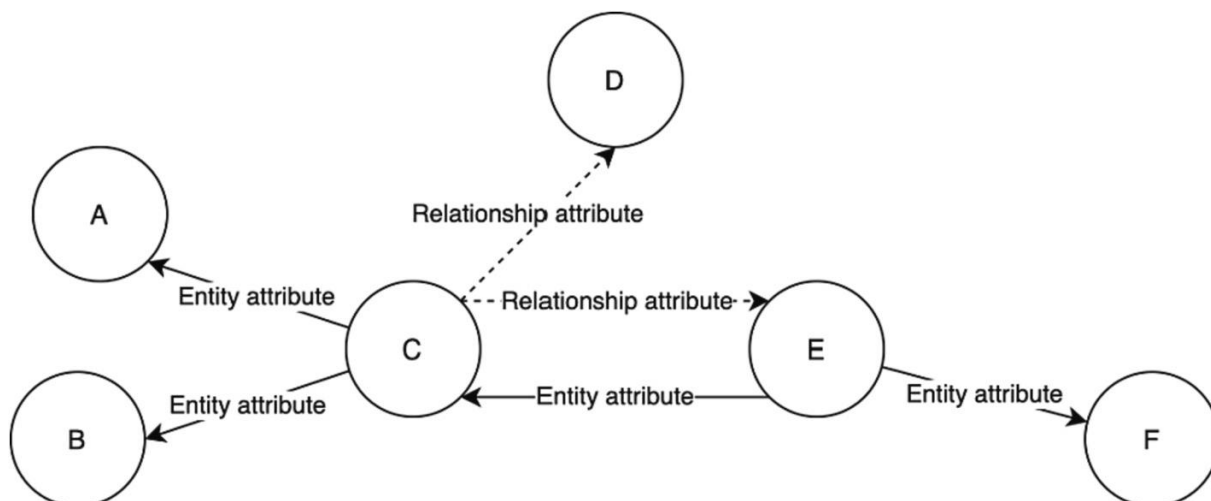


Figura 29 - Esempio di creazione del grafico IFC

Validazione e risultati

L'obiettivo principale della validazione è confermare che tutte le informazioni presenti nel file IFC sono state conservate nel LPG. Pertanto, un metodo di convalida progettato in questo studio per verificare il grafo generato consiste in due sotto attività: (a) validare le strutture interne dei nodi e delle relazioni e (b) convalidare il grafo IFC.

(a) La validazione della struttura interna dei nodi e delle relazioni si riferisce alla loro proprietà ed etichette. È stato adottato un approccio basato su istanze per convalidare la struttura interna, in cui le istanze sono state selezionate casualmente, e le loro strutture interne sono state esaminate e confrontate con i nodi dal grafo IFC.

(b) Questa attività di convalida consiste nel verificare se tutte le istanze sono state convertite. Il grafo IFC sarebbe considerato completo, se il numero di istanze corrisponde al numero di nodi con ID numerico e il numero di classi corrisponde al numero di etichette.

I risultati della validazione dei file IFC sono riscontrabili nelle panoramiche dei grafi IFC.

La Figura 30 presenta una panoramica di un grafo IFC del modello di una casa con 48.786 nodi e 79.137 relazioni.

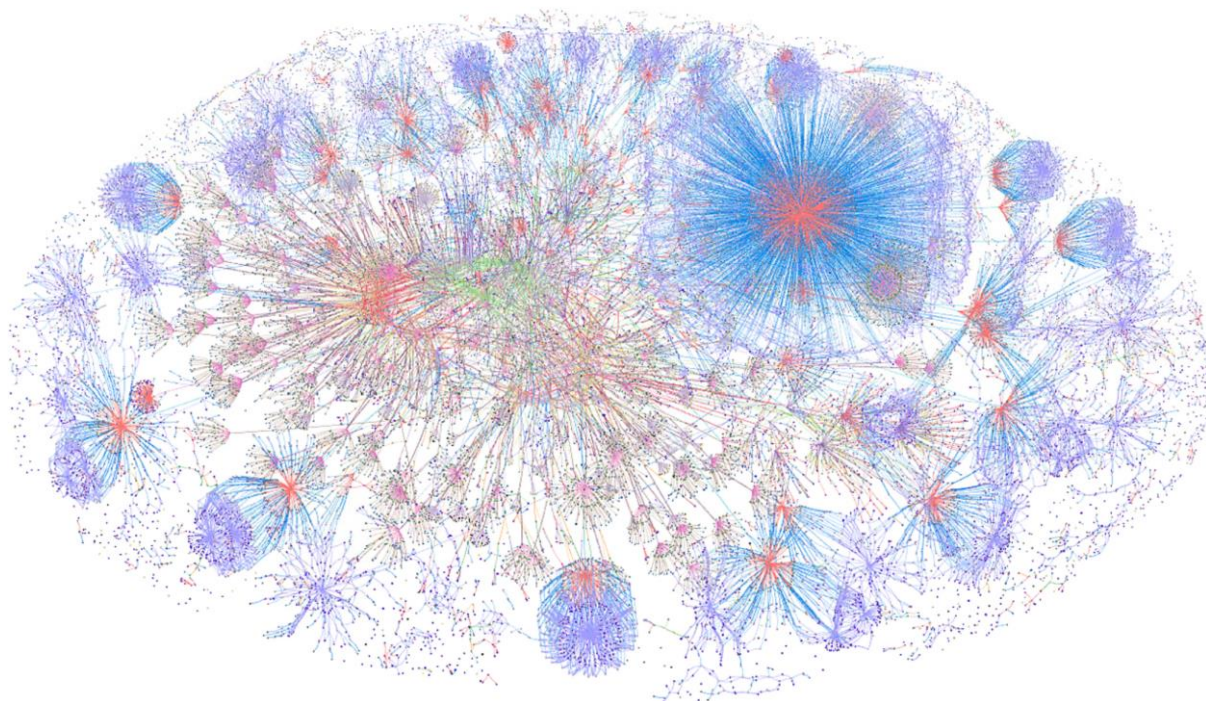


Figura 30 – Esempio grafo IFC per un modello di una casa

2.3.3 Query

La query è data da ArangoDB, che è un sistema di database a grafo scalabile per ricavare in modo più veloce un valore dai dati connessi, combina la potenza analitica dei grafi nativi con un motore di ricerca integrato.

ArangoDB ti consente di lavorare allo stesso modo con dati strutturati, semi-strutturati e non strutturati. Esso è infatti progettato da zero per supportare più modelli di dati con un unico linguaggio di query componibile. ArangoDB è inoltre dotato di un motore di ricerca integrato per il recupero delle informazioni, come la ricerca dell'intero testo con classificazione per pertinenza. È scritto in C++ per prestazioni elevate e progettato per funzionare su larga scala, nel cloud o in locale.[24]

Prima di tutto occorre dire che il linguaggio di query di ArangoDB si chiama AQL (ArangoDB Query Language). La differenza più notevole è probabilmente il concetto di loop in AQL, che lo fa sembrare più un linguaggio di programmazione. Si adatta al modello senza schema in modo più naturale e rende il linguaggio di query molto potente pur rimanendo facile da leggere e scrivere. Esso consente di archiviare, recuperare e modificare i dati in vari modi in ArangoDB.

AQL è principalmente un linguaggio dichiarativo, nel senso che una query esprime quale risultato dovrebbe essere raggiunto ma non come dovrebbe essere raggiunto. Esso mira ad essere leggibile e pertanto utilizza parole chiave della lingua inglese (RETURN, FILTER, etc.). Un altro obiettivo di progettazione di AQL era l'indipendenza del client, il che significa che il linguaggio e la sintassi sono gli stessi per tutti i client, indipendentemente dal linguaggio di programmazione utilizzato. Ulteriori obiettivi di progettazione di AQL erano il supporto di modelli di query complessi e i diversi modelli di dati offerti da ArangoDB.

Nel suo scopo, AQL è simile allo Structured Query Language (SQL). Cambia la sintassi delle query rispetto quella di SQL, anche se alcune parole chiave si sovrappongono. AQL supporta la lettura e la modifica dei dati di raccolta, ma non supporta operazioni di definizione dei dati come la creazione e l'eliminazione di database, raccolte e indici.

Ora si descrivono degli esempi di query utilizzati poi in piattaforma WeBim.

Esempi dei costrutti di base per le query

In Figura 31 sono rappresentate le parole chiave utilizzate nelle maggiori operazioni che possono essere avviate in una query.

OPERAZIONE	DESCRIZIONE
FOR	Iterazione dell'array
RETURN	Proiezione dei risultati
FILTER	Filtraggio dei risultati non visualizzati
SEARCH	Visualizza il filtraggio dei risultati
SORT	Ordinamento dei risultati
LIMIT	Affettamento del risultato
LET	Assegnazione variabile
COLLECT	Raggruppamento dei risultati
WINDOW	Aggregazioni su righe correlate
INSERT	Inserimento di nuovi documenti
UPDATE	Aggiornamento dei documenti esistenti
REPLACE	Sostituzione dei documenti esistenti
REMOVE	Rimozione di documenti esistenti
UPSERT	Inserimento di nuovi o aggiornamento di documenti esistenti
WITH	Dichiarazione di incasso

Figura 31 – Operazioni più frequenti nelle query

Una query AQL può (e in genere lo fa) consistere in più delle operazioni citata in Figura 26.

Ora si osserva la sintassi e il tipo di dati di qualche comando base per vedere come funzionano e capire come la piattaforma li usa.

Una query AQL di esempio potrebbe assomigliare alla Figura 32.

```
FOR u IN users
FILTER u.type == "newbie" && u.active == true
RETURN u.name
```

Figura 32 – Esempio di query con parole chiave

In questa query di esempio i termini FOR, FILTER e RETURN avviano l'operazione di livello superiore in base al loro nome. Questi termini sono anche parole chiave, nel senso che hanno un significato speciale nella lingua. Ad esempio, il parser della query utilizzerà le parole chiave per scoprire quali operazioni di alto livello eseguire. Ciò significa anche che le parole chiave possono essere utilizzate solo in determinate posizioni in una query. Questo rende inoltre tutte le parole chiave parole riservate che non devono essere utilizzate per scopi diversi da quelli a cui sono destinate.

Le parole chiave non fanno distinzione tra maiuscole e minuscole, ovvero possono essere specificate in maiuscolo, maiuscolo o misto nelle query.

Le query possono avere anche delle parole chiamate “nomi”. In generale, i nomi vengono utilizzati per identificare le seguenti cose nelle query AQL: collezioni, attributi, variabili, funzioni.

I nomi in AQL fanno sempre distinzione tra maiuscole e minuscole. La lunghezza massima supportata per i nomi di raccolte/viste è 256 byte. Le parole chiave non devono essere utilizzate come nomi. Se si desidera utilizzare comunque una parola chiave riservata come nome, il nome deve essere racchiuso tra apici inversi o in avanti. Questo si chiama citazione. Un esempio di parola “nome” è visualizzato in Figura 33.

```
FOR doc IN `filter`
RETURN doc.`sort`
```

Figura 33 - Esempio di query con parole nome

AQL supporta sia tipi di dati primitivi costituiti esattamente da un valore sia tipi di dati composti costituiti da più valori. Sono disponibili i seguenti tipi in Figura 34.

TIPO DI DATI	DESCRIZIONE
null	Un valore vuoto, inoltre: l'assenza di un valore
booleano	Valore di verità booleano con possibili valori falso e vero
numero	Numero (reale) con segno
stringa	valore di testo con codifica UTF-8
array/lista	Sequenza di valori, indicati dalle loro posizioni
oggetto/documento	Sequenza di valori, indicati con i loro nomi

Figura 34 – Tipi di dati

CAPITOLO 3: FATTIBILITA' TECNICO-OPERATIVA

In questo capitolo sono state fatte delle prove che consistevano nel rispondere a dei requisiti che la regione ha fornito tramite il DGR. Quando si progetta, il primo requisito da verificare è quello di vedere che in ogni reparto ci siano tutti i locali necessari per quel reparto così come da DGR. Lo stesso vale per gli impianti e arredamenti tecnologici che devono rispettare delle prescrizioni.

A seconda dei locali, ci sono delle aree apposite chiamate zone, che non sono altro che i sotto reparti dei reparti. Ora l'obiettivo è quello di trovare un modo di supportare la verifica del DGR interrogando il progetto. In questo capitolo si è stabilito prima una codifica (tramite parametri quali Numero e Nome), poi tramite la gerarchia definita da BuildingSMART, si è diviso l'edificio in reparti, sotto reparti e locali che devono soddisfare tali requisiti. Poi, dato che la verifica è fatta su una piattaforma interoperabile, occorre esportare le informazioni sotto formato IFC, si descrive dunque come esportare queste informazioni in un file IFC.

Nella Tabella 2 sono elencati i passaggi dei comandi utilizzati nel capitolo 3.

Tabella 2 - Elenco comandi

N°	Comando	Descrizione procedimento
(1)	Locale	Architettura -> Su "Locali e Area" -> Selezionare "Locale"-> Posiziona locali automaticamente
(2)	Parametro condiviso	Gestisci -> Parametro di progetto -> Nuovo Parametro -> Cliccare "parametro condiviso" e poi "Seleziona" -> Su categoria "IFC Properties" scegliere il parametro desiderato -> OK -> Disciplina: Comune -> Tipo di dati: Testo -> Raggruppamento parametro: Parametri IFC -> Scegliere Categorie (Locali ed Informazioni sul progetto) -> OK
(3)	Importazione modello architettonico	Aprite Revit -> File -> Nuovo -> Modello meccanico -> Progetto -> Inserisci -> Collega Revit -> Si seleziona il progetto desiderato -> Sull'opzione Posizionamento selezionare "Automatico-Da origine interna a origine interna" -> Apri
(4)	Visualizzazione nomi locali	Menù Proprietà -> Sostituzione visibilità -> Collegamenti Revit -> Spuntare "Sottostante e poi cliccare su "Vista host" -> Cliccare "Vista collegata" -> Applica -> OK ->Cliccare sulla pianta del modello -> Proprietà -> Modifica tipo -> Spuntare "Delimita locale"
(5)	Creazione vani	Analizza -> Vani e zone -> Cliccare "Vani" -> Posiziona vani automaticamente -> Analizza -> Denominazione vani -> Spuntare la voce "Nomi e numeri" -> OK
(6)	Creazione zona MEP	Analizza -> Vani e zone -> Cliccare "Zone" -> Selezionare "Aggiungi Vano" e scegliere vani della zona

(7)	Schema colori	Analizza/Annota -> Riempimento Colore -> Selezionare “Legenda riempimento colore” -> posizionare la legenda e selezionarla -> su Tipo di vano, selezionare “Zone di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata”(HVAC) -> Selezionare la legenda creata e cliccare su “Modifica schema”-> Su Schemi, duplicare lo schema presente rinominandolo “Schema zone HVAC” -> Rinominare il titolo della legenda “Legenda zone HVAC” -> Su Colore selezionare “Nome” per associare i colori alle zone Scegliere i colori zone -> OK
(8)	Creazione circuito di mandata	Sistemi -> Attrezzatura meccanica -> Inserire “Munita VAV 200mm DIM.2” -> Livello 2 e aggiungere quota di 500
(9)	Immissione bocchettoni	Sistemi -> Bocchettone -> Inserire “M_Diffusore mandata, placca 600x600, connessione 300x300” -> Livello 2 sottrarre quota di 340
(10)	Creazione condotto	Sistemi -> Su Crea sistemi, selezionare “Condotto” -> Assegno il nome al circuito “Meccanico Aria di mandata 1” -> Connettore -> Tutte elementi connessi a VAV -> da 3D creo condotto
(11)	Visualizzazione Browser di Sistema	Vista -> Interfaccia utente -> Spuntare “Browser di sistema” -> Selezionare le voci “Sistemi” e “Meccanico”

3.1 Modellazione degli spazi

3.1.1 Le tre entità per soddisfare i requisiti del DGR

L'obiettivo dell'ente pubblico è quello di chiarire al meglio nel Capitolato Informativo i requisiti informativi necessari che sono utili per la validazione e verifica. Per questo mette a disposizione un DGR con all'interno un "Manuale operativo di autorizzazione" avente tutte le informazioni da rispettare. Nella fattispecie, per il lavoro di tesi, sono stati presi in considerazione il DGR 1468/2023 (per strutture ospedaliere) e il DGR 1469/2023 (per strutture ambulatoriali).

In particolare per il DGR 1468/2023, la Legge Regionale n.21/2016 ("Autorizzazioni e accreditamento istituzionale delle strutture e dei servizi sanitari, socio-sanitari e sociali pubblici e privati e disciplina degli accordi contrattuali delle strutture e dei servizi sanitari, socio-sanitari e sociali pubblici e privati"), all'art. 3, comma 1, dispone che la Giunta regionale "stabilisce e aggiorna periodicamente i requisiti per il rilascio delle autorizzazioni e per l'accreditamento istituzionale e disciplina i relativi procedimenti". [25]

Con Regolamento Regionale n. 1 del 1/02/2018, approvato con Delibera di Consiglio Regionale n. 69 del 30/01/2018, sono state definite le tipologie delle strutture e dei servizi sanitari, sociosanitari e sociali pubblici e privati ai sensi dell'articolo 7, comma 3, della L.R. 21/2016.

Con DGR 1468/2023 sono stati aggiornati i requisiti autorizzativi delle strutture ospedaliere, al fine di rendere omogenea ed uniforme sul territorio regionale l'interpretazione dei requisiti e delle evidenze contenute nel suddetto manuale operativo.

Il manuale operativo chiarisce e approfondisce ciascuna evidenza correlata a ciascun requisito del Manuale autorizzativo, agevolando il lavoro di verifica e valutazione ed il lavoro applicativo da parte dei portatori d'interesse (titolari delle strutture) soggetti a verifica propedeutica al rilascio dell'autorizzazione all'esercizio.

Prima di esaminare il caso di studio, si è passati ad un esempio riguardante la realizzazione di un reparto di ospedaliero in cui si implementano i parametri necessari per eseguire la verifica del DGR. In Figura 35 è rappresentata la pianta del reparto Day-Hospital realizzata su Revit.

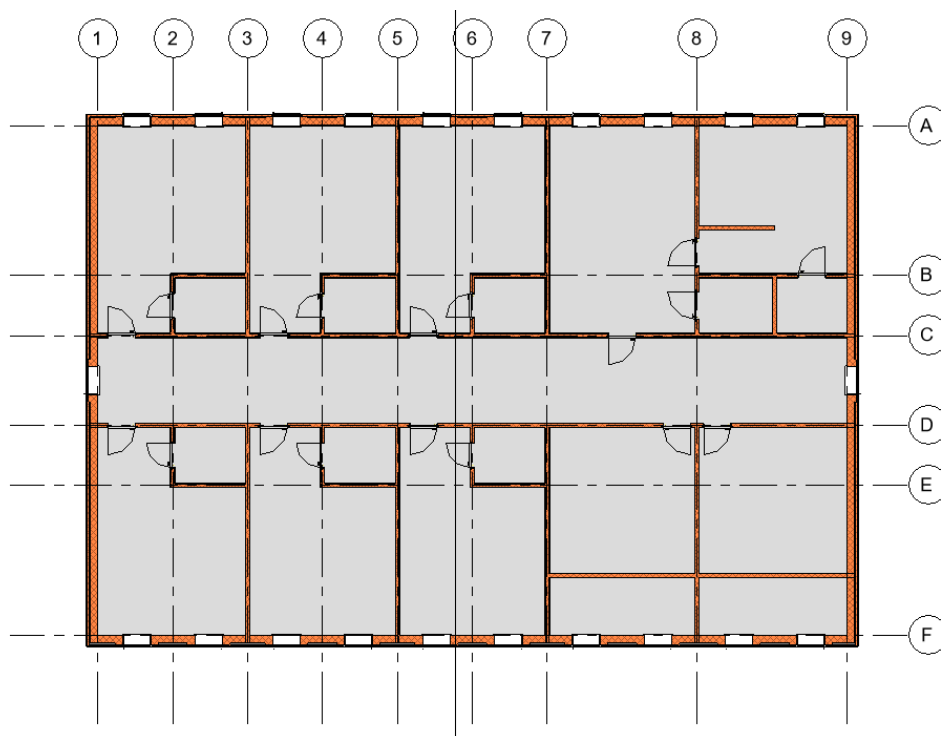


Figura 35 – Esempio pianta reparto Day-Hospital ospedale

Dato per ipotesi che questo sia un reparto Day-Hospital, si è andato a ricercare nel DGR 1468/2023 i requisiti minimi strutturali generali che l'operatore economico deve soddisfare. Nella Figura 36, è rappresentante il paragrafo riguardante il reparto Day Hospital, con il suo codice paragrafo DH che verrà utilizzato per la codifica del reparto. Si nota come questi elencati sono requisiti minimi necessari, ossia che sono obbligati ad essere presenti. Questo non vuol dire che il reparto possa avere un numero maggiore di locali, con locali diversi da quelli elencati.

DAY-HOSPITAL		
<p>codice paragrafo <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">D H</div></p>		
<p>Struttura in cui vengono garantite le prestazioni assistenziali programmabili, appartenenti a branche specialistiche diverse, volte ad affrontare patologie o problemi acuti che richiedono inquadramento diagnostico, terapia, accertamenti clinici, diagnostici o strumentali, nonché assistenza medico-infermieristica prolungata, non eseguibili in ambulatorio. L'attività si articola in uno o più accessi di durata limitata ad una sola parte della giornata, senza necessità di pernottamento.</p>		
<p>REQUISITI MINIMI STRUTTURALI</p>		
<p>I requisiti minimi strutturali, impiantistici ed organizzativi del day hospital, se non costituito in unità operativa autonoma, sono gli stessi dell'area di degenza di appartenenza. I requisiti sottoelencati sono relativi soltanto alle strutture che sono organizzate autonomamente per eseguire esclusivamente trattamenti in regime di day hospital</p>		
N.P.	REQUISITO	RISPOSTA
1	<p>L'area di degenza è strutturata in modo da garantire il rispetto della privacy dell'assistito ed un adeguato confort di tipo alberghiero</p>	<p>verifica visiva</p>
2	<p>Nelle strutture di nuova realizzazione dopo l'approvazione del presente manuale la camera di degenza è almeno delle seguenti dimensioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 12 mq per posto letto (camera singola) • 7 mq per posto letto (camera multipla) • 9 mq per posto letto (camera pediatrica multipla) <p><i>Nella determinazione delle dimensioni non sono da considerare i servizi igienici</i> <i>Nota:</i> <i>Per le strutture già autorizzate alla realizzazione</i></p>	<p>planimetria quotata verifica visiva</p>

Figura 36 - Esempio requisiti minimi strutturali da DGR

Per fare rispettare tali requisiti sono stati introdotti dei parametri che fanno riferimento alle entità definite da BuildingSMART e che permettono, quando vengono esportati, di portare con loro le informazioni acquisite su Revit e mantenere la gerarchia anche sul formato IFC. Per spiegare la gerarchia occorre prima enunciare qualche concetto come premessa.

Entità IFC

In un modello IFC, le informazioni di progetto rappresentate da un insieme di Entità IFC, come Tipo IFC, Attributo, Assegnazione, Prodotto Tipo. Ogni entità IFC (per esempio, un IfcWall) include un numero di attributi fisso, più un numero qualsiasi di proprietà aggiuntive IFC.[26]

Modello IFC

Un modello IFC è composto da entità IFC costruite in un ordine gerarchico. Come mostrato nella Figura 12, ogni livello dell'edificio (IfcBuildingStorey) ha il suo piano corrispondente in Revit. Quindi, per impostazione predefinita, la gerarchia modello IFC li elenca sotto l'IfcBuildingStorey con lo stesso nome del piano ospite dell'elemento.

Elementi Spaziali IFC

Gli Elementi Spaziali IFC sono IfcProject, IfcSite, IfcBuilding, IfcBuildingStorey. Questi si trovano in cima alla Gerarchia del Gestore Progetto IFC.

La struttura di base dello schema IFC è complessa e contiene molti layer astratti non visibili per l'utente finale. Se si analizza la struttura visibile da utilizzare nei visualizzatori IFC, si nota la gerarchia seguente in Figura 37. [20]

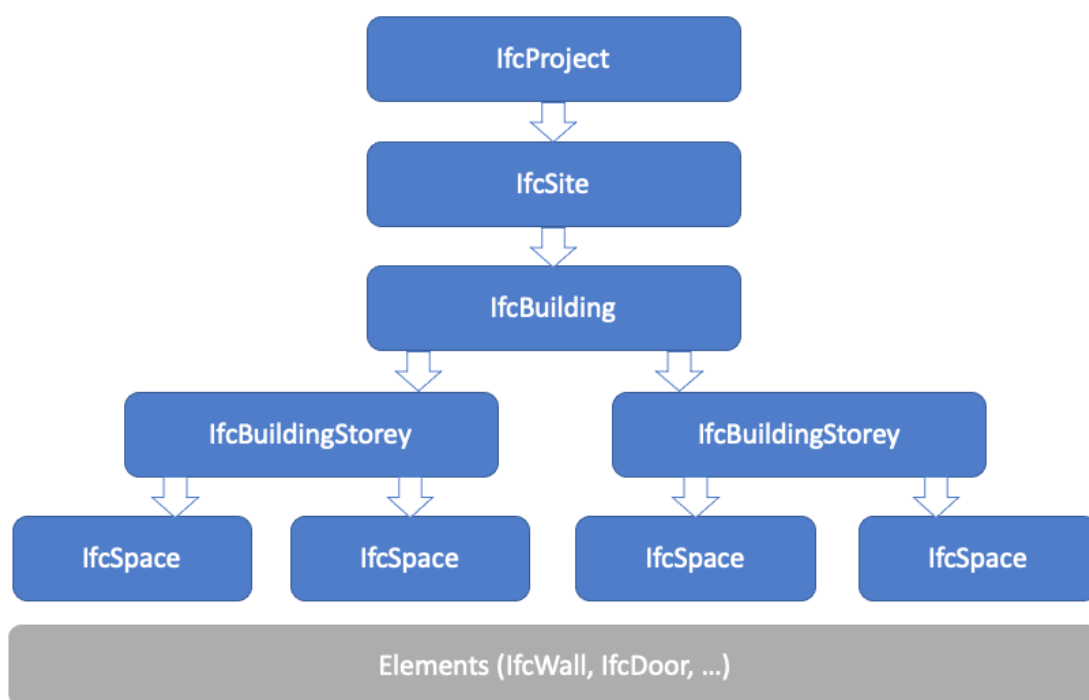


Figura 37 - Struttura schema IFC

Le prime tre entità (IfcProject, IfcSite e IfcBuilding) sono rappresentate una sola volta per ogni file IFC. Pur non essendo stato concepito per includere più edifici in un unico progetto Revit, lo schema IFC stesso prevede la presenza di più edifici per sito, ma Revit può esportarne uno solo.

IfcProject

L'entità di primo livello è generalmente il contenitore principale della struttura ad albero dei visualizzatori IFC. Non sono definiti Pset e non è possibile associare Pset personalizzati in questo livello, ma il progetto include alcune proprietà quali IfcDescription, IfcObjectType, Stato del Progetto, Nome del Progetto e Numero del Progetto che possono essere compilate così come illustrato in Figura 38.

I parametri raggruppati sotto Parametri IFC sono stati aggiunti e assegnati manualmente come parametri di istanza alla categoria "Informazioni sul Progetto".

The image shows two screenshots related to the IfcProject entity. On the left is the 'Project Information' dialog box, and on the right is the 'Result in IFC' section showing a tree view and an 'Element Properties' table.

Project Information Dialog Box:

Parameter	Value
Identity Data	
Organization Name	Autodesk
Organization Description	Make Anything
Building Name	openBIM building
Author	Ljilja Secerbegovic
Energy Analysis	
Energy Settings	Edit...
IFC Parameters	
IfcDescription	This is a Demo openBIM project
IfcObjectType	DEMO
Route Analysis	
Route Analysis Settings	Edit...
Other	
Project Issue Date	01.01.2021
Project Status	Final Design
Client Name	Autodesk
Project Address	111 Mcinnis Pkwy
Project Name	Autodesk openBIM project
Project Number	0001

Result in IFC:

Tree View:

- 0001
 - Default
 - openBIM building
 - Level 1

Element Properties Table:

Name	Value
Entity Information	
Type	IfcProject
Internal Type	IfcProject
IFC OID	127
GUID	2317quDJ511e3GjRdswfvcv
GUID (readable)	83bc7d38-3531-4106-80d0-b5b9f6e99b9
Name	0001
Description	This is a Demo openBIM project
Object Type	DEMO
Layer Name	
Color	---
LongName	Autodesk openBIM project
Phase	Final Design
Placement	
Position	0.000000, 0.000000, 0.000000
X Direction	1.000000, 0.000000, 0.000000
Y Direction	0.000000, 1.000000, 0.000000
Z Direction	0.000000, 0.000000, 1.000000

Figura 38 - Esempio IfcProject

IfcSite

Il secondo livello rappresenta il sito e posizione geografica del IfcProject. Può essere associato anche ad un oggetto topografia in Revit. In uno scenario senza topografia è possibile aggiungere anche le proprietà principali alle Informazioni sul Progetto dal file dei parametri condivisi quali SiteName, SiteDescription, SiteLandTutleNumber, SiteLongName e SiteObjectType che si possono aggiungere come raffigurato in Figura 39.

The image displays two screenshots from the Revit software interface. The left screenshot shows the 'Project Information' dialog box, which is used to define the properties of an IfcSite element. The right screenshot shows the 'Property Toolbar' for the selected IfcSite element, displaying its properties and values.

Project Information Dialog Box:

Parameter	Value
Identity Data	
Organization Name	Autodesk
Organization Description	Make Anything
Building Name	openBIM building
Author	Leja Secerbegovic
Energy Analysis	
Energy Settings	Edit...
IFC Parameters	
IfcDescription	This is a Demo openBIM project
IfcObjectType	DEMO
SiteName	opensite
SiteDescription	opensite description
SiteLandTitleNumber	2022
SiteCoverageRatio	50.000000
SiteLongName	long opensite
SiteObjectType	opensite demo
Route Analysis	
Route Analysis Settings	Edit...
Other	
Project Issue Date	01.01.2021
Project Status	Final Design
Client Name	Autodesk
Project Address	111 Mcinnis Pkwy
Project Name	Autodesk openBIM project
Project Number	0001

Result in IFC:

Browser Toolbar: 0001, opensite, openBIM building, Level 1

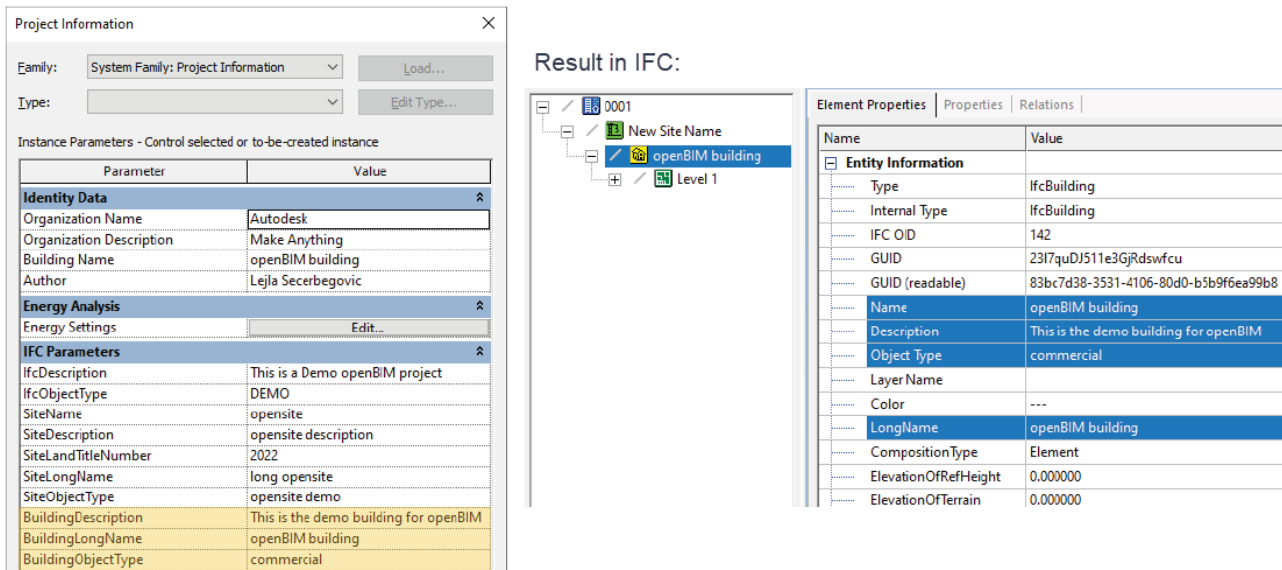
Property Toolbar: Element Properties | Properties | Relations

Name	Value
Entity Information	
Type	IfcSite
Internal Type	IfcSite
IFC OID	189
GUID	23f7quDU511e3GjRdswfcs
GUID (readable)	83bc7d38-3531-4106-80d0-b5b9f6ea99bb
Name	opensite
Description	opensite description
Object Type	opensite demo
Layer Name	
Color	
LongName	long opensite
CompositionType	Element
RefLatitude	N 42° 21' 31.1819"
RefLongitude	W 71° -3' -24.-263"
RefElevation	0.000000
LandTitleNumber	2022
North Direction (GeometricRepr...	0.00
MapConversion (GeometricRepr...	

Figura 39 – Esempio IfcSite

IfcBuilding

Il terzo contenitore è anche il primo contenitore spaziale, che rappresenta l'edificio ed è definito anche nelle informazioni sul progetto. È possibile aggiungere altre proprietà supportate dal file dei parametri condivisi cercando le proprietà quali `BuildingDescription`, `BuildingLongName` e `BuildingObjectType` che iniziano con "Building" e aggiungendole alla categoria delle Informazioni sul Progetto così come in Figura 40.



The image displays two screenshots from the Revit software interface. On the left is the 'Project Information' dialog box, which is used to define the project's metadata. It includes fields for Family, Type, and Instance Parameters. The Instance Parameters section is expanded to show 'IFC Parameters', which are used to map Revit parameters to IFC properties. The parameters shown are:

Parameter	Value
Identity Data	
Organization Name	Autodesk
Organization Description	Make Anything
Building Name	openBIM building
Author	Lejla Secerbegovic
Energy Analysis	
Energy Settings	Edit...
IFC Parameters	
IfcDescription	This is a Demo openBIM project
IfcObjectType	DEMO
SiteName	opensite
SiteDescription	opensite description
SiteLandTitleNumber	2022
SiteLongName	long opensite
SiteObjectType	opensite demo
BuildingDescription	This is the demo building for openBIM
BuildingLongName	openBIM building
BuildingObjectType	commercial

On the right is the 'Result in IFC' window, which shows the IFC model structure and the properties of the selected element. The tree view shows a hierarchy starting with '0001' (New Site Name), followed by 'openBIM building' (selected), and 'Level 1'. The 'Element Properties' table shows the following properties for the 'openBIM building' element:

Name	Value
Entity Information	
Type	IfcBuilding
Internal Type	IfcBuilding
IFC OID	142
GUID	2317quDJ511e3GjRdswfcu
GUID (readable)	83bc7d38-3531-4106-80d0-b5b9f6ea99b8
Name	openBIM building
Description	This is the demo building for openBIM
Object Type	commercial
Layer Name	
Color	---
LongName	openBIM building
CompositionType	Element
ElevationOfRefHeight	0.000000
ElevationOfTerrain	0.000000

Figura 40 – Esempio IfcBuilding

IfcBuildingStorey

Il quarto contenitore equivale ai piani effettivi dell'edificio e ospita gli elementi di costruzione, come muri o arredi. Dal momento che Revit spesso include molti livelli di riferimento che non rappresentano la struttura dell'edificio, nelle proprietà di ciascun livello è presente l'opzione "Piano Edificio", che definisce se il livello verrà esportato o meno. Se questa opzione è attivata, il livello verrà esportato in IFC. In caso contrario, verrà ignorato. Gli elementi che in Revit sono assegnati ad un piano che non corrisponde ad un piano dell'edificio vengono assegnati automaticamente al piano immediatamente inferiore. Se non esiste un piano immediatamente inferiore, vengono assegnati al piano immediatamente superiore. Ogni progetto deve avere almeno un Piano Edificio.

Tipo IFC

Tipo IFC è un tipo di entità IFC che raggruppa gli elementi del modello IFC in una struttura gerarchica, rappresentata dalla struttura ad albero nel progetto IFC. Quando un modello viene esportato in formato IFC, a ciascuno dei suoi elementi ed entità viene assegnato un Tipo IFC.

Tipo di prodotto IFC

Un Tipo di prodotto IFC definisce un particolare stile/tipo di altre entità correlandosi con esse tramite Attributi e Proprietà IFC comuni.

Contenitore IFC

Il contenitore IFC (oggetto che mette in relazione gli IfcRelAggregates) è un'entità IFC che non ha una sua geometria dei corpi, che contengono tutti i dati relativi alla geometria e alla struttura.

Attributi IFC

Gli Attributi IFC sono i principali identificatori delle Entità IFC. I nomi degli Attributi IFC sono fissi, essendo stati definiti da BuildingSMART nel contesto del codice standard IFC. La maggior parte di questi nomi di Attributo IFC sono derivati dal progetto.

- GlobalId: Identificatore Globale Univoco nel modello IFC
- Nome: il suo valore 'predefinito di fabbrica', (Name)
- Descrizione: un testo descrittivo opzionale. (Description)
- Tipo oggetto: un testo opzionale per la definizione del sottotipo di un elemento o per aggiungere ad esso informazioni sul tipo. (ObjectType)

Alcuni attributi sono stati già elencati nei IfcProject, IfcSite e IfcBuilding, altri si vedranno poi negli spazi e zone.

Assegnazioni IFC

Le Assegnazioni IFC (IfcRelAssigns) definiscono la relazione tra gli elementi del progetto. Ciascun tipo di assegnazione può avere un suo proprio Attributo IFC. I principali tipi di assegnazione dello standard IFC sono i seguenti:

- Gruppo IFC (IfcGroup): usare questo per raggruppare assieme tutti gli elementi del progetto (elemento edilizio, piano ecc.). Il raggruppamento per gerarchia multilivello è disponibile per le assegnazioni IfcGroup.

- Zona IFC (IfcZone): usare questo per raggruppare gli elementi IfcSpace. Il raggruppamento per gerarchia multilivello è disponibile anche per le assegnazioni IfcZone.
- Sistema IFC (IfcSystem): usare questo per raggruppare qualsiasi elemento del progetto (specialmente gli elementi MEP) in un sistema gerarchico, usando i sistemi definiti del Modellatore MEP.

Descritti questi concetti base per capire il senso della gerarchia, si analizzano ora le 3 entità a cui si associano i parametri necessari per la verifica del DGR.[27]

IfcSpace

Un IfcSpace (spazio) rappresenta un'area (locale) o un volume (vano) delimitato effettivamente o teoricamente. Gli spazi fanno parte degli Elementi spaziali e forniscono determinate funzioni all'interno di un edificio. Uno spazio è associato ad un piano dell'edifici, ma può estendersi su più spazi collegati. Per gli spazi vengono utilizzati gli attributi IfcName (Nome), IfcDescription (Descrizione) e IfcObjectType (Tipo di oggetto), dove:

- IfcName contiene il nome univoco dello spazio del piano.
- IfcDescription contiene qualsiasi campo informativo aggiuntivo specificato dall'utente.
- ObjectType contiene il tipo di spazio, ovvero solitamente la categoria funzionale dello spazio.

IfcZone

Un IfcZone (zona) è un gruppo di IfcSpace o altre zone per definire un'area di un edificio. Questi spazi possono essere adiacenti o meno. Una zona non ha una propria rappresentazione della forma. Gli IfcSpace sono raggruppati in una IfcZone utilizzando la relazione oggettivata IfcRelAssignsToGroup come specificato nel tipo IfcGroup. Per le zone vengono utilizzati gli attributi ZoneName (Nome zona), ZoneLongName (Nome lungo zona), ZoneDescription (Descrizione zona) e ZoneObjectType (Tipo di oggetto zona), dove:

- ZoneName contiene il nome univoco della zona del piano.
- ZoneLongName contiene il nome quando è presente un codice per ZoneName.
- ZoneDescription contiene qualsiasi campo informativo aggiuntivo specificato dall'utente.
- ZoneObjectType contiene il tipo di zona, ovvero solitamente la sua categoria funzionale.

IfcGroup

L'*IfcGroup* (gruppo) è una generalizzazione di qualsiasi gruppo arbitrario. Un gruppo è una raccolta logica di oggetti. Pertanto, un gruppo è un'aggregazione sotto alcuni aspetti di raggruppamento non geometrici/topologici. Esso viene considerato come un raggruppamento di *IfcZone*. Per il gruppo di zone viene utilizzato l'attributo *ZoneGroupName* che indica il nome al gruppo.

È possibile riassumere in Figura 41 la gerarchia fornita da BuildingSMART per queste 3 entità utilizzate per questo lavoro di tesi, dove all'interno degli *IfcZone* sono presenti gli *IfcSpace*.

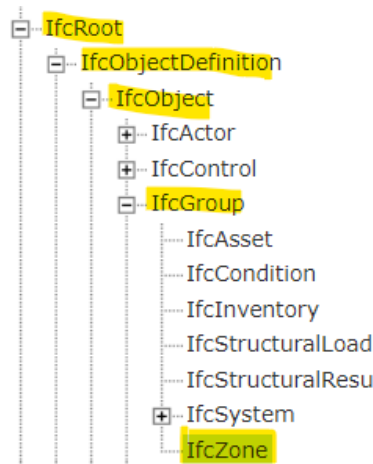


Figura 41 – Gerarchia da Building SMART

Presentate le entità e la loro gerarchia, ora si illustra come si modellano queste tre entità nel Revit e quali parametri vanno li si associano. In Revit, per creare un *IfcSpace*, occorre creare un “Locale”. Infatti, è a quest'ultimo che è possibile associare i parametri condivisi *IfcName*, *IfcDescription* e *IfcObjectType*. Tramite il comando (1), si vanno a creare i locali per ogni stanza presente nella pianta.

Invece, per creare le *IfcZone* in Revit, sono disponibili due metodi, uno per gli spazi MEP e l'altro per le “room” (stanze/locali). Per creare *IfcZone*, occorre aggiungere il parametro di testo condiviso “*ZoneName*” alla categoria “Locali” di Revit, così che si può specificare il nome della zona a cui appartiene il locale. Revit creerà quindi una *IfcZone* per ciascun valore univoco “*ZoneName*” e vi assocerà tutte le stanze con tale valore. Non importa in quale gruppo di parametri si trova il parametro “*ZoneName*”, ma se non si vuole che venga esportato separatamente, si inserisca nel gruppo di

parametri "Parametri IFC". Inoltre, i parametri condivisi ZoneLongName, ZoneObjectType e ZoneDescription possono essere utilizzati per impostare il tipo di oggetto e la descrizione di un IfcZone durante l'esportazione, che per impostazione predefinita non sono impostati. I parametri condivisi devono essere descritti una sola volta per zona.

Per avere questi parametri condivisi occorre caricare su Revit questi due file.txt presenti quando si scarica il software:

- IFC Shared Parameters-RevitIFCBuiltIn_ALL.txt

- IFC Shared Parameters-RevitIFCBuiltIn-Type_ALL.txt

Realizzati IfcSpace e IfcZone, si aggiungono i parametri tramite il passaggio (2). In Figura 42 sono rappresentate le proprietà di un parametro, mentre in Figura 42 sono elencati tutti i parametri aggiunti.

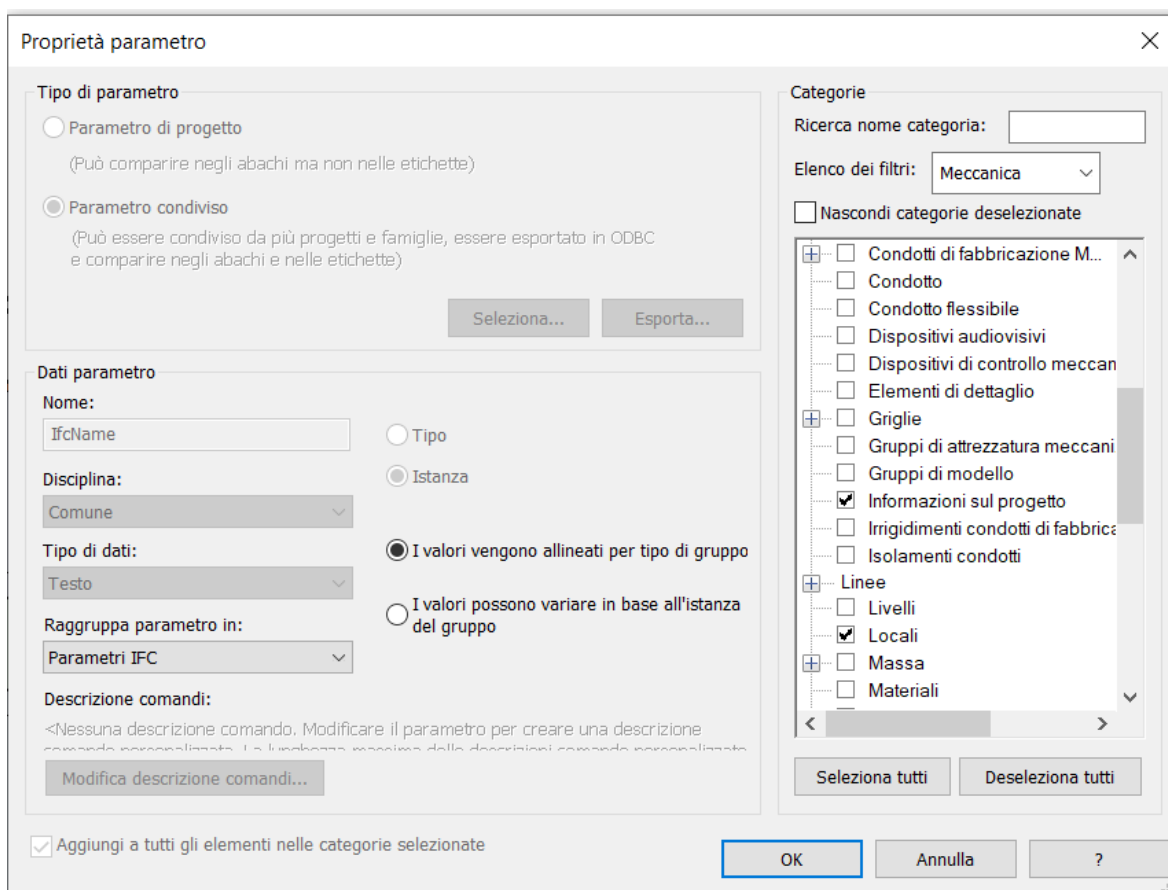


Figura 42 – Proprietà di parametro

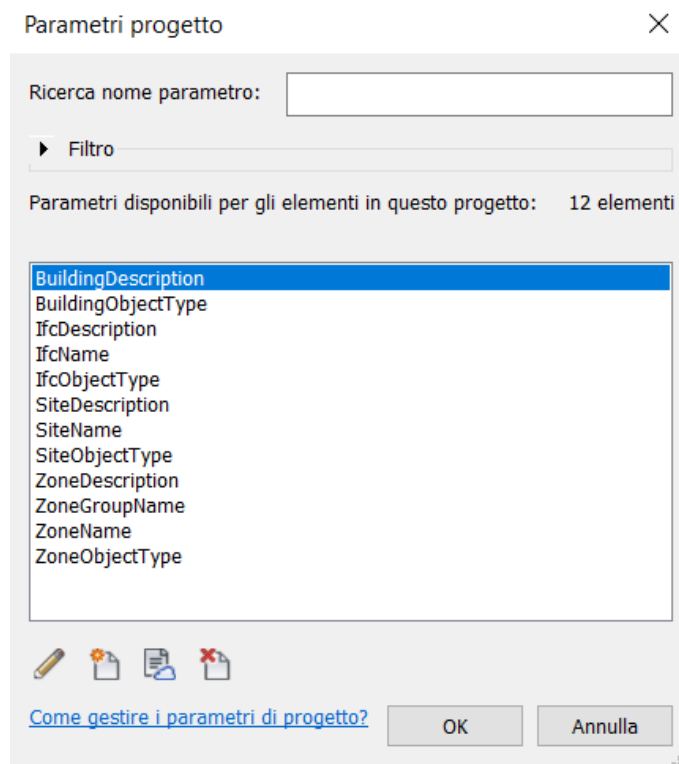


Figura 43 - Lista parametri di progetto

Revit non prevede il concetto di zone architettoniche come per gli spazi con il comando “Locale”. Tuttavia, è possibile esportare IfcZone utilizzando i parametri condivisi della stanza, che possono raggruppare le stanze in zone.

Seguendo le procedure analizzate finora, si sono andati ad assegnare ad ogni stanza ed insieme di stanze dei parametri condivisi di IfcSpace e IfcZone.

Nella Figura 44 si può notare un esempio dei parametri assegnati alla stanza “Vano Scale”, in Figura 45 l’esempio della pianta del reparto Day-Hospital completa di tutti i locali e in Figura 46 l’abaco dei parametri degli spazi e zone assegnati.

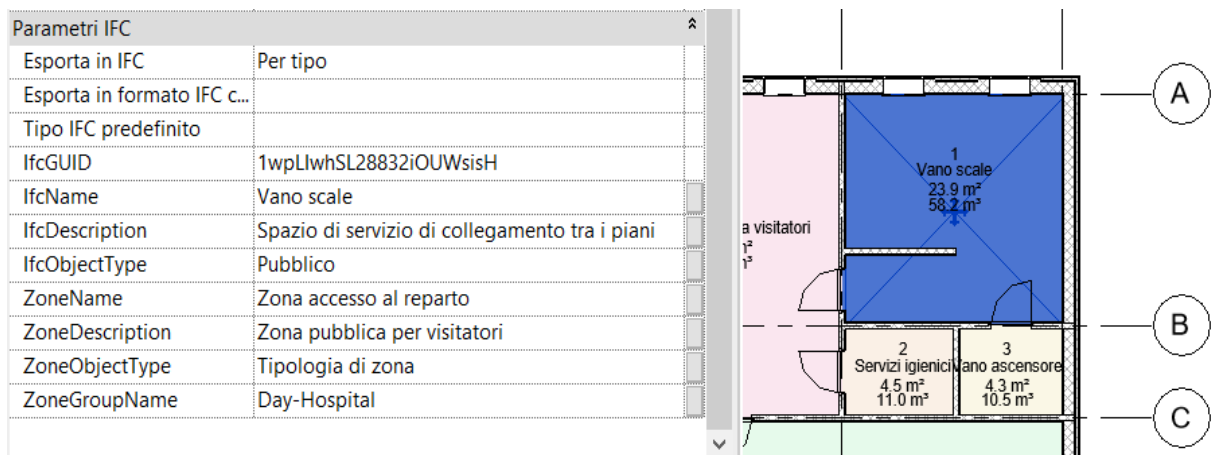


Figura 44 – Esempio Ifcspaze e ifczone locale

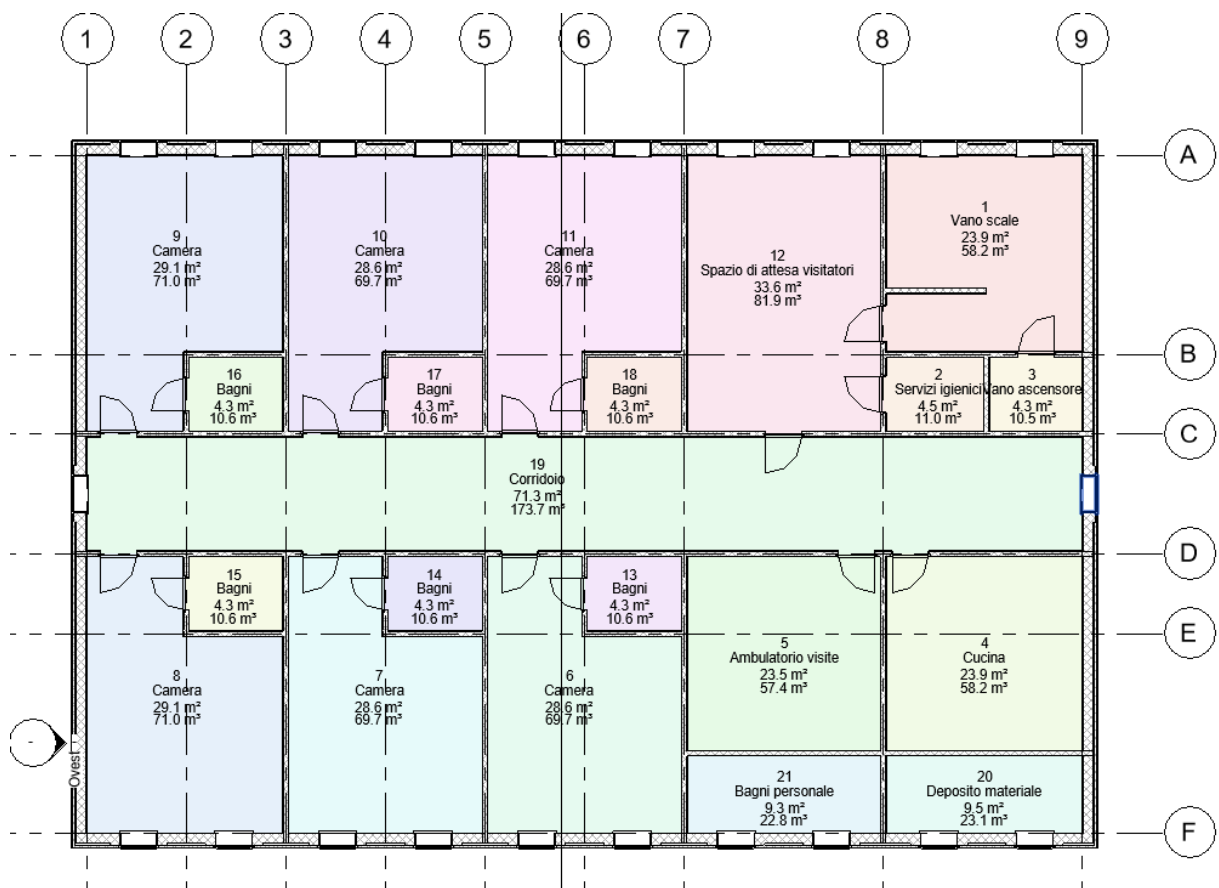


Figura 45 – Pianta edificio esempio ospedale

<Pset_Abaco spazi e zone reparto day hospital>						
A	B	C	D	E	F	G
IfcName	IfcDescription	IfcObjectType	ZoneName	ZoneDescription	ZoneObjectType	ZoneGroupName
Ambulatorio visite	Spazio per visite ai pazienti	Privato	Zona stanze operatori sanitari	Zona privata di lavor	Tipologia di zona	Day-Hospital
Area attesa	Spazio di attesa per visitatori	Pubblico	Zona area accoglienza	Zona pubblica per vi	Tipologia di zona	Day-Hospital
Bagni 1	Spazio di servizi igienici per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Bagni 2	Spazio di servizi igienici per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Bagni 3	Spazio di servizi igienici per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Bagni 4	Spazio di servizi igienici per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Bagni 5	Spazio di servizi igienici per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Bagni 6	Spazio di servizi igienici per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Bagni personale	Spazio per personale	Privato	Zona stanze operatori sanitari	Zona privata di lavor	Tipologia di zona	Day-Hospital
Bagni visitatori	Spazio di servizi igienici per visitatori	Pubblico	Zona area accoglienza	Zona pubblica per vi	Tipologia di zona	Day-Hospital
Camera 1	Spazio di comfort e riposo per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Camera 2	Spazio di comfort e riposo per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Camera 3	Spazio di comfort e riposo per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Camera 4	Spazio di comfort e riposo per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Camera 5	Spazio di comfort e riposo per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Camera 6	Spazio di comfort e riposo per pazienti	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Corridoio	Spazio di servizio di collegamento tra stanze	Privato	Zona stanze pazienti	Zona privata ad acc	Tipologia di zona	Day-Hospital
Cucina	Spazio per la realizzazione dei pasti ai pazienti	Privato	Zona stanze per addetti ai pasti	Zona privata di lavor	Tipologia di zona	Day-Hospital
Deposito materiale	Spazio per personale	Privato	Zona stanze per addetti ai pasti	Zona privata di lavor	Tipologia di zona	Day-Hospital
Vano ascensore	Spazio di servizio di collegamento tra i piani	Pubblico	Zona accesso al reparto	Zona pubblica per vi	Tipologia di zona	Day-Hospital
Vano scale	Spazio di servizio di collegamento tra i piani	Pubblico	Zona accesso al reparto	Zona pubblica per vi	Tipologia di zona	Day-Hospital

Figura 46 – Abaco con parametri riguardanti spazi e zone

Ora si esportano questi parametri IFC su BimVision per verificare se l'informazione del formato IFC risultano uguali a Revit.

3.1.2 Esportazione in un file IFC da Revit

L'impostazione di esportazione più importante è costituita dal corretto mappaggio delle categorie di Revit alle classi IFC. Questa operazione viene eseguita mediante una comune tabella di mappaggio, generalmente presente come "exportlayers-ifc-IAI.txt" nella directory "C:\ProgramData\Autodesk\RVT2024" (Figura 47). Per modificare questa tabella di mappaggio dall'interfaccia utente di Revit, selezionare la voce di menu: *File -> Esporta -> Opzioni -> Opzioni IFC*. [20]

Successivamente, se occorre, è possibile caricare una nuova tabella di mappaggio.

È possibile accedere alla finestra di dialogo di esportazione IFC in Revit facendo clic su: *File -> Esporta -> IFC*. La finestra "Esporta IFC" permette di selezionare direttamente tutte le definizioni vista modello (MVD) incorporate, la versione IFC in cui esportare il file e la possibilità di selezionare i progetti aperti, non solo quello attivo, da esportare. È inoltre possibile modificare le impostazioni di esportazione selezionando "Modifica configurazione". Il tutto è rappresentato in Figura 48.

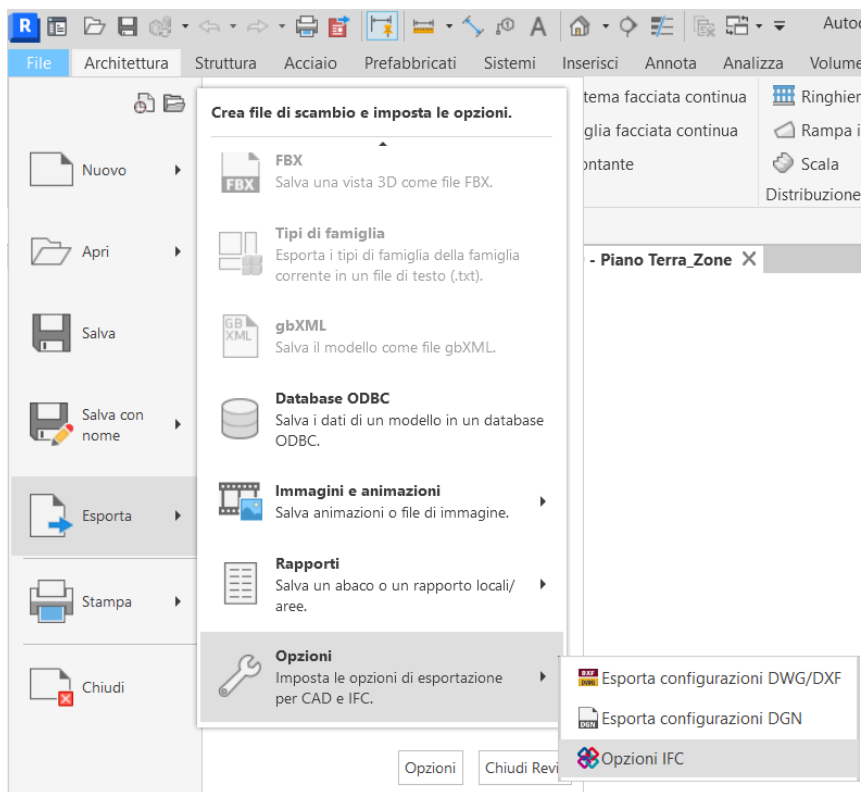


Figura 47 – Passaggi per tabella di mappaggio IFC

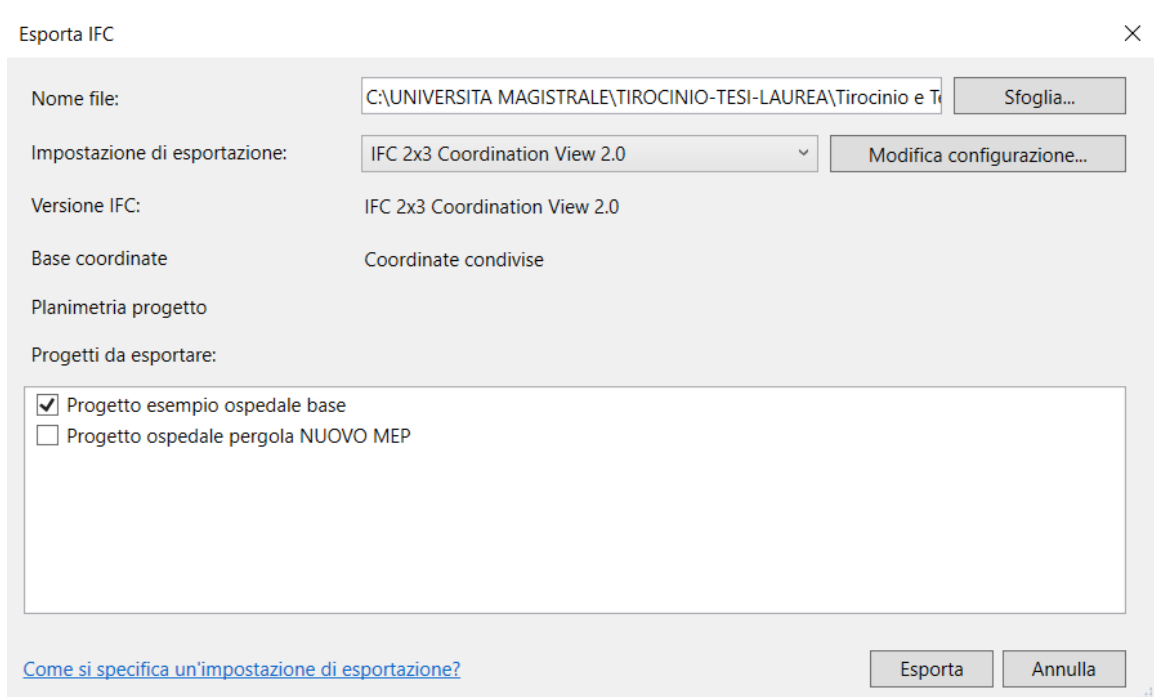


Figura 48 – Esporta IFC

Su “Modifica configurazione” è possibile scegliere i “Gruppi di proprietà” da esportare. I gruppi di proprietà veicolano le informazioni definite nel modello e sono quindi l’impostazione di esportazione più importante (Figura 49). In questa tesi si è scelto di esportare tramite l’opzione “Esporta gruppi di proprietà definiti dall’utente” che è l’equivalente dell’esportazione degli abachi come gruppi di proprietà, con la differenza che viene utilizzato un file di testo come file di configurazione e che quindi è possibile condividerlo con progettisti che non utilizzano lo stesso software Revit ed avere le stesse proprietà di esportazione. Il file modello di default si trova in: *C:\ProgramData\Autodesk\ApplicationPlugins\IFC\20xx.bundle\Contents\20xx\DefaultUserDefinedParameterSets*

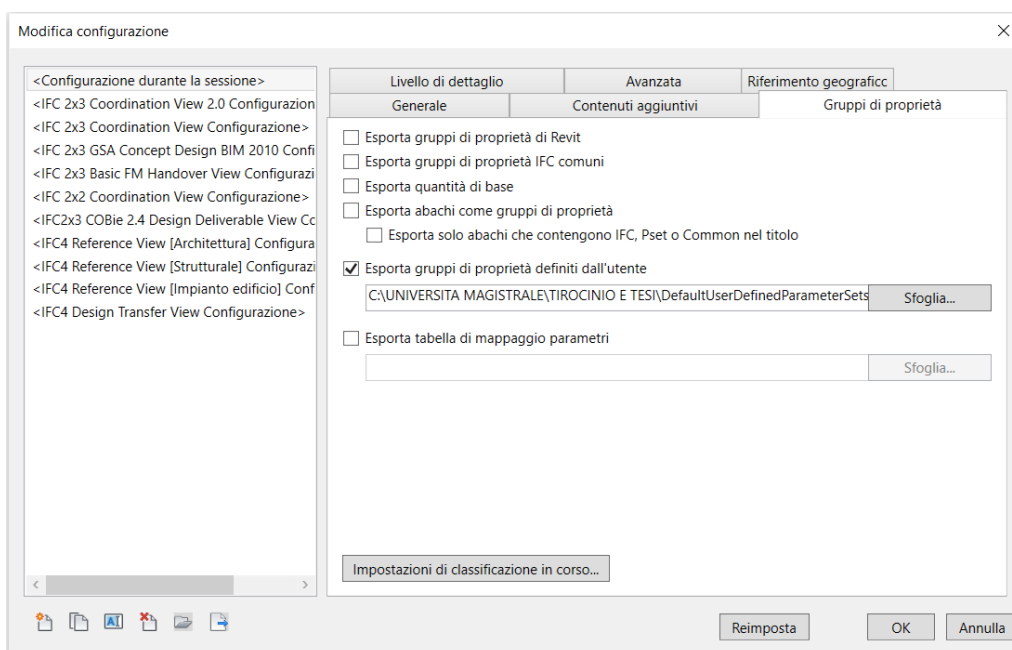


Figura 49 - Esportazione gruppi di proprietà definiti dall’utente

Il file “DefaultUserDefinedParameterSets” è un file testo di configurazione (.txt) avente un’intestazione di base come in Figura 50.

```
#
# User Defined PropertySet Definition File
#
# Format:
#   PropertySet:      <Pset Name>      I[nstance]/T[ype]      <element list separated by ', '>
#   <Property Name 1>  <Data type>      <[opt] Revit parameter name, if different from IFC>
#   <Property Name 2>  <Data type>      <[opt] Revit parameter name, if different from IFC>
#   ...
```

Figura 50 - File .txt intestazione Pset

Per iniziare a modificare il nuovo Pset, bisogna modificare tutti i valori compresi tra <>.

- <Pset Name>: nome del Pset. Non usare Pset_ come prefisso perché è riservato ai Pset IFC standard.
- I[instance]/T[type]: utilizzato per specificare le proprietà di istanza o tipo, obsoleto nella versione corrente perché la selezione viene effettuata automaticamente. Utilizzare I o T.
- <element list separated by ‘,’>: è la posizione in cui sono elencate una o più classi IFC per cui questo Pset verrà applicato, ad esempio IfcWall, IfcSpace, IfcZone. Se il Pset deve essere applicato a tutti gli elementi, utilizzare elementi di costruzione di entità (IfcBuildingElement) immediatamente superiori.
- <Property Name>: nome della proprietà visualizzato in Revit
- <Data type>: i tipi di dati IFC supportati sono elencati nel file del modello. I più usati sono testo, intero, reale, lunghezza, volume, booleano.
- <[opt] Revit parameter name, if different from IFC> è un campo facoltativo e può essere omissso se il nome della proprietà di Revit deve essere utilizzato anche per la proprietà di IFC. Se la proprietà di IFC deve avere un nome diverso, è possibile immetterlo qui.

Dopodiché si può iniziare ad aggiungere le proprietà desiderate da esportare che in questo caso sono i parametri condivisi; quindi, specificare il nome della proprietà e il tipo di dati nel file IFC, così come illustrato in Figura 51.

PropertySet:	Pset ospedale	I	IfcSpace,IfcZone
	IfcName	Testo	
	IfcDescription	Testo	
	IfcObjectType	Testo	
	ZoneName	Testo	
	ZoneDescription	Testo	
	ZoneObjectType	Testo	
	ZoneGroupName	Testo	

Figura 51 – File .txt pset esempio ospedale

Dopo aver creato il file .txt ed averlo aver selezionato su “Gruppi di Proprietà” come in Figura 52, si esporta il file Revit di esempio si crea il file IFC. Aprendo il file IFC su BIMvision si può osservare come la gerarchia viene mantenuta e ad ogni stanza è assegnata il suo spazio (IfcSpace), sotto-reparto (IfcZone) e reparto (IfcGroup) corretto. È riportato in Figura 53 un esempio del locale “Vano scale”,

in cui si visualizza sotto la voce “Pset ospedale” tutti i parametri condivisi assegnati agli spazi e zone con tutti i valori uguali al Revit.

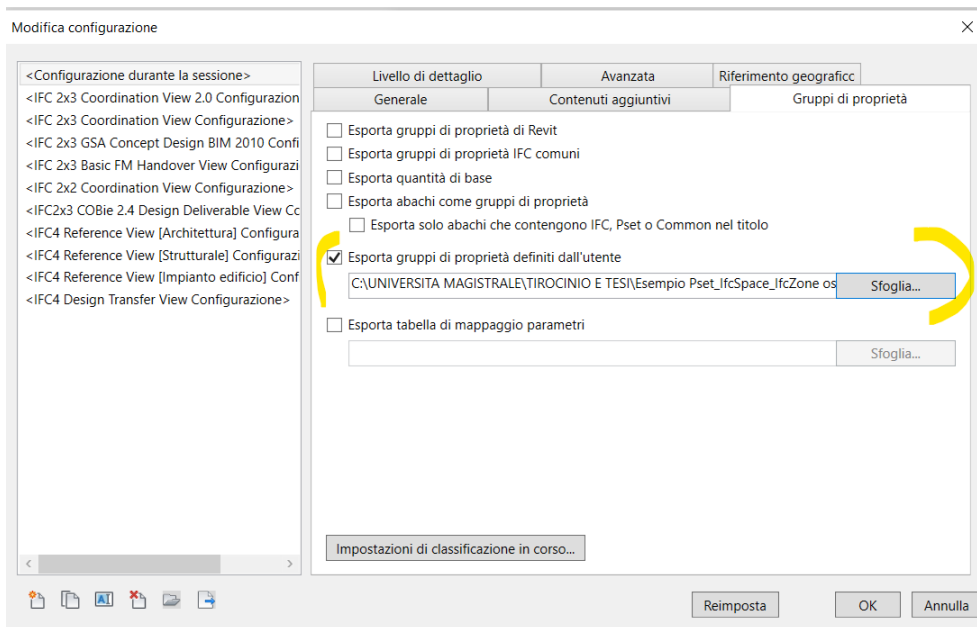


Figura 52 – Esportazione tramite Pset esempio ospedale

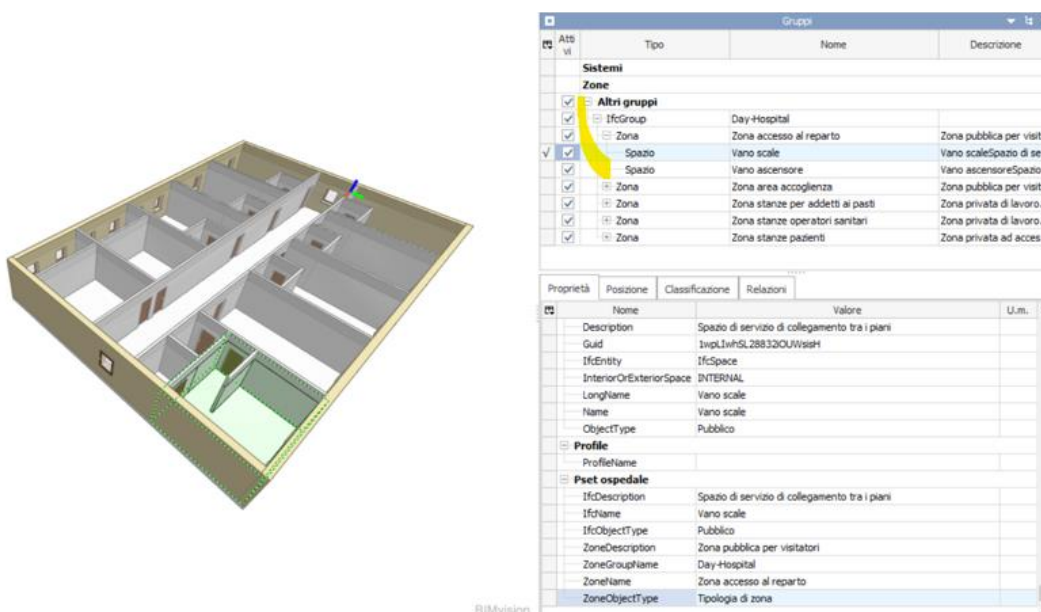


Figura 53 – Esempio esportazione Pset su BIMVision

Si passa ora a visualizzare come effettuare la modellazione degli impianti ed esportare le informazioni in un file IFC.

3.2 Modellazione dei sistemi impiantistici

Dal punto di vista impiantistico, il DGR prevede dei requisiti minimi impiantistici che seguono delle prescrizioni precise in base all'impianto. Ad esempio, per il sistema di ventilazione meccanica preso in esame nel caso di studio, occorre valutare quattro parametri che sono: temperatura interna estiva, temperatura interna invernale, umidità relativa e cambiamenti d'aria all'ora (vedi par. 4.3). Un esempio di richieste di requisiti minimi impiantistici è illustrato in Figura 54, dove solo elencati i requisiti del reparto Day Hospital.

REQUISITI MINIMI IMPIANTISTICI		
N.P.	REQUISITO	RISPOSTA
	Sono presenti:	
18	impianto di illuminazione di emergenza	certificazione impianto e verifica visiva
19	luci di sicurezza nelle camere e nei bagni	verifica visiva
20	impianto di alimentazione elettrica di sicurezza	certificazione impianto e verifica visiva
21	prese elettriche a posto letto (almeno 3)	
22	impianto fonia/dati	certificazione impianto e verifica visiva
23	presa forza motrice per apparecchiature portatili di radiologia	verifica visiva
24	impianto di chiamata con segnalazione acustica e luminosa per ogni posto letto	verifica visiva
25	impianto del vuoto e di distribuzione dei gas medicali con segnalazione ottica ed acustica di anomalie dell'impianto (almeno una presa per ossigeno, vuoto, per posto letto)	certificazione impianto e verifica visiva
26	<p>impianto di condizionamento ambientale che assicuri nei locali di attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> - una temperatura interna dell'aria compresa tra 20 – 22 °C nel periodo invernale - una temperatura interna dell'aria compresa tra 26-28 °C nel periodo estivo - una umidità relativa compresa tra 40-60% - un ricambio aria/ora (aria esterna senza ricircolo) di 2 v/h <p><i>Nota: per le strutture già in esercizio presenza di un croprogramma di adeguamento che si sviluppa in un arco temporale di 10 anni</i></p>	certificazione impianti a firma di tecnico abilitato o dichiarazione di rispondenza (DiRi) e valutazione visiva

Figura 54 – Esempio requisiti minimi strutturali da DGR

Per verificare questi requisiti bisogna assegnare dei parametri di progetto ai vani e al sistema impiantistico. Si va a, dunque, prima a descrivere questi due elementi

Vani (IfcSpace)

I vani sono simili ai locali ma utilizzati esclusivamente per le analisi dei volumi e dei carichi di riscaldamento e raffreddamento nelle discipline MEP in quanto contengono i parametri che mantengono informazioni sulle aree in cui sono stati posizionati. Questo permetterà di estrapolare le informazioni richieste dai requisiti minimi impiantistici. A livello di entità e gerarchia il vano si comporta come uno IfcSpace. Per introdurre i vani, occorre prendere il modello architettonico e importarlo su un modello impiantistico in Revit MEP. Dopo avere eseguito i passaggi del comando (3) si ottiene la pianta come in Figura 55.

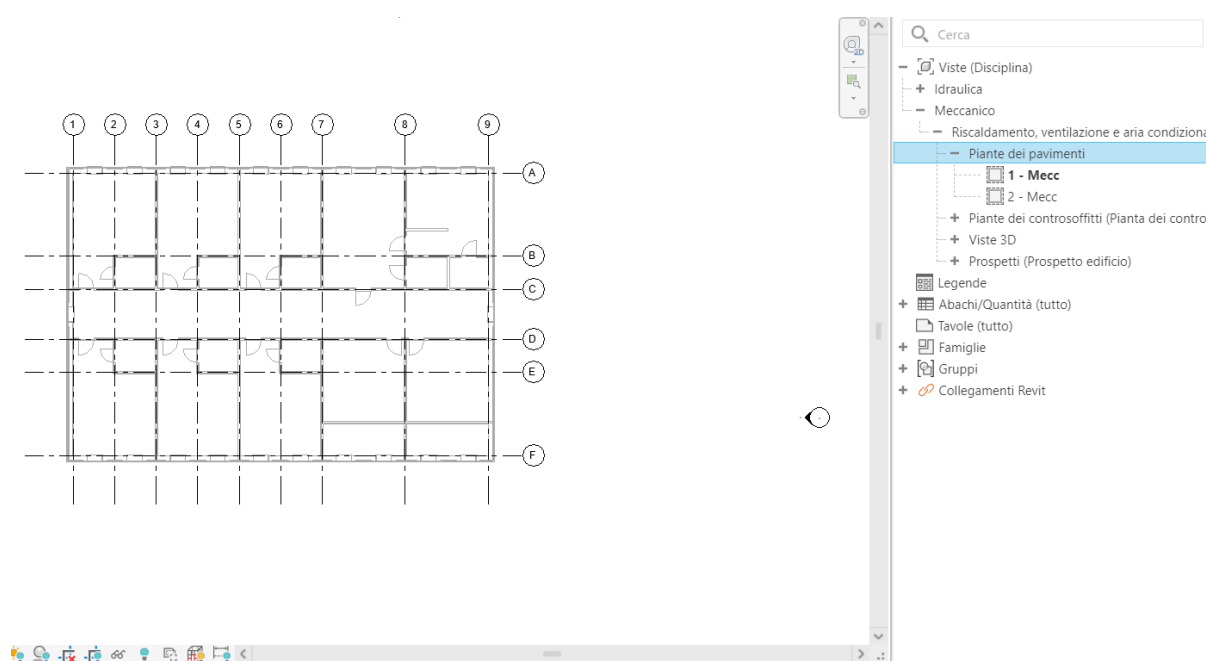


Figura 55 – Pianta esempio ospedale

Prima di posizionare i vani, si va a visualizzare all'interno della pianta i nomi dei locali del modello architettonico. In questo modo i nomi dei vani corrisponderanno ai nomi dei locali presenti nel modello architettonico. Per fare questo, esercitare i passaggi del comando (4). Ora si possono inserire i vani all'interno di ogni locale della pianta. Per fare questo si seguono i passaggi del comando (5) e dopo averli denominati con nome e numero, è possibile osservare il risultato in Figura 56.

Fatto questo passaggio, si può togliere la vista collegata con i nomi dei locali del progetto architettonico, lasciando solo i nomi dei vani rimettendo dalla Vista Grafica l'impostazione di visualizzazione "Da vista host" e spuntando "Sottostante".

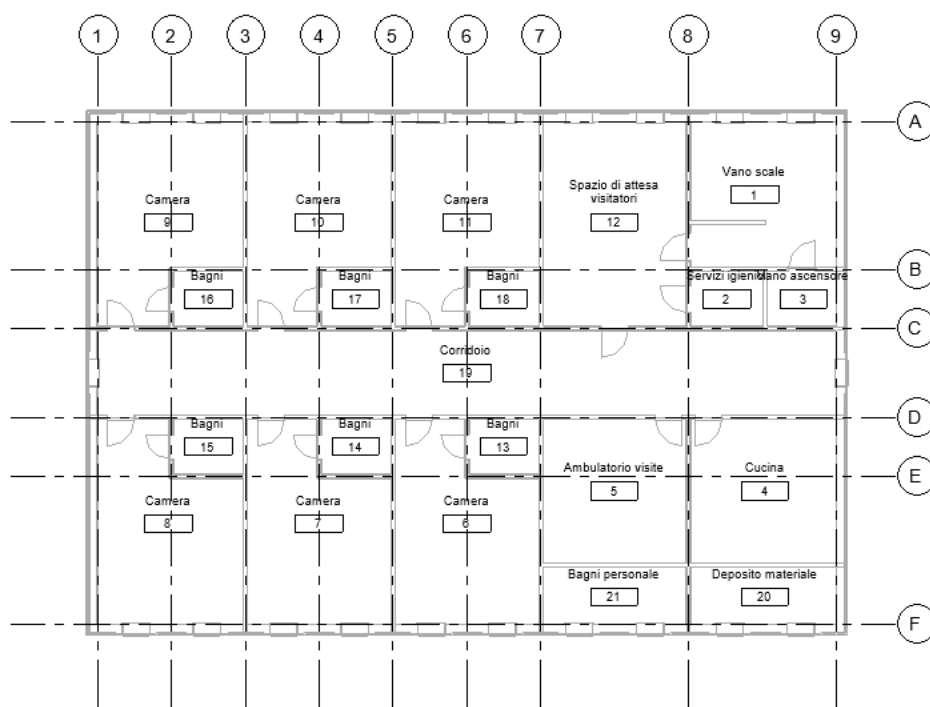


Figura 56 – Pianta esempio con vani

Zone MEP (IfcZone)

Il raggruppamento degli spazi MEP con zone HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) creerà un IfcZone nell'IFC esportato. È inoltre possibile esportare i parametri di queste zone HVAC nell'insieme di proprietà PSet_ZoneCommon o in qualsiasi altro nuovo insieme di proprietà. Realizzati i vani, si passa alla creazione di zone HVAC tramite il comando (6). Dopo aver creato 3 zone MEP è possibile differenziarle tramite uno schema colore realizzato tramite il comando (7) e si ottiene un risultato finale come in Figura 57.

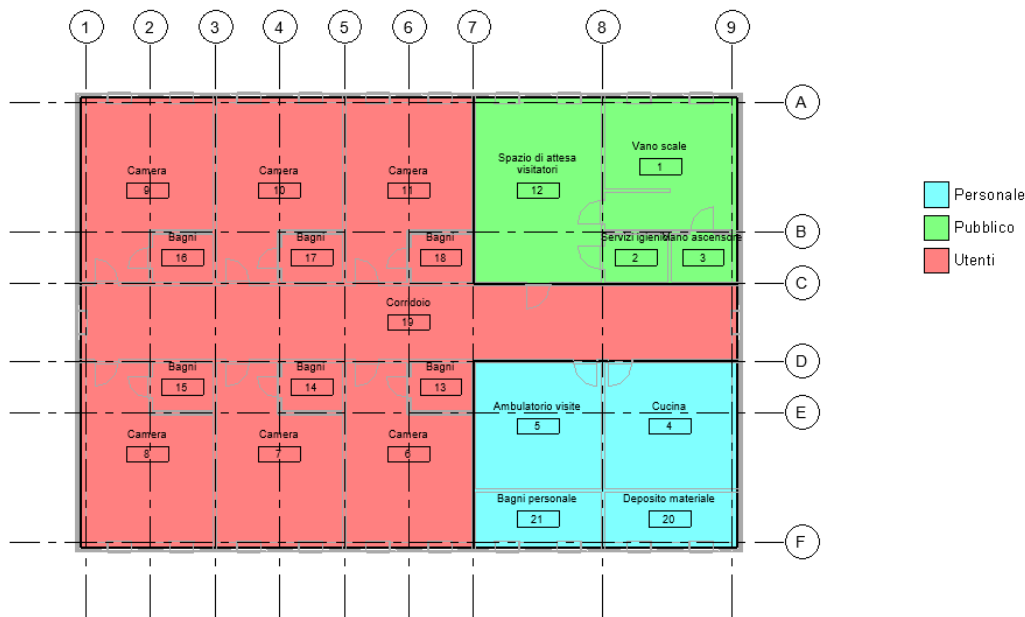


Figura 57 – Schema colori zone HVAC

La procedura di immissione dei parametri utili per la verifica del DGR e relativa esportazione è simile al par. 3.1 quindi viene omessa. Verrà ripresa nel par. 4.2 per il caso di studio.

Si passi ora alla modellazione del sistema HVAC tramite l'UTA (IfcSystem) e dei relativi terminali (IfcFlowTerminal).

Per la modellazione del sistema HVAC, si realizza un sistema meccanico UTA (Unità di Trattamento dell'Aria) che è una sezione specifica del sistema HVAC avente lo scopo di garantire una determinata qualità dell'aria all'interno degli edifici favorendo l'ingresso di un flusso d'aria esterno privo di eventuali elementi inquinanti quali polveri e pollini, così da regolare la temperatura, l'umidità e la qualità dell'aria all'interno degli edifici, che non sono altro che i parametri di verifica richiesti dal DGR nei requisiti minimi impiantistici generali per quanto riguarda l'impianto di condizionamento ambientale.

L'UTA è composta da due circuiti: quello di Mandata e quello di Ritorno (o Aspirazione).

Per realizzare un circuito di mandata si seguono i passaggi del comando (8). Così facendo si è introdotto l'unità alimentata da ventilatore parallelo, poi si introducono i bocchettoni nei vani tramite il comando (9). Posizionati i bocchettoni desiderati, selezionare i bocchettoni e VAV e poi con il comando (10) si crea il sistema condotto. Ci sono due modi per creare il condotto: o tramite "Disegna condotto" / "disegna condotto flessibile" (per muoversi su diversi livelli) oppure selezionando VAV e i bocchettoni è possibile selezionare "Genera Layout", e scegliendo tra le opzioni "Rete, Intersezione e Perimetro", scegliere la soluzione migliore del condotto, dove in blu è la linea principale e in verde la linea secondaria.

Fatto questo, si eseguono gli stessi passaggi per creare il circuito di Ritorno, con qualche variazione. Non occorre inserire una nuova VAV, il bocchettone da inserire è quello "M_Diffusore di ritorno" e il numero del circuito è "Meccanico Aria di ritorno 1". In Figura 58 viene illustrato il risultato del sistema UTA.

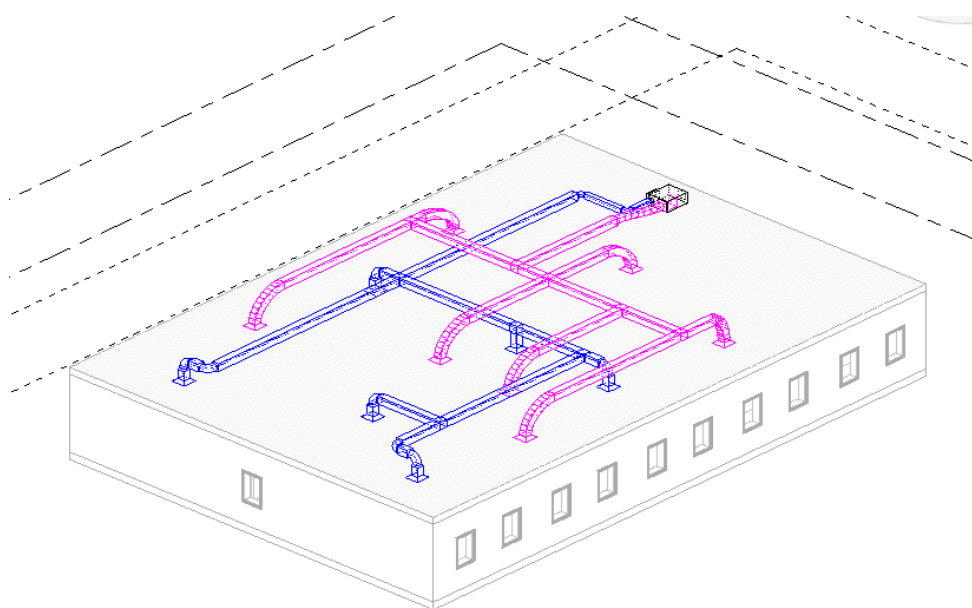


Figura 58 – Esempio sistema UTA

La gerarchia del sistema meccanico UTA e dei suoi circuiti è illustrato nel Browser di sistema, visualizzabile tramite il comando (11). La creazione della gerarchia del sistema nel Browser di sistema è rappresentata in Figura 59.

Sistemi	Flusso	Dimensione	Nome vano	Numero vano
Non assegnata (1 connettori)				
Meccanico (2 sistemi)				
Aria di mandata				
M_Unità VAV - Alimentata da v...	0.0 L/s	200		
Meccanico Aria di mandata...	235.0 L/s			
M_Diffusore mandata: ...	235.0 L/s	300 x 300	Corridoio	19
M_Diffusore mandata: ...	235.0 L/s	300 x 300	Camera	11
M_Diffusore mandata: ...	235.0 L/s	300 x 300	Camera	6
M_Diffusore mandata: ...	235.0 L/s	300 x 300	Camera	9
M_Diffusore mandata: ...	235.0 L/s	300 x 300	Corridoio	19
M_Diffusore mandata: ...	235.0 L/s	300 x 300	Camera	8
Aria di ritorno				
Meccanico Aria di ritorno 1	1175.0 L/s			
M_Diffusore di ritorno: Plac...	235.0 L/s	300 x 300	Ambulatorio visite	5
M_Diffusore di ritorno: Plac...	235.0 L/s	300 x 300	Camera	7
M_Diffusore di ritorno: Plac...	235.0 L/s	300 x 300	Bagni	14
M_Diffusore di ritorno: Plac...	235.0 L/s	300 x 300	Corridoio	19
M_Diffusore di ritorno: Plac...	235.0 L/s	300 x 300	Corridoio	19
M_Diffusore di ritorno: Plac...	235.0 L/s	300 x 300	Camera	10
M_Unità VAV - Alimentata ...	0.0 L/s	400 x 350		
M_Diffusore di ritorno: Plac...	235.0 L/s	300 x 300	Spazio di attesa visitatori	12

Figura 59 – Esempio Browser di sistema per il sistema UTA

Il prossimo passaggio è quello dell’esportazione delle informazioni dentro il Browser di sistema. Per esportare i dati del Browser di sistema, ed avere quindi avere una relazione tra vano ed impianto, ossia tra ambiente e terminale, occorre creare un nuovo Pset ed aggiungere dei parametri di progetto all’interno di Revit. Per prima cosa occorre creare dei parametri di progetto “Nome vano” e “Numero vano”, essi saranno dei parametri associati alla Categoria “Bocchettoni” e avranno le caratteristiche di Disciplina, Tipo di Dati e Raggruppamento presenti in Figura 60.

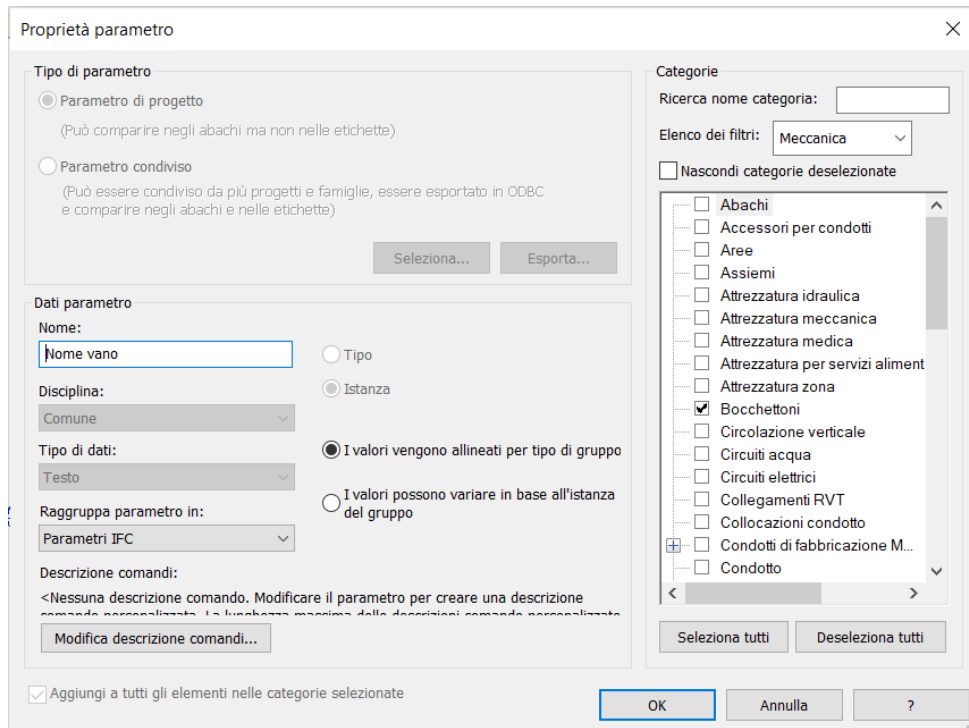


Figura 60 – Creazione parametri Nome vano e Numero Vano

Ora andando a selezionare ogni bocchettone dalla pianta si può osservare come sotto la voce “Parametri IFC” sono presenti questi due nuovi parametri. Essi saranno riempiti con il nome e il numero del vano di riferimento al bocchettone, così come in Figura 62.

Ora si realizza il Pset per l’exportazione in IFC, così come in Figura 61.

PropertySet:	Pset_MEPospedale	I	IfcSpace,IfcZone,IfcSystem,IfcFlowTerminal,IfcAirTerminal
Nome	Testo		
Numero	Testo		
Zona	Testo		
Tipo di vano	Testo		
Volume	Testo		
Nome vano	Testo		
Numero vano	Testo		
Nome sistema	Testo		

Figura 61– Esempio Pset MEP per exportazione

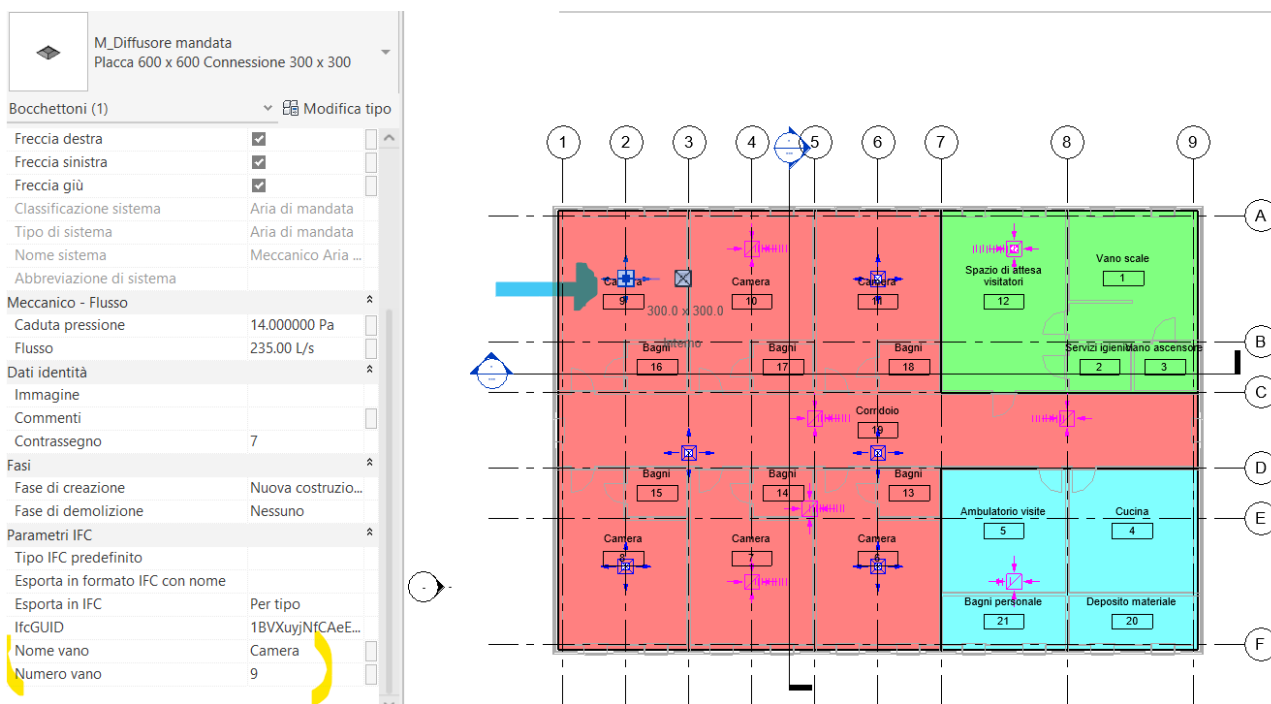


Figura 62 – Assegnazione parametri ai bocchettoni

Tramite le impostazioni viste nelle par. 3.1.2, si esporta il file in IFC. Si può osservare su BIMvision la relazione tra vano e impianto, andando a selezionare un qualsiasi terminale o vano. In particolare, in Figura 63, si nota sotto la sezione “Sistemi” come la gerarchia del Browser di sistema sia correttamente esportata e come selezionando un FlowTerminal di un circuito, sotto la voce Pset_MEPospedale, escono le informazioni relativi al bocchettone. In egual modo, in Figura 64, selezionando un vano, sotto la voce Pset_MEPospedale, si possono leggere le informazioni relative al vano.

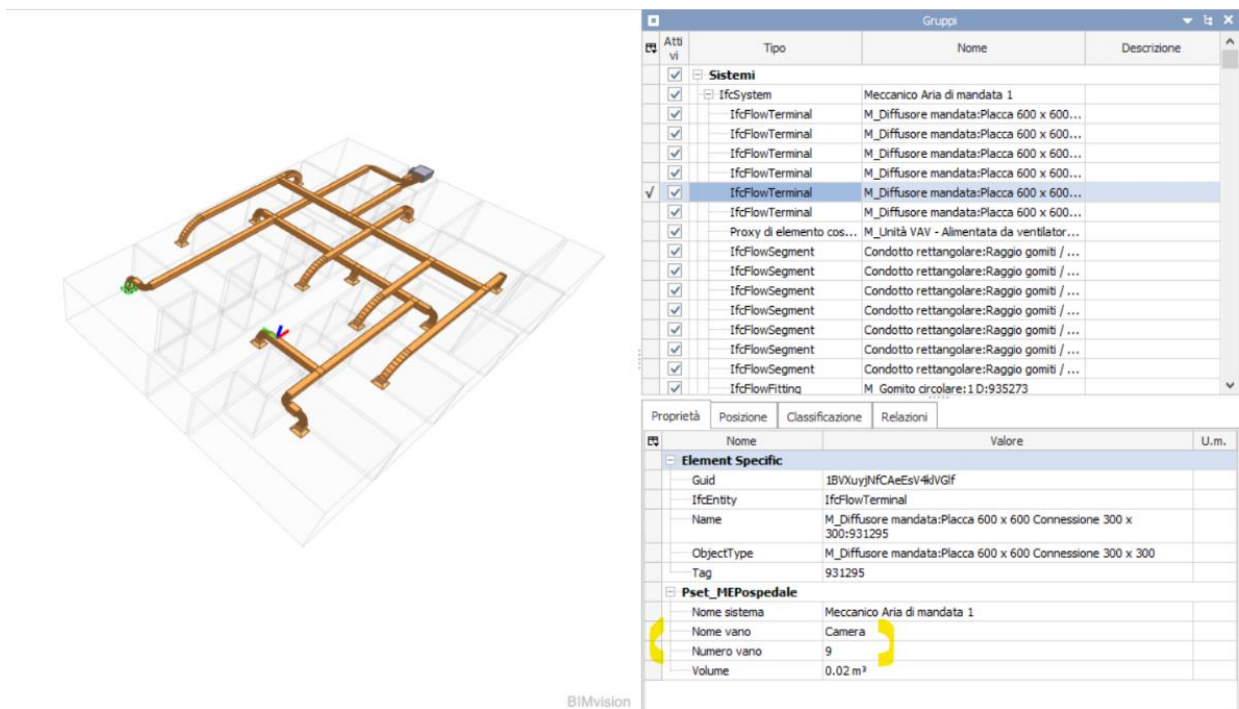


Figura 63 – Esportazione FlowTerminal su BIMvision

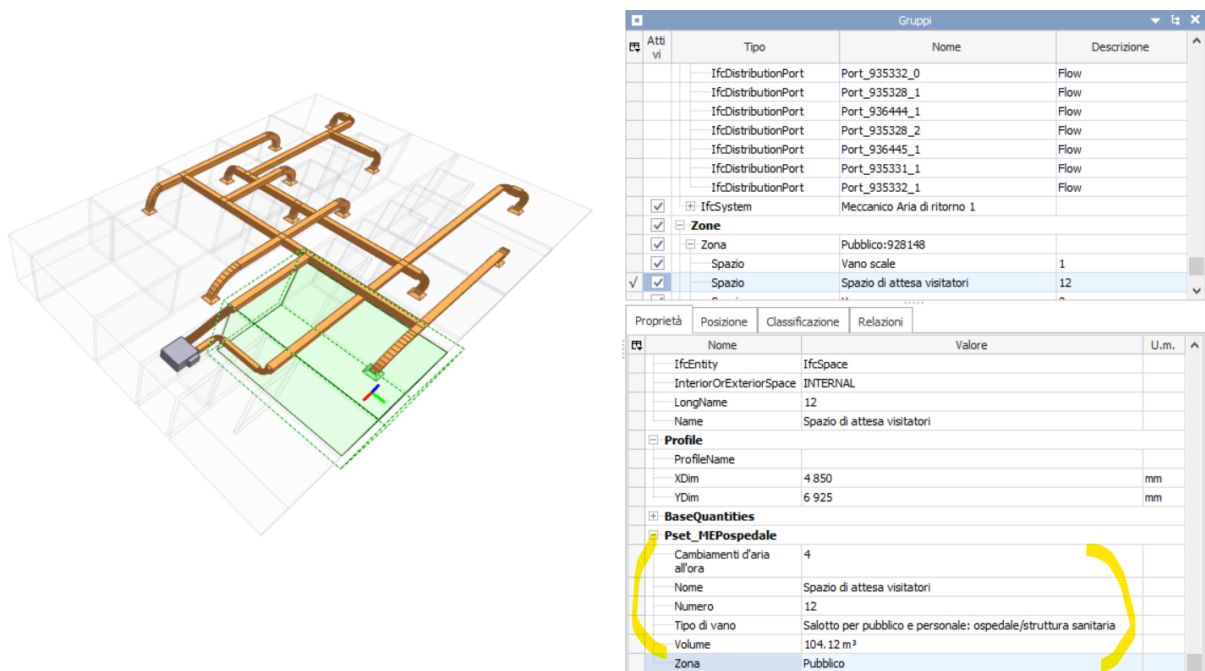


Figura 64 – Esportazione vano su BIMvision

3.3 Modalità di validazione dei DGR

In questo paragrafo si vede il processo di validazione su BPMN dettagliato del Model Checking (Figura 65), ossia come si interroga la piattaforma per trovare se sono stati trovati i parametri.

Sulla fase di validazione il committente, infatti, usa la piattaforma per controllare i requisiti e se è tutto presente nel progetto.

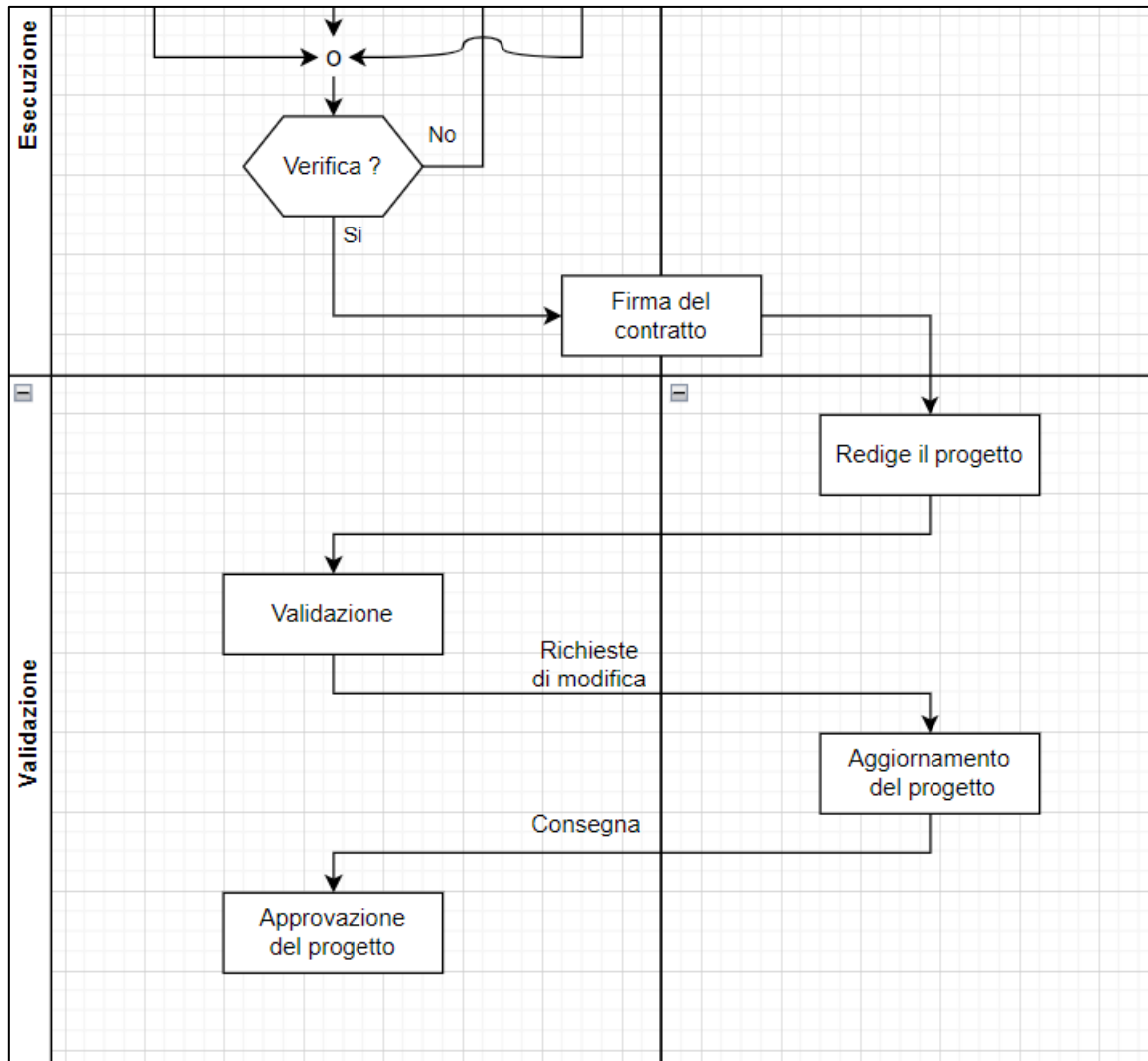


Figura 65 - Diagramma di flusso BPMN nelle fase di validazione

CAPITOLO 4: ANALISI DI UN CASO DI STUDIO

4.1 Ospedale di Pergola

Il caso di studio preso in esame è quello dello Stabilimento Ospedaliero San Donnino e San Carlo di Pergola (Figura 66). L'ospedale è situato in Via Giuseppe di Vittorio, 2, 61045 - Pergola (PU).



Figura 66 – Ospedale San Carlo e San Donnino di Pergola

Dal progetto Revit “2023.ott_REVxRina_Pergola_Arch_ModCentrale_finale” realizzato dal progettista, sono stati esportati in Autocad i file in formato .dwg della vista architettonica per ogni piano fuori terra (esclusi quindi i 2 interrati) dell'Ospedale SS Carlo e Donnino di Pergola. I 4 piani sono rappresentati nelle Figure 67, 68, 69 e 70.

Da Autocad, il file è stato spogliato da tutte le componenti non necessarie, quali quote, testo ed arredi vari, ed è stato poi re-importato su un nuovo modello in Revit. Si sono ricreate quindi, tramite i comandi “Muro: Architettonico” e “Pavimento: Architettonico” le nuove piante comprendenti solo gli spazi dei locali.

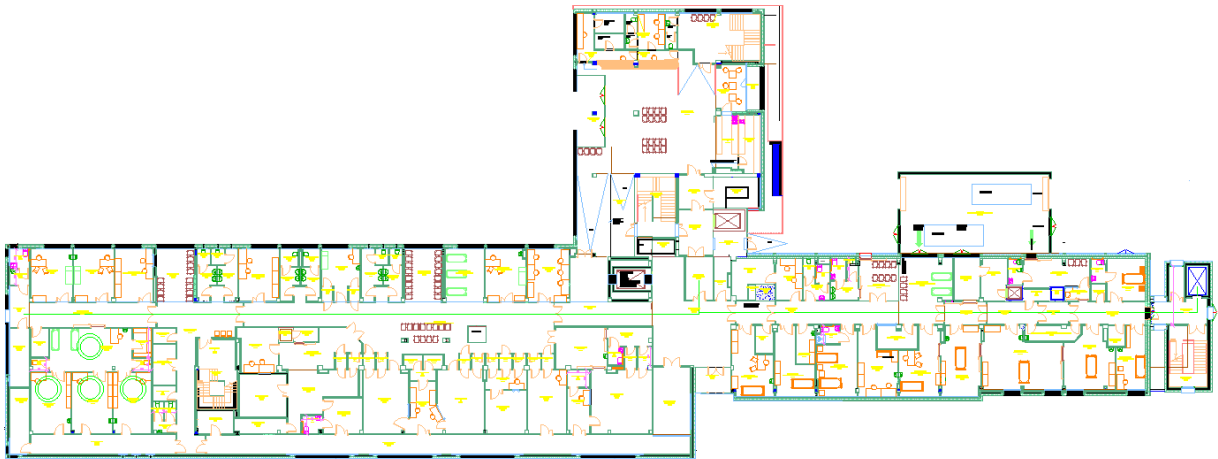


Figura 67 – Piano Secondo Ospedale Pergola file .dwg



Figura 68 – Piano Primo Ospedale Pergola file .dwg



Figura 69 – Piano Secondo Ospedale di Pergola file .dwg



Figura 70 – Piano Terzo Ospedale di Pergola file .dwg

La modellazione che viene fatta su Revit nei capitoli seguenti è in funzione della garanzia dei requisiti informativi richiesti dalla regione sotto forma di DGR. Si è modellato dal punto di vista del progettista prima e dal committente poi, si sono simulate due fondamentali processi:

- L'esportazione del modello Revit in formato IFC con riconoscimento della gerarchia di BuildingSMART di spazi e zone su BIMvision;
- La verifica dei file IFC sulla piattaforma WeBim con l'utilizzo di Grafo e Query che mi permettono di ricavare i dati ed informazioni in modo raggruppato.

Proprio in questi processi è venuta a galla la difficoltà della gestione degli spazi e impianti in Bim, seguendo la gerarchia di BuildingSMART.

4.2 Produzione di modelli ed elaborati

4.2.1 La modellazione architettonica (spazi e zone)

Ad ogni spazio delimitato dai muri è stato assegnato un Locale, tramite il comando “Locale”. Si è scelto di identificare lo spazio con una “Etichetta Locale” avente come informazioni il Numero, il Nome e l’Area, così come in Figura 71.

XXX_NPNLX
Locale x
126,4 m²

Figura 71 - Etichetta Locale

Mentre l’Area e il Nome sono definiti in base al progetto, per il Numero si è andati a definire una classificazione tramite la seguente legenda:

- XXX_ = La prima parte del Numero definisce a quale reparto appartiene il locale. Le lettere presenti non sono altro che un’abbreviazione del reparto.
Es. *Pronto Soccorso Ospedaliero* = PSO_
- NP = È il codice identificativo Numero Progressivo dato dal DGR con il quale va a definire i requisiti minimi strutturali che devono essere presenti e che corrisponde quindi ad ogni locale.
Es. *La camera calda del Pronto Soccorso ha un codice NP = 4 sul DGR 1468:*

4	una camera calda (area coperta e riscaldata di accesso diretto per i mezzi)
---	---

Quindi si avrà: PSO_NP4.

- NL = È il codice identificativo di Nuovo Locale, è aggiunto nei locali presenti nel reparto ma che non sono presenti nel DGR, che sono dati quindi da supposizioni.
Es. *Ascensore nel Pronto Soccorso non è richiesto come requisito minimo strutturale dal DGR 1468, quindi il suo Numero è: PSO_NPNLx, dove x è un numero di locale in ordine crescente da 1 a n.*

C'è poi la possibilità di trovare dei codici quali: es.1 PSO_NP3a – es.2 PSO_NPNL13c – es.3 PSO_NPNL3P1 – es.4 PSO_NP5aP0.

Questi casi particolari indicano due possibili soluzioni. La presenza di una lettera (a, b, c, d..) che definisce la presenza di locali di uguale destinazione d'uso e funzione presenti nello stesso reparto, mentre la presenza di P1, P2, ... Pn indicano i piani in cui lo stesso locale può essere considerato.

Per completare la realizzazione del modello architettonico, sono state aggiunte porte e finestre. Nelle Figure 72 e 73 sono mostrate due viste 3D del modello completato.

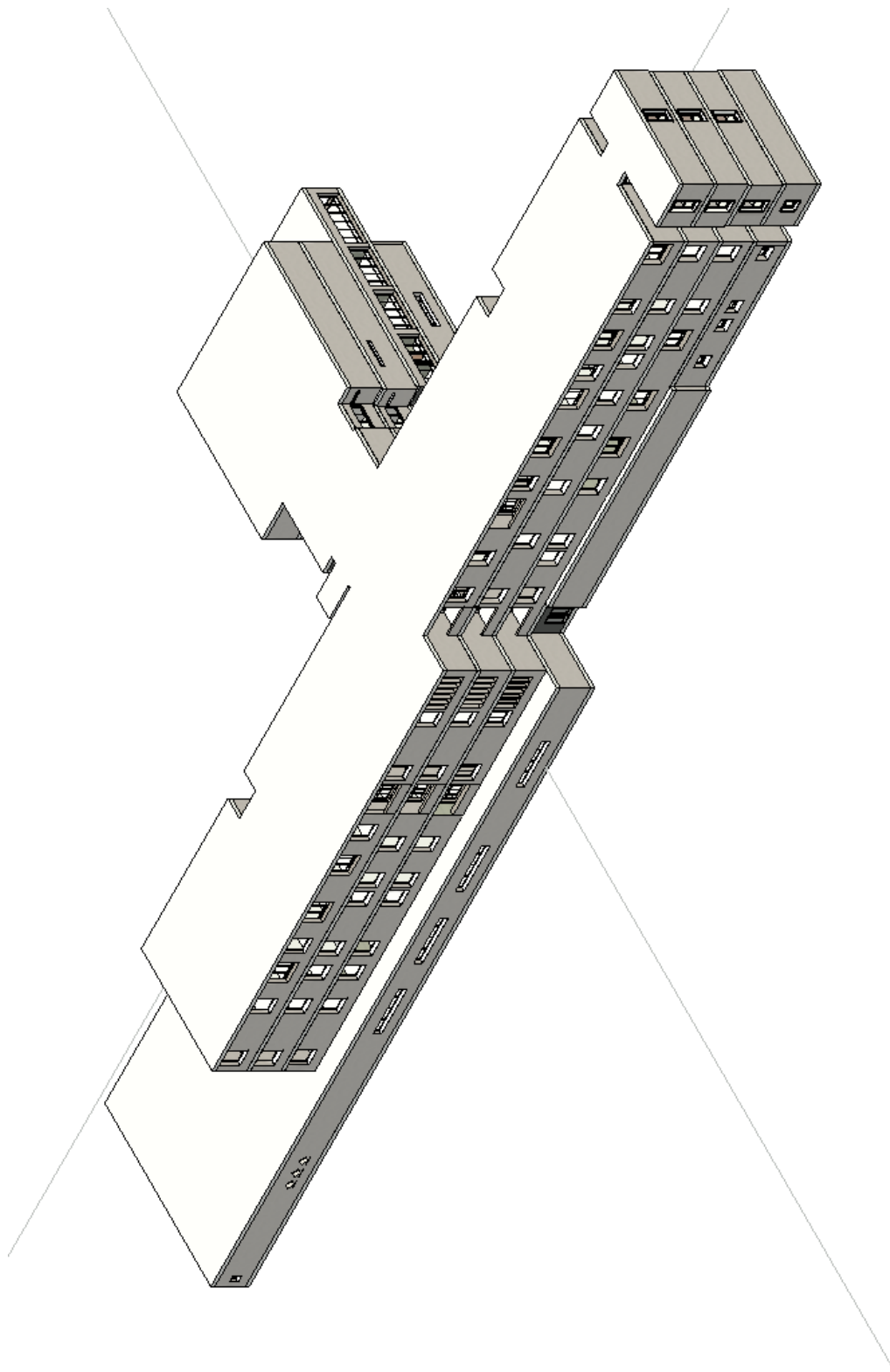


Figura 72 – Vista 1_3D ospedale Pergola

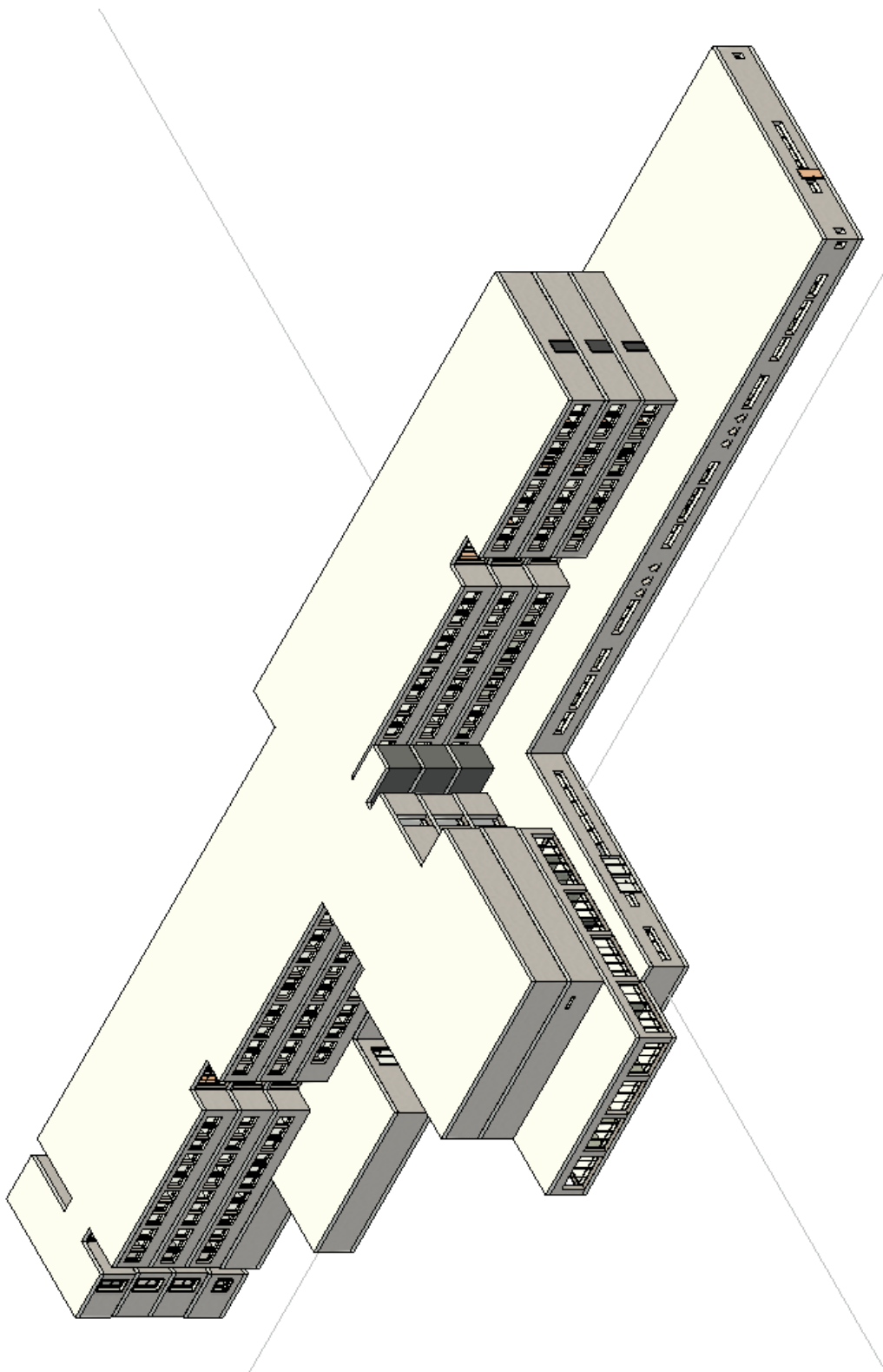


Figura 73 – Vista 2_3D ospedale Pergola

La struttura organizzativa dell'ospedale è stata realizzata seguendo la lista gerarchica a cascata di BuildingSMART, andando a creare quindi una relazione tra le entità (IfcZone, IfcSpace) e gli elementi architettonici (reparti, locali, etc.).

Nella Tabella 3 è stata esplicitata questa relazione, con un relativo esempio di una possibile soluzione dell'ospedale.

Tabella 3 – Relazione tra entità ed elementi architettonici

IfcSite	IfcBuilding	IfcGroup	IfcZone		IfcSpace			
Complesso	Struttura	Reparto	Sotto-reparto	n°	Nome Locale	n°		
Presidio Ospedaliero	Edificio Ospedale SS Carlo e Donnino	Pronto Soccorso Ospedaliero	Area Accesso	1	Camera calda	PSO_NP4		
			Ed		Locale area 118	PSO_NP9		
			Accettazione		Filtro 1	PSO_NPNL1a		
		Area	2
					Accoglienza	
					Area Interventi Sanitari		3	...
				
				
	Edificio XX	
				
				
	
...					
...					

Per ogni piano sono stati identificati dei reparti. Nella Tabella 4 sono stati delineati i reparti di ogni piano con relativo Codice Paragrafo corrispondente al reparto sul DGR.

Tabella 4 – Lista Reparti Ospedale di Pergola

Piano	Reparti	Codice Paragrafo
Terra	Atrio d'Ingresso, Uffici, Punto Ristoro e Arterie Principali di Collegamento	ATR
	Pronto Soccorso Ospedaliero	PSO
	Radiologia Interventistica	RI
Primo	Atrio d'Ingresso, Uffici, Punto Ristoro e Arterie Principali di Collegamento	ATR
	Day Hospital	DH
	Dialisi Ospedaliera ad Assistenza Elevata	CDO
	Medicina Riabilitativa	MR
	Amministrazione	AMM
	Laboratorio Analisi	LA
Secondo	Atrio d'Ingresso, Uffici, Punto Ristoro e Arterie Principali di Collegamento	ATR
	Blocco Operatorio	BO
	Chirurgia Generale	CG
	PoliAmbulatorio	PA
Terzo	Atrio d'Ingresso, Uffici, Punto Ristoro e Arterie Principali di Collegamento	ATR
	Medicina Interna	MR
	Area di Degenza Generale	ADEG

Si evidenzia come al Piano terzo, non è stato preso in considerazione per la verifica il reparto di Oculistica, perché attualmente chiuso. Ogni reparto ha poi all'interno di sé vari sotto-reparti, nei quali sono contenuti i locali.

Successivamente, sono stati aggiunti al modello architettonico i seguenti parametri condivisi IFC per andare a definire gli IfcSpace, IfcGroup, IfcZone del progetto:

- Per lo spazio del locale: IfcName, IfcDescription, IfcObjectType, Numero.
- Per una zona data da un insieme di locali: ZoneName, ZoneLongName, ZoneDescription, ZoneObjectType.
- Per un reparto dato da varie zone: ZoneGroupName.

Un esempio di assegnazione dei parametri IFC è rappresentato in Figura 74.



Figura 74 – Definizione dei parametri IFC ad ogni locale

Si reitera il procedimento per ogni locale dei reparti della struttura. Come risultato si ha una tabella rappresentante l'abaco dei locali con i parametri assegnati ad ogni locale. Un esempio dell'abaco è presente nella Figura 75.

<Pset_abaco locali>									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Numero	IfcName	Nome	IfcDescription	IfcObjectType	ZoneGroupName	ZoneName	ZoneLongName	ZoneDescription	ZoneObjectType
AMM_NPNL1	Sala attesa	Sala attesa	Spazio di attesa per uffici	Tipologia di locali	Amministrazione	ZAUAA	Zona di Attesa Uffici A	Zona con aree di attesa	Tipologia di funzione
AMM_NPNL2	Disimpegno	Disimpegno	Locale di filtro e collegamento	Tipologia di locali	Amministrazione	ZAUAA	Zona di Attesa Uffici A	Zona con aree di attesa	Tipologia di funzione
AMM_NPNL3	Ufficio 1 Direzione	Ufficio 1 Direzione	Locale adibito alla direzione	Tipologia di locali	Amministrazione	ZD	Zona di Direzione	Zona con funzioni di direzione	Tipologia di funzione
AMM_NPNL4	Ufficio 2 Direzione	Ufficio 2 Direzione	Locale adibito alla direzione	Tipologia di locali	Amministrazione	ZD	Zona di Direzione	Zona con funzioni di direzione	Tipologia di funzione
AMM_NPNL5	Ufficio 3 Direzione	Ufficio 3 Direzione	Locale adibito alla direzione	Tipologia di locali	Amministrazione	ZD	Zona di Direzione	Zona con funzioni di direzione	Tipologia di funzione
ADEG_NP2/3a	Camera Degenza 1	Camera Deg.1	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP2/3b	Camera Degenza 2	Camera Deg.2	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP2/3c	Camera Degenza 3	Camera Deg.3	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP2/3d	Camera Degenza 4	Camera Deg.4	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP2/3e	Camera Degenza 5	Camera Deg.5	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP2/3f	Camera Degenza 6	Camera Deg.6	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP4a	Camera Degenza 7	Camera Deg.7	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP4b	Camera Degenza 8	Camera Deg.8	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP4c	Camera Degenza 9	Camera Deg.9	Locale adibito alla degenza	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5a	Bagni WC per Utenti	WCH 1	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5b	Bagni WC per Utenti	WCH 2	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5c	Bagni WC per Utenti	WCH 3	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5d	Bagni WC per Utenti	WC1 U	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5e	Bagni WC per Utenti	WC2 U	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5f	Bagni WC per Utenti	WCH 4	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5g	Bagni WC per Utenti	WC3 U	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5h	Bagni WC per Utenti	WCH 5	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP5i	Bagni WC per Utenti	WCH 6	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP6	Bagno assistito	Bagno assistito	Servizi igienici per utenti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	ADA5	Area di Degenza di Ap	Zona strutturata in	Tipologia di funzione
ADEG_NP7	Locale per visita e medicazione	Locale per visita e medicazione	Locale adibito alla visita e medicazione	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	UOA4	Unità Operativa Auton	Zona con aree di lavoro	Tipologia di funzione
ADEG_NP8	Locale per personale	Locale per personale	Locale di lavoro per il personale	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	UOA4	Unità Operativa Auton	Zona con aree di lavoro	Tipologia di funzione
ADEG_NP9	Soggiorno comune	Soggiorno comune	Locale di soggiorno dei comuni	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	UOA4	Unità Operativa Auton	Zona con aree di lavoro	Tipologia di funzione
ADEG_NP10/11	Locale di attesa visitatori	Loc. di attesa visitatori	Spazio di attesa per gli ospiti	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	UOA4	Unità Operativa Auton	Zona con aree di lavoro	Tipologia di funzione
ADEG_NP12	Cucina/ area relax	Cucina	Locale adibito alla cucina	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	UOA4	Unità Operativa Auton	Zona con aree di lavoro	Tipologia di funzione
ADEG_NP13a	Locale deposito pulito	Dep. pulito 1	Locale per il deposito pulito	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	UOA4	Unità Operativa Auton	Zona con aree di lavoro	Tipologia di funzione
ADEG_NP13b	Locale deposito pulito	Dep. pulito 2	Locale per il deposito pulito	Tipologia di locali	Area di Degenza Gener	UOA4	Unità Operativa Auton	Zona con aree di lavoro	Tipologia di funzione

Figura 75- Esempio di parte dell'abaco "Pset_abaco dei locali"

Realizzati nel modello architettonico tutti i locali completi di informazioni per ogni piano, sono state realizzate delle viste grafiche a colori per differenziare i locali e zone, classificandole in base a due criteri:

- Analisi distributiva funzionale, la suddivisione dei reparti di ogni pianta in zone con colori assegnati da una legenda.
- Controllo visivo dei requisiti minimi strutturali generali da DGR, dove ad ogni locale di tutte le piante è stato assegnato un colore in base alla presenza o meno del requisito strutturale richiesto dal DGR

Con queste viste è possibile subito a primo impatto identificare i locali e zone in base alla loro tipologia, funzione e zona prima della lettura dei parametri o del Numero.

Per il primo criterio di classificazione riguardante le zone è stato realizzato uno Schema Colori, che funge come legenda e che permette la suddivisione a colori delle zone. In Figura 76 è illustrato lo Schema Colori, intitolato “Legenda zone”, che associa i vari colori al parametro “LongZoneName”.

I colori assegnati alle zone sono dei colori analoghi in ogni reparto, ossia sono fanno parte dello stesso reparto e sono simili tra loro ma con diverse tonalità e gradazione di colore.

Es. *Nel Pronto Soccorso Ospedaliero, la zona Area Accesso ed Accettazione è di un verde più scuro rispetto all’Area Accoglienza che è di un verde più chiaro.*

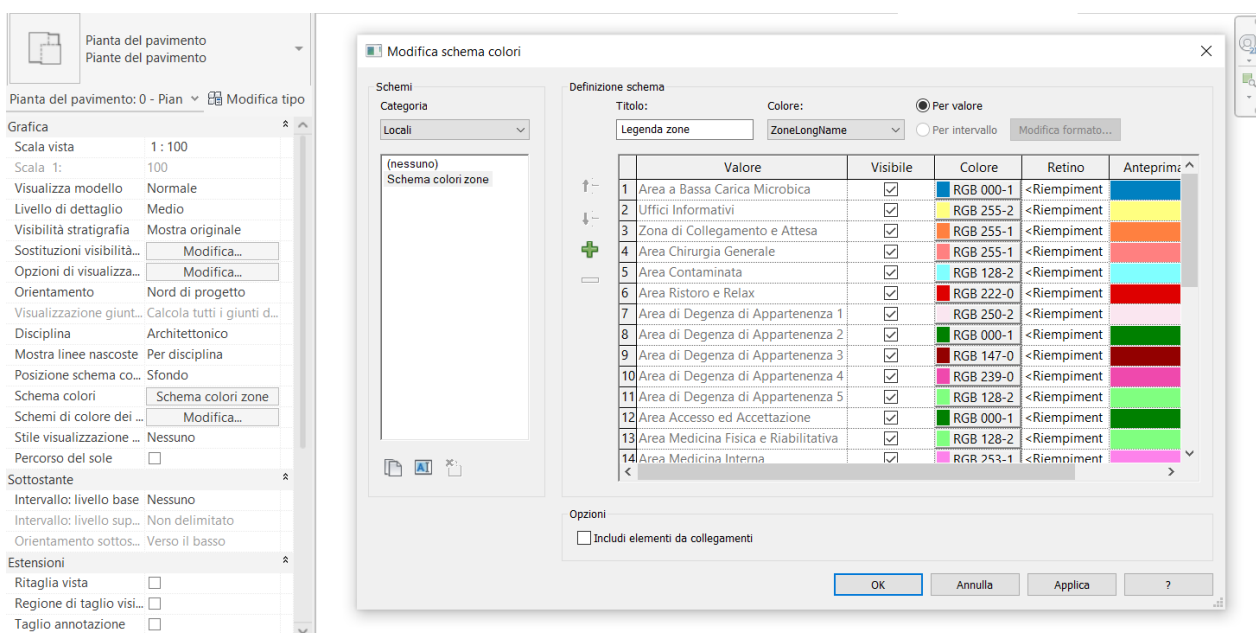


Figura 76 – Schema colori per zone

Con questo primo criterio, quindi, è possibile capire la visione di come è organizzato l’ospedale.

Per il secondo criterio di classificazione invece sono stati realizzati dei filtri grafici per controllare la verifica dei requisiti del DGR. Infatti, come visto nel par. 3.1, la modellazione degli spazi serve proprio per rispondere ai requisiti della regione nel DGR, ossia a verificare che in ogni reparto ci siano tutti i locali minimi necessari per la funzionalità del reparto.

Un esempio di richiesta di requisiti minimi strutturali generali da DGR è indicato in Figura 77.

REQUISITI MINIMI STRUTTURALI

I locali e gli spazi devono essere correlati alla tipologia e al volume delle attività erogate

AREA ACCESSO ED ACCETTAZIONE

N.P.	REQUISITO	RISPOSTA
1	Viabilità di accesso facilmente identificabile anche nelle ore notturne	presenza di segnaletica anche luminosa per le ore notturne
2	Il percorso di accesso al P.S. per i pedoni è separato da quello riservato ai mezzi di soccorso	planimetria quotata valutazione oggettiva
3	L'Area sosta ambulanze è dimensionata in base ai picchi di frequenza degli accessi con percorso a senso unico	valutazione oggettiva delle aree di sosta e disponibilità del dato relativo ai massimi picchi planimetria quotata
Sono presenti:		
4	una camera calda (area coperta e riscaldata di accesso diretto per i mezzi)	planimetria e valutazione oggettiva
5	locali attesa per utenti deambulanti ed accompagnatori dimensionato in base ai picchi massimi di frequenza degli accessi annuali	planimetria quotata e valutazione oggettiva verifica posti a sedere / dato dei picchi di accesso (disponibilità del dato)
6	locali attesa per utenti barellati dimensionati in base ai picchi massimi di frequenza degli accessi annuali	planimetria e valutazione oggettiva verifica numero barelle / dato dei picchi di accesso (disponibilità del dato)
7	un'area dedicata al colloquio con utenti/accompagnatori che garantisca il rispetto della privacy	planimetria quotata e verifica oggettiva
8	servizi igienici per utenti (di cui almeno uno accessibile ai disabili)	planimetria quotata e verifica oggettiva
9	uno spazio per il personale di vigilanza (laddove previsto)	planimetria quotata e verifica oggettiva
10	uno spazio registrazione/segreteria/archivio	planimetria quotata e verifica oggettiva
11	un locale/spazio per barelle e carrozzine	planimetria quotata e verifica oggettiva

AREA ACCOGLIENZA

N.P.	REQUISITO	RISPOSTA
12	un'area Triage che garantisca il rispetto della privacy	planimetria quotata e verifica oggettiva
13	un'area attesa "osservata" distinta per persone assistite deambulanti e barellate (nei Pronto Soccorso di base può essere unica)	planimetria quotata e verifica oggettiva
14	un locale per accoglienza, anche non ad uso esclusivo, per persone assistite in condizioni di fragilità dovute a traumi fisici ed emotivi a seguito di maltrattamenti e/o abusi, non identificabile ai non addetti, ubicato in zona che garantisca la privacy	planimetria quotata e verifica oggettiva

Figura 77 – Esempio di requisiti minimi strutturali generali DGR per il Pronto Soccorso Ospedaliero

In particolare, per questa vista grafica, in “verde” saranno visualizzati i locali presenti nel DGR (avranno cioè nel Numero solo NP) e seguiranno il filtro “Locali DGR 1”, mentre quelli in “rosso” saranno quelli mancanti del DGR (locali avente nel Numero l’acronimo NPNL) e seguiranno il filtro “Locali DGR 2”.

In aggiunta, viene introdotto un terzo filtro riguardante i connettori verticali, che sono locali come “Vano scala” e “Ascensore” non approfonditi dai requisiti minimi strutturali generali del DGR perché non sono classificabili ai fini dell’attività che si svolge all’interno, e che quindi, dato che non si conosce la loro attività, se funzionale alle zone (es. uscita di emergenza) oppure se considerabili solo di passaggio, vengono trascurati. Quest’ultimi locali, a livello visivo, sono lasciati in “bianco”, dati dal filtro “Connettori Verticali”. Quest’ultimo filtro è stato applicato anche al criterio di analisi distributiva funzionale.

Per creare un filtro, occorre definire una regola di filtraggio dove si specifica:

- la categoria, ossia a chi applicare la regola (Locali, nel caso in esame)
- il parametro da analizzare (Numero, Nome, etc.)
- la funzione della regola (contiene, non contiene, uguale a, minore di, etc.)
- il valore preso in esame (NL, Vano Scala, Ascensore)

Inoltre, alla regola occorre andare a definire se è TRUE (ossia che tutte le regole devono essere vere) oppure OR (ossia qualsiasi regola potrebbe essere vera).

Nelle Figure 78, 79 e 80 sono mostrate le 3 regole che definiscono i filtri descritti precedentemente.

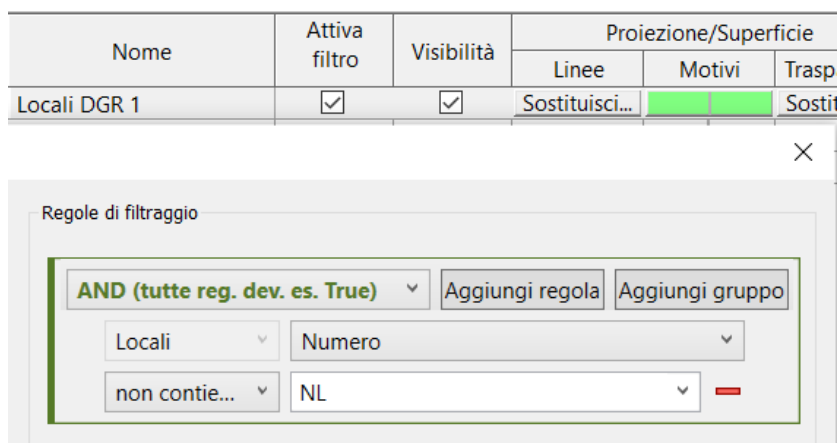


Figura 78 – Regola per filtro locali DGR 1, cioè presenti nel DGR

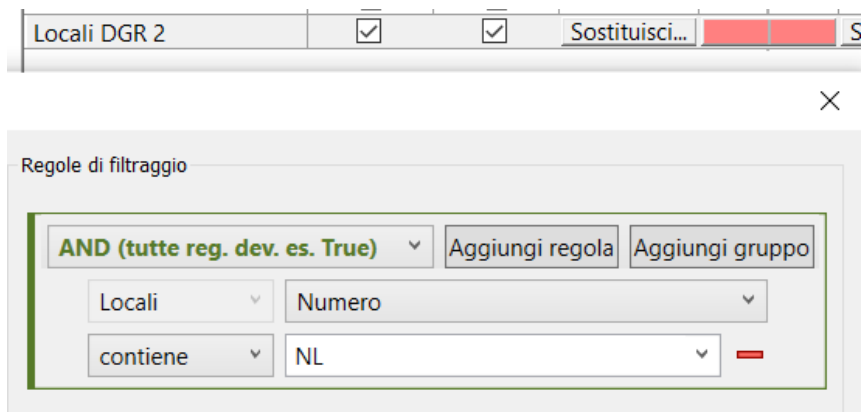


Figura 79 - Regola per filtro locali DGR 2, cioè non presenti nel DGR

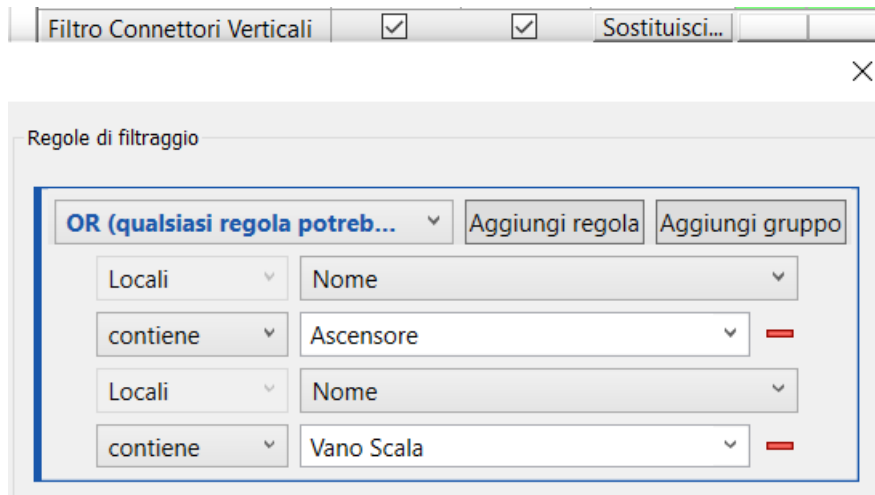
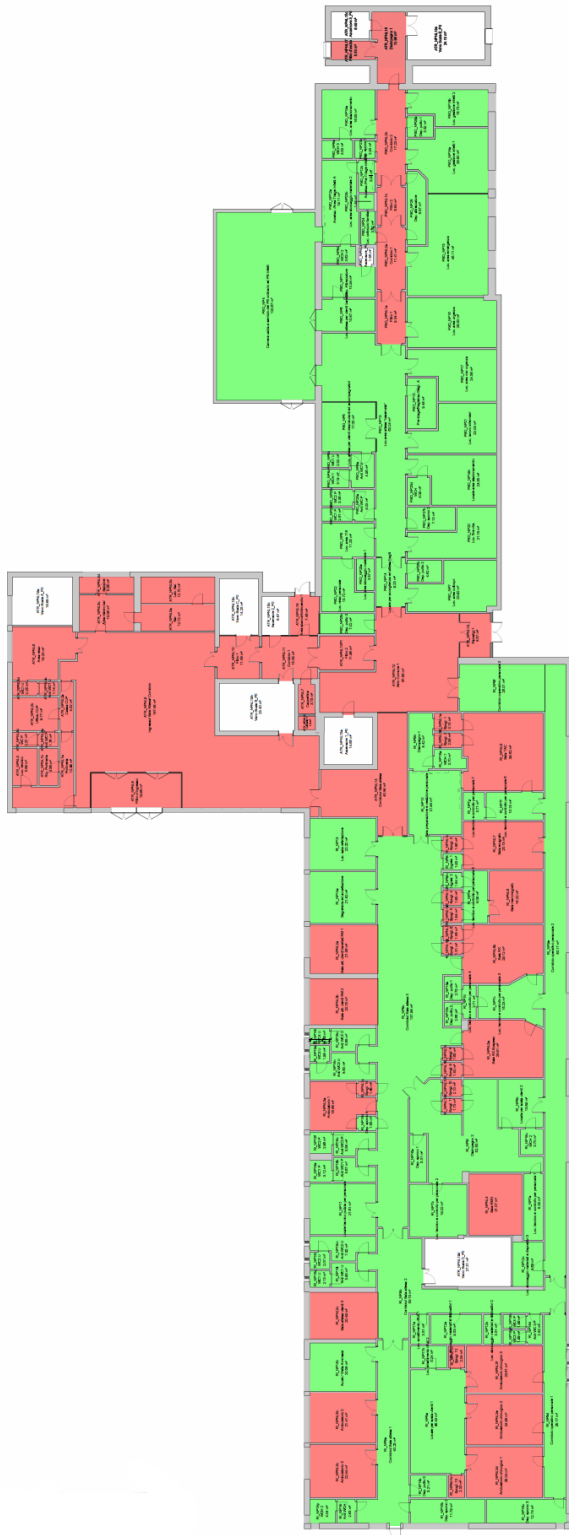


Figura 80 - Regola per filtro connettori verticali

Realizzati i filtri, è possibile visualizzare le piante dell'ospedale in base ai due criteri precedentemente descritti. Gli Elaborati 1-8 mostrano i risultati ottenuti dai filtri applicati ai piani del modello architettonico.

Elaborato 1 – Piano terra requisiti minimi strutturali generali DGR



Legenda

- Locali presenti nel DGR
- Locali non presenti nel DGR
- Connettori verticali

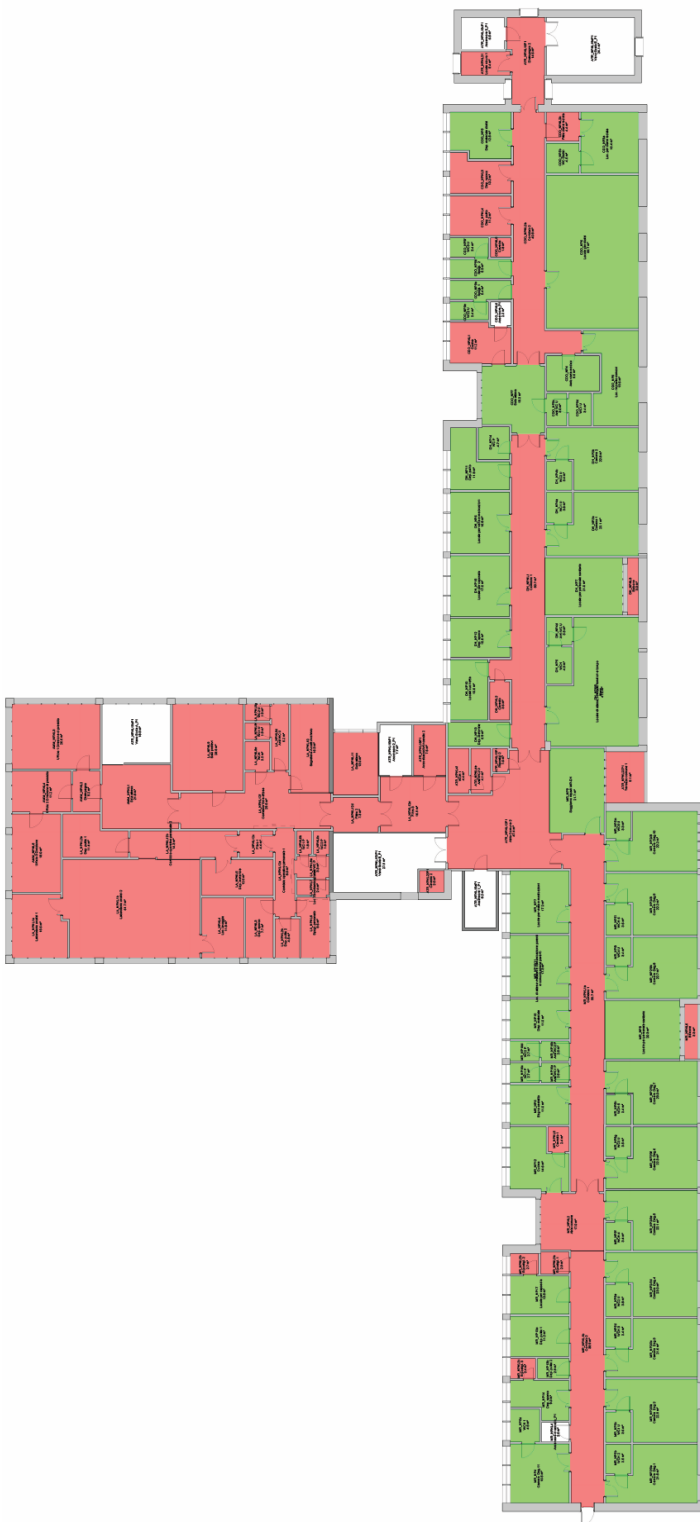
Elaborato 2 – Piano terra distribuzione funzionale



Legenda zone

- Uffici Informativi
- Zona di Collegamento e Attesa
- Area Ristoro e Relax
- Area Accesso ed Accettazione
- Area Accoglienza
- Area Interventi Sanitari
- Zona di Radiologia Interventistica e Neuroradiologia Interventistica
- Zona di Attesa e Diagnostica

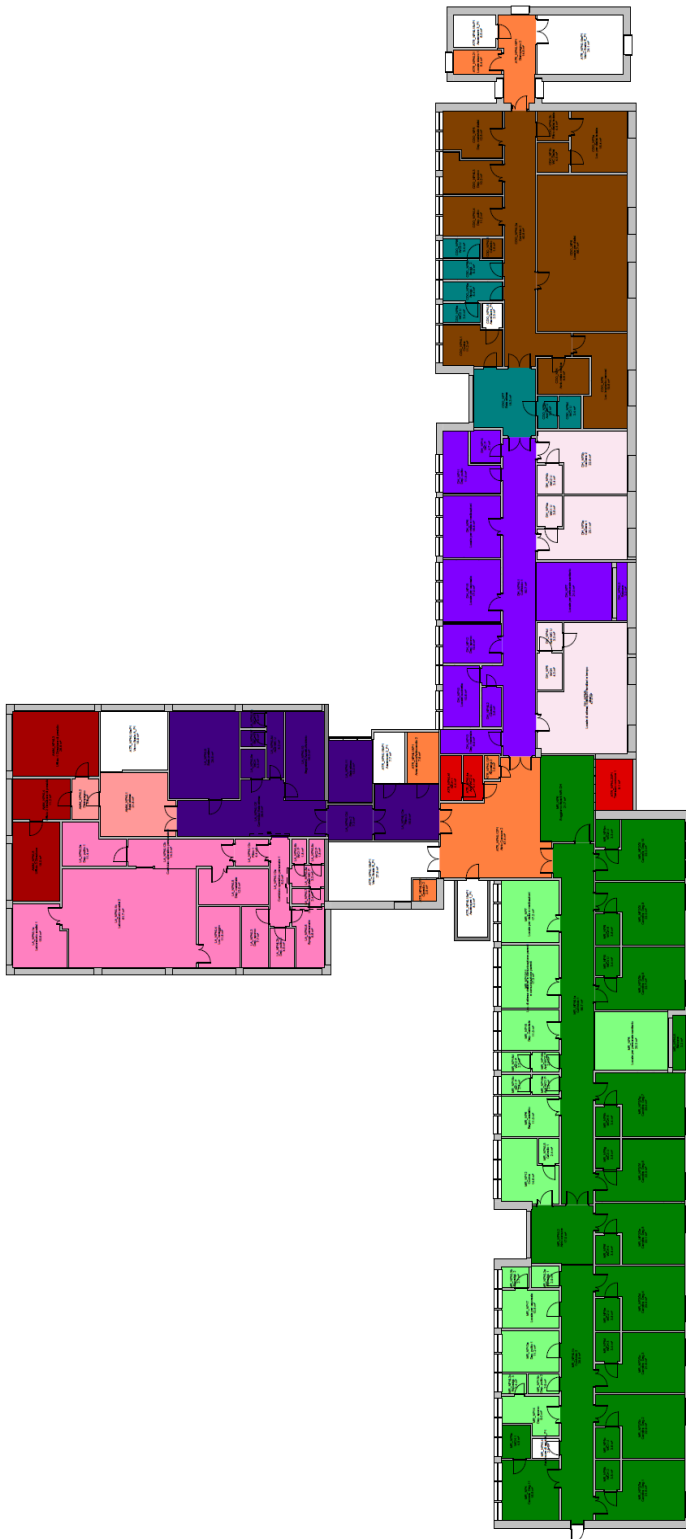
Elaborato 3 – Piano primo requisiti minimi strutturali generali DGR



Legenda

- Locali presenti nel DGR
- Locali non presenti nel DGR
- Connettori verticali

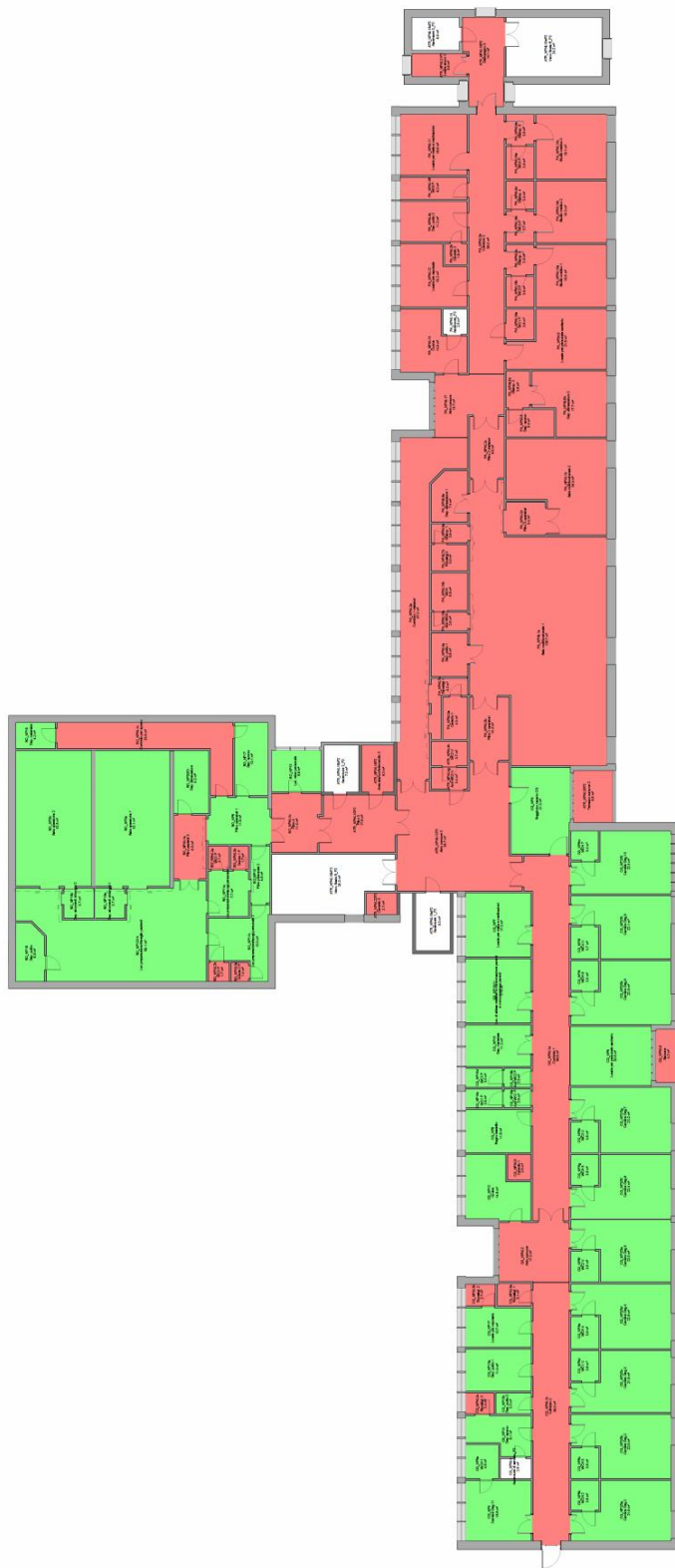
Elaborato 4 – Piano primo distribuzione funzionale



Legenda zone

-  Zona di Collegamento e Attesa
-  Area Ristoro e Relax
-  Area di Degenza di Appartenenza 1
-  Area di Degenza di Appartenenza 2
-  Area Medicina Fisica e Riabilitativa
-  Zona di Direzione
-  Zona di Attesa e Prelievi
-  Zona di Attesa Uffici Amministrazione
-  Unità Operativa Autonoma 1
-  Unità Operativa Autonoma 2
-  Zona di Esami ed Analisi
-  Zona di Attesa per Utenti Dialisi

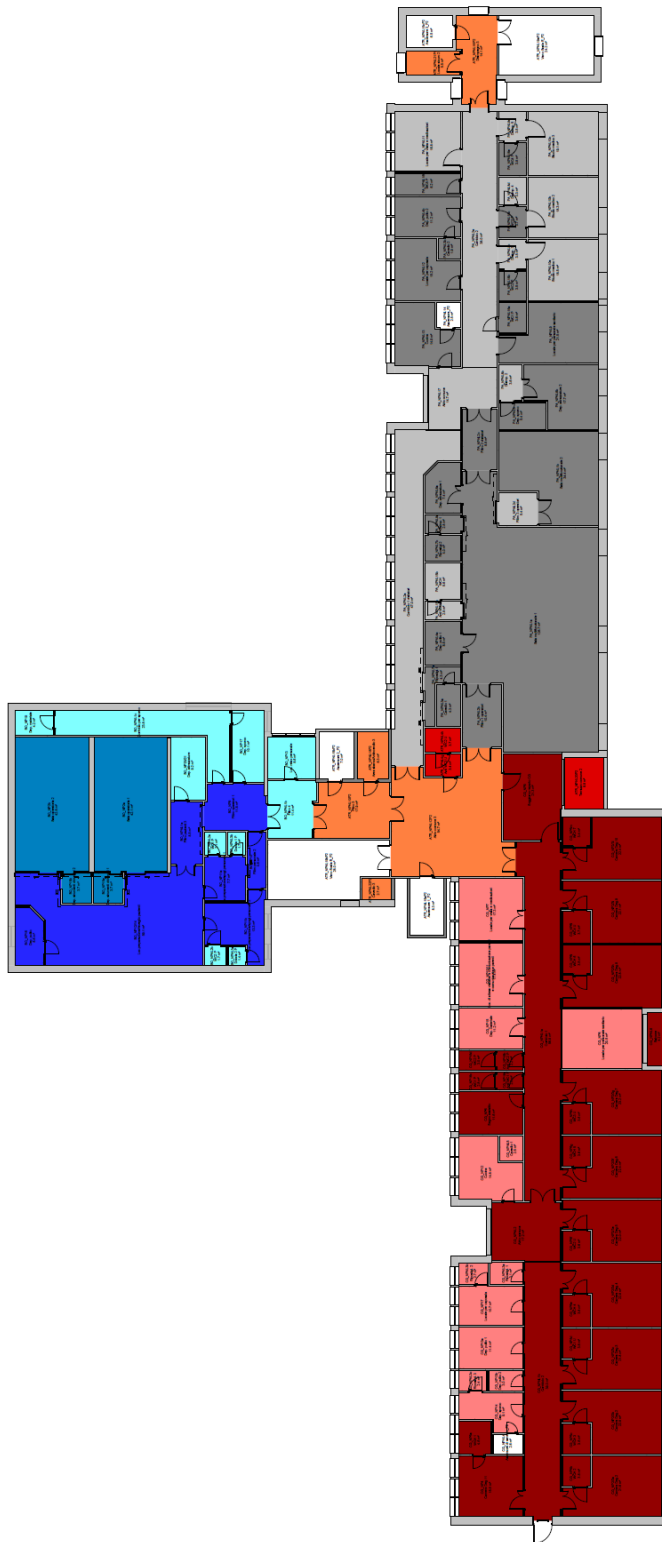
Elaborato 5 – Piano secondo requisiti minimi strutturali generali DGR



Legenda

- Locali presenti nel DGR
- Locali non presenti nel DGR
- Connettori verticali

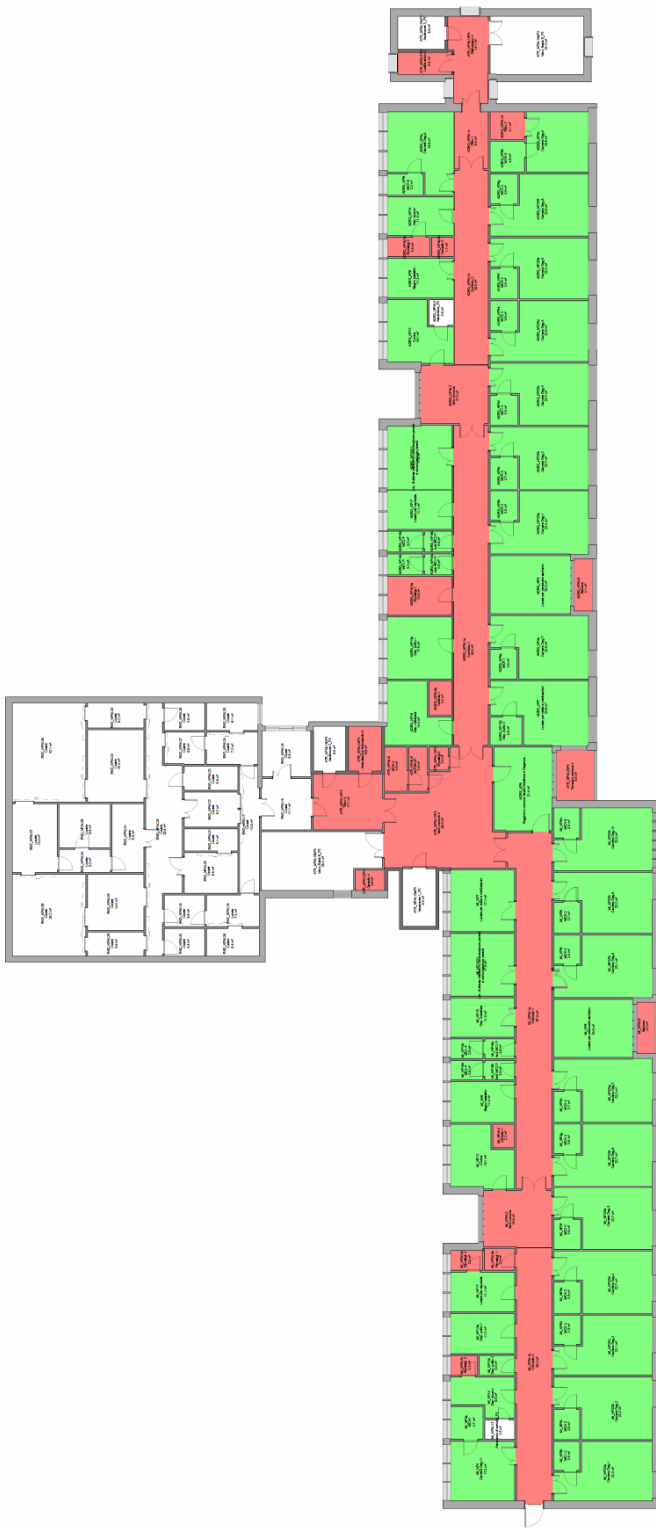
Elaborato 6 – Piano secondo distribuzione funzionale



Legenda zone

- Area a Bassa Carica Microbica
- Zona di Collegamento e Attesa
- Area Chirurgia Generale
- Area Contaminata
- Area Ristoro e Relax
- Area di Degenza di Appartenenza 3
- Area Pulita
- Unità Operativa Autonoma 3
- Zona di Attesa per Visite

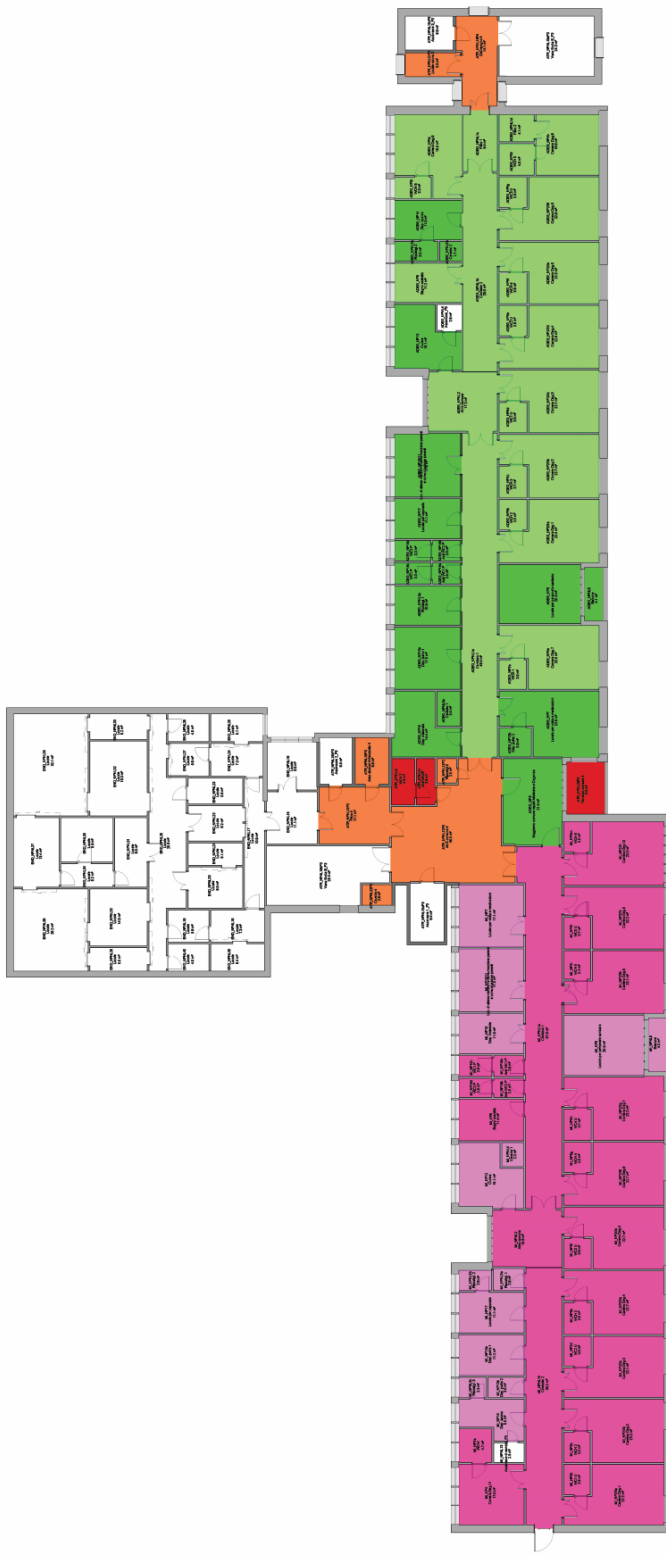
Elaborato 7 – Piano terzo requisiti minimi strutturali generali DGR



Legenda

- Locali presenti nel DGR
- Locali non presenti nel DGR
- Connettori verticali

Elaborato 8 – Piano terzo distribuzione funzionale



Prima di esportare il modello architettonico, si vanno a definire le Informazioni sul Progetto delle prime tre entità (IfcProject, IfcSite e IfcBuilding) che sono rappresentate una sola volta per ogni file IFC. Essendo entità astratte e non fisicamente associabili ad un parametro, saranno esportate insieme al progetto senza nominarle nel Pset personalizzato. Come descritto nel par. 3.1.2, dopo aver aggiunto i parametri condivisi richiesti dalle 3 entità, selezionando il comando “Informazioni sul Progetto”, è possibile compilare i valori dei campi richiesti, così come esplicito nella Figura 81.

Informazioni progetto ✕

Famiglia:

Tipo:

Parametri istanza: controllano le istanze selezionate o quelle da creare

Parametro	Valore
Dati identità ^	
Nome organizzazione	
Descrizione organizzazione	
Nome edificio	Ospedale SS Carlo e Donnino
Autore	
Parametri IFC ^	
IfcSite GUID	
IfcBuilding GUID	
IfcProject GUID	
BuildingDescription	Edificio complesso
BuildingLongName	Osp. SS Carlo e Donnino
BuildingObjectType	Tipologia di edificio
IfcDescription	Esempio piano terra ospedale pergola
IfcName	
IfcObjectType	
SiteDescription	Riqualificazione del complesso ospedaliero di Pergola
SiteLandTitleNumber	2024
SiteLongName	Riqu. Pres. Osp.
SiteName	Riqualificazione Presidio Ospedaliero
SiteObjectType	Tipologia di sito
Analisi percorso ^	
Impostazioni analisi percorso	<input type="button" value="Modifica..."/>
Altro ^	
Data di consegna del progetto	Data
Stato del progetto	Stato di fatto
Nome del cliente	
Indirizzo del progetto	
Nome del progetto	Ospedale Pergola
Numero del progetto	1_OSP_PER

Figura 81 – Compilazione IfcProject, IfcSite e IfcBuilding su Informazioni sul Progetto

In Figura 82, si possono osservare i campi esportati correttamente su BIMvision.

Struttura IFC			
Attivi	Tipo	Nome	Descrizione
<input checked="" type="checkbox"/>	Progetto	1_OSP_PER	Esempio piano terra o...
<input checked="" type="checkbox"/>	Sito	Riqualificazione Presidio Ospedaliero	Riqualificazione del co...
<input checked="" type="checkbox"/>	Edificio	Ospedale SS Carlo e Donnino	Edificio complesso
<input checked="" type="checkbox"/>	Piano	0 - Piano Terra_Zone	
<input checked="" type="checkbox"/>	Piano	1 - Piano Primo_Zone	
<input checked="" type="checkbox"/>	Piano	2 - Piano Secondo_Zone	
<input checked="" type="checkbox"/>	Piano	3 - Piano Terzo_Zone	
<input checked="" type="checkbox"/>	Piano	4 - Piano Copertura	

Proprietà			
Nome	Valore	U.m.	
Element Specific			
Description	Esempio piano terra ospedale pergola		
FileName	Progetto ospedale pergola NUOVO.ifc		
Guid	1xujRtKmD3hPCZeVHZXSXT		
IfcEntity	IfcProject		
LongName	Ospedale Pergola		
Name	1_OSP_PER		
ObjectType	Tipologia di progetto		
Phase	Stato di fatto		

Figura 82 – Valori di IfcProject, IfcSite e IfcBuilding esportati su BIMvision

Completato il modello architettonico su Revit, si è passati all'esportazione del progetto in file IFC, nel formato 2x3. Come enunciato dal Par. 3.1.2, per l'esportazione possono essere utilizzati 2 metodi:

- i. Esportazione abachi come gruppi di proprietà
- ii. Esportazione gruppi di proprietà definiti dall'utente

È possibile esportare con entrambi i metodi, ma in questo caso si esporta tramite l'utilizzo del metodo *ii.*, questo perché l'utilizzo di un Pset personalizzato permette la lettura del file IFC anche da chi usufruisce di software diversi da Revit.

Si esporta quindi impiegando un Pset personalizzato creato ed illustrato in Figura 83.

PropertySet:	Pset_ospedale	I	IfcSpace, IfcZone
IfcName	Testo		
IfcDescription	Testo		
IfcObjectType	Testo		
ZoneName	Testo		
ZoneLongName	Testo		
ZoneDescription	Testo		
ZoneObjectType	Testo		
ZoneGroupName	Testo		
Numero	Testo		

Figura 83 – Pset personalizzato per modello architettonico

Dopo aver selezionato il progetto da esportare, si seleziona “Modifica di Configurazione”, e si spuntano i gruppi di proprietà da esportare, così come in Figura 84, e dopo aver scelto il nome del file IFC, si può esportare il file che sarà aperto e poi verificato su BIMvision.

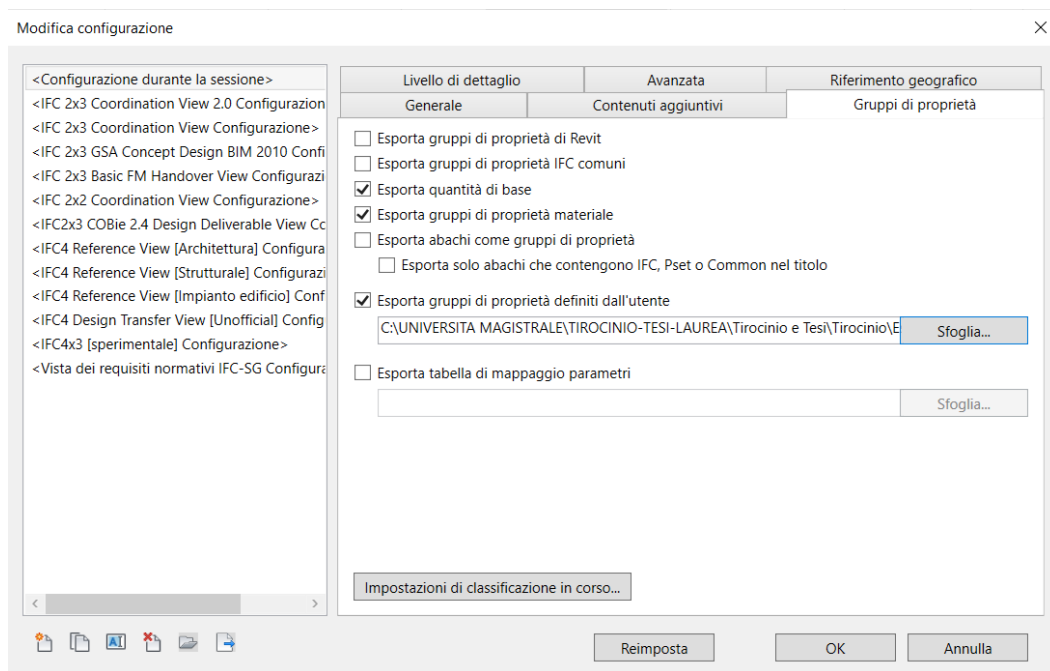


Figura 84 – Gruppi di proprietà da esportare

Aperto il file IFC esportato sul visualizzatore BIMvision, si può osservare il risultato della gerarchia a tre livelli che si è creata per ogni piano dell'ospedale di Pergola. La gerarchia schematizza come nella relazione (a) è dimostrata nelle Figure 85, 86, 87 e 88 che rappresentano i piani dell'ospedale sotto la voce "Gruppi".

IfcGroup (reparto) -> Zona (Sotto-reparto) -> Spazio (Locale) (a)

Si può inoltre osservare come, oltre la gerarchia, anche i parametri assegnati ai locali su Revit, come il nome e il numero, sono rimasti invariati. Infatti, dopo aver selezionato un locale all'interno del modello, le informazioni appaiono sotto la voce "Proprietà – Pset_ospedale". Ciò dimostra che il file IFC permette un'esportazione completa senza perdite o variazioni di informazioni rispetto il modello architettonico, verificando quindi la corretta esportazione.

Dopo aver verificato la corretta gerarchia e visualizzazione di locali e zone, il progetto architettonico è pronto per essere validato sulla piattaforma WeBim. Si procede ora con la modellazione impiantistica.

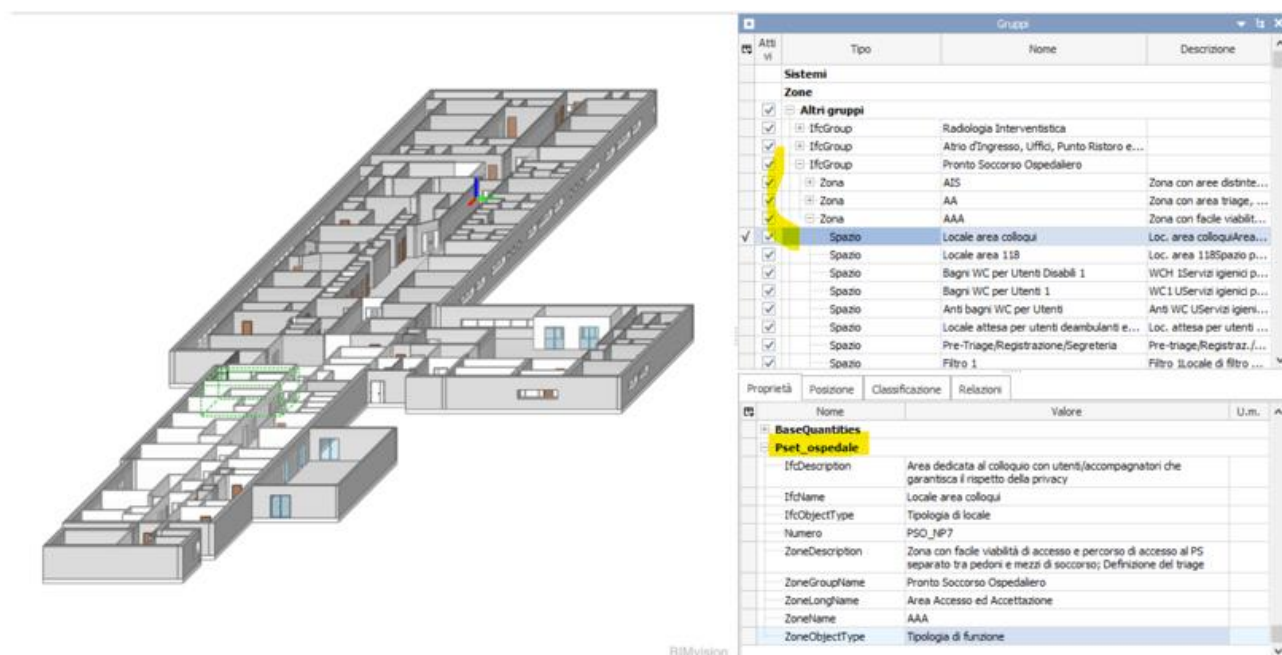


Figura 85 - Visualizzazione gerarchia del piano terra nel modello architettonico e del Pset_ospedale

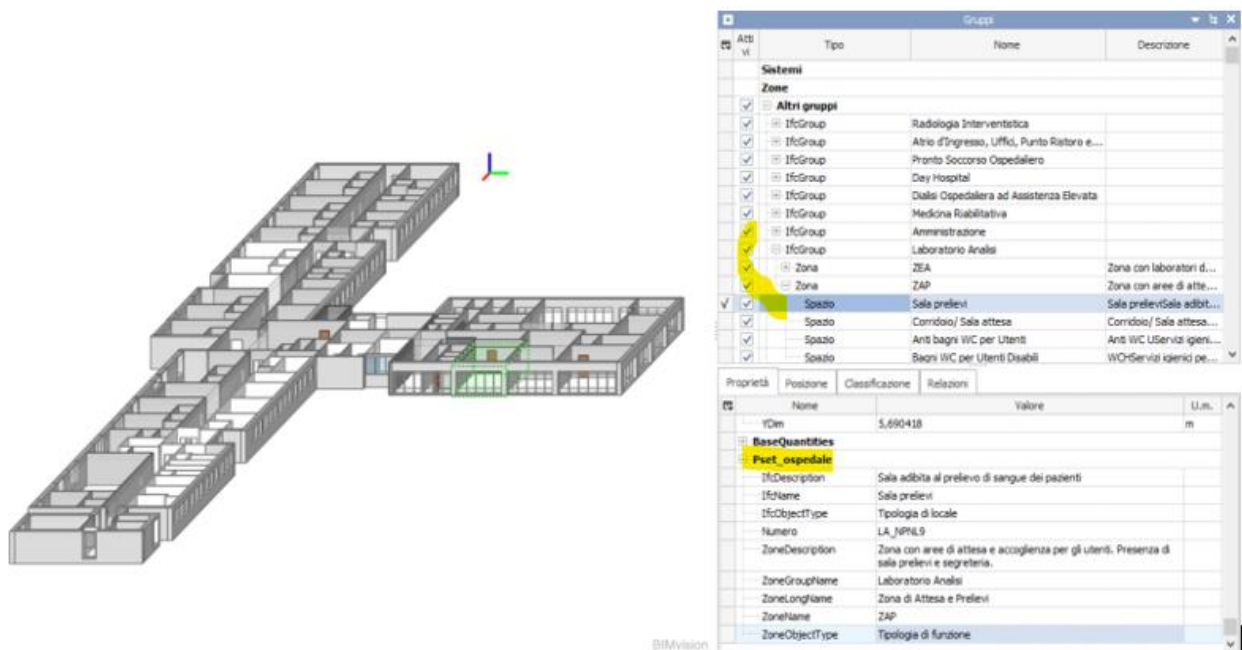


Figura 86 - Visualizzazione gerarchia del piano primo nel modello architettonico e del Pset_ospedale

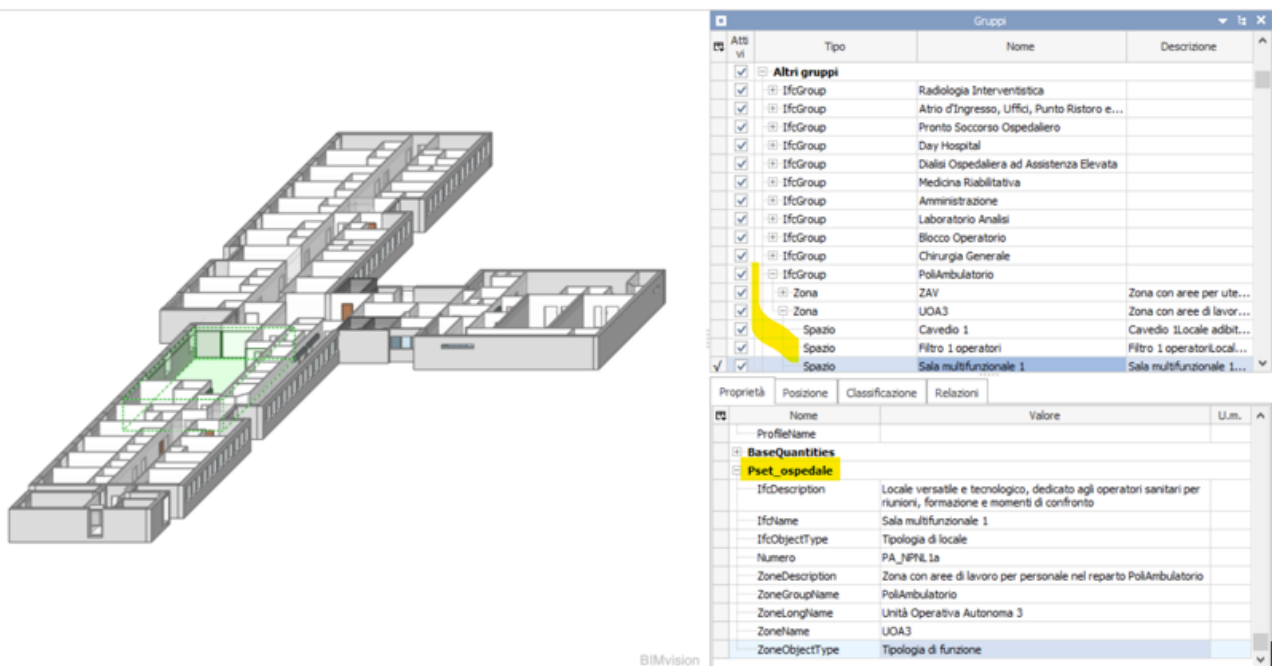


Figura 87 – Visualizzazione gerarchia del piano secondo nel modello architettonico e del Pset_ospedale

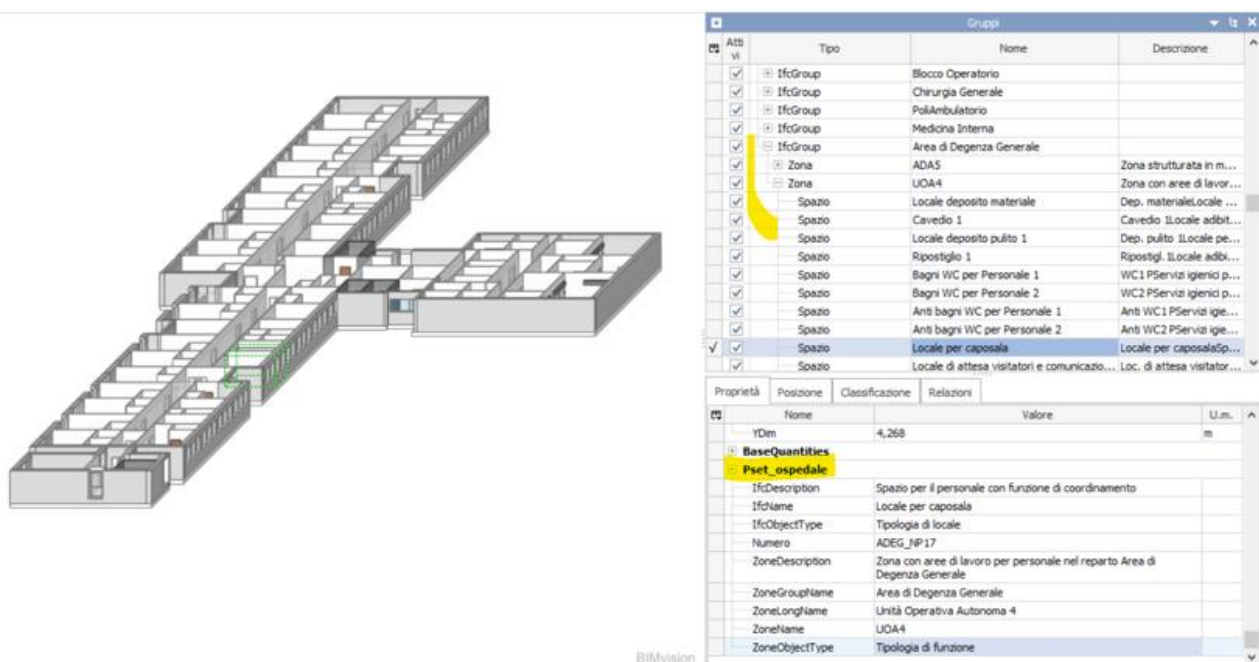


Figura 88 – Visualizzazione gerarchia del piano terzo nel modello architettonico e del Pset_ospedale

4.2.2 La modellazione impiantistica (vani)

Per verificare i requisiti minimi impiantistici generali richiesti dal DGR, il modello architettonico dell'ospedale di Pergola è stato collegato ad un progetto MEP. Il progetto MEP permette la creazione di un modello impiantistico in 3D. Per questo caso di studio, tra i vari sistemi (elettrico, idraulico, meccanico, etc.) da analizzare e verificare, è stato scelto quello meccanico, in particolare il sistema HVAC. Il sistema HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) è un sistema complesso impiegato per fornire il riscaldamento, il raffreddamento, la ventilazione e l'aria condizionata a edifici di diverse dimensioni e tipologia (in questo caso edifici complessi – ospedali), garantendo il benessere dell'ambiente. Dunque, dal DGR si inquadrano solo i requisiti minimi in riferimento al HVAC. Prima di verificare i parametri richiesti dal DGR, occorre introdurre lo spazio “vano”. Come già descritto nel par. 3.2, i vani sono simili ai locali ma hanno funzione esclusivamente di analisi dei volumi e dei carichi di riscaldamento/raffreddamento nel MEP. Per creare velocemente i vani e nominarli come da architettonico, si collega di default il nome e il numero del vano ad ogni locale corrispondente, tramite il procedimento visto nel Par. 3.2.

In Figura 89 è rappresentato un esempio del risultato del piano terra con i vani.

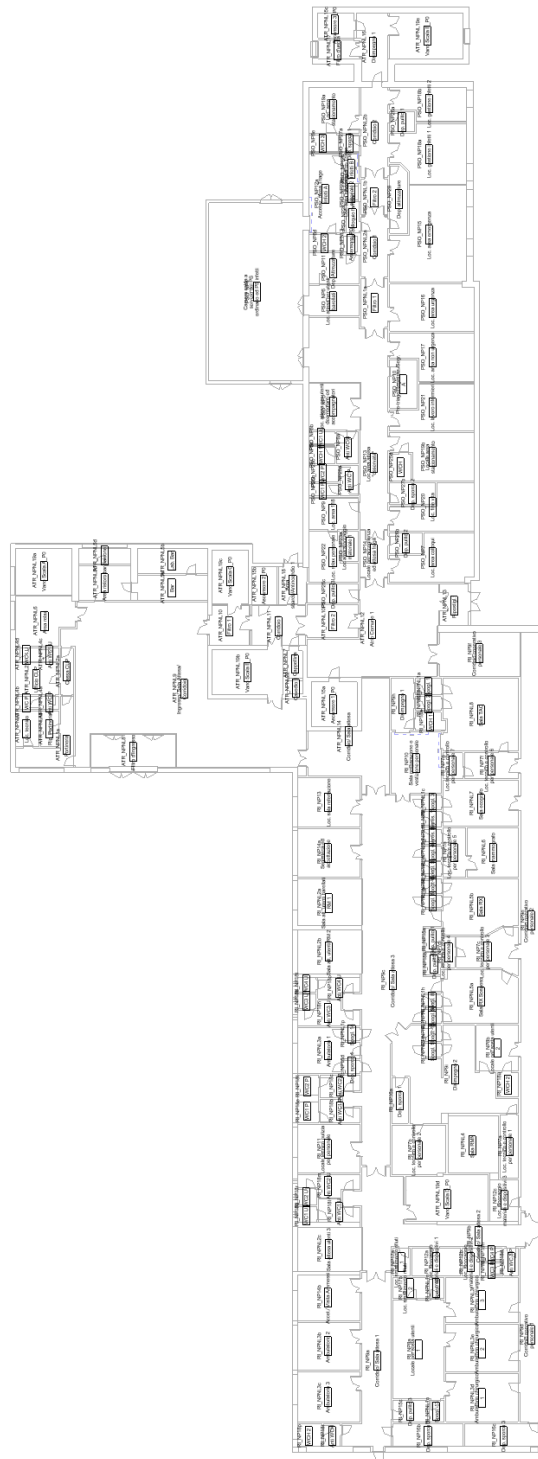


Figura 89 – Piano terra con vani

Realizzati i vani, si va a definire la loro tipologia. Questo serve per l'assegnazione delle caratteristiche ai vani, come ad esempio il parametro "Cambiamenti d'aria all'ora" utile per la verifica del DGR. Questo parametro può essere modificato in base alla destinazione d'uso del vano. In Figura 90 sono rappresentate le impostazioni di un "tipo di vano" con tutti i parametri di analisi energetica, tra cui "Cambiamenti d'aria all'ora" e il rispettivo valore assegnato, mentre in Tabella 5 si riassumano tutti i "tipo di vano" assegnati a tutti i vani in base al reparto di riferimento.

Parametro	Valore
Analisi energetica	
Area per persona	5.000 m ²
Incremento calore percepito per persona	73.27 W
Incremento calore latente per persona	58.61 W
Densità carico luce	4.31 W/m ²
Densità carico alimentazione	16.15 W/m ²
Flusso d'aria infiltrazione per area	0.19 L/(s·m ²)
Contributo di illuminazione vano tecnico	20.0000%
Abaco occupazione	Occupazione struttura sanitaria - dalle 8:00 alle 2
Abaco illuminazione	Illuminazione ufficio - dalle 6:00 alle 23:00
Abaco alimentazione	Illuminazione ufficio - dalle 6:00 alle 23:00
Ricambio d'aria per persona	0.00 L/s
Ricambio d'aria per area	0.00 L/(s·m ²)
Cambiamenti d'aria all'ora	2.000000
Metodo di ricambio d'aria	per persona e per area
Punto di regolazione riscaldamento	21.11 °C
Punto di regolazione raffreddamento	23.89 °C
Punto di regolazione umidificazione	0.0000%
Punto di regolazione deumidificazione	70.0000%

Figura 90 – Impostazioni "tipo di vano"

Assegnato la tipologia di vano, si è passati poi alla modellazione del sistema HVAC che si realizza con un sistema meccanico UTA (Unità di Trattamento dell'Aria) che è una sezione apposita per il controllo del sistema HVAC, ed è composta da due circuiti: quello di Mandata e quello di Ritorno (o Aspirazione).

Per andare a disegnare il sistema UTA si è preso il sistema di ventilazione meccanica del progetto impiantistico esistente "PER_ZZ_MEC_CA_PD_V00", come base per il corretto dimensionamento e posizionamento dei vari FlowTerminal, ossia i terminali dei bocchettoni, sia per il circuito di

mandata che quello di ritorno. Nelle Figure 91, 92, 93 e 94 sono illustrati gli schemi dei sistemi UTA di ogni piano.

Tabella 5 – Lista assegnazione “tipo di vano” per reparto

N°	Tipo di vano	Reparto/Vani	Cambiamenti d'aria all'ora
1	Atrio	ATR	2
2	Pronto soccorso: ospedale/struttura sanitaria	PSO	2
3	Ospedale/radiologia: ospedale/struttura sanitaria	RI *	2
4	Sala pazienti: ospedale/struttura sanitaria	Locale per sosta utenti 1/2 - Disimpegno 2 - Loc.preparazione/risveglio pazienti - Filtro pazienti 3	6
5	Sala operatoria	Ambulatorio chirurgico 1/2/3 - Sala RMN - Sala RX Sospeso - Sala RX - Sala ecografo - Sala mammografo - Sala TAC - Sala operatoria 1/2	15
6	Ufficio: locali separati	AMM	2
7	Esami/cure: ospedale/struttura sanitaria	CDO - LA - PA	2
8	Degenza: ospedale/struttura sanitaria	DH - MR - CG - ADEG - MI	2
9	Sala operatoria: ospedale/struttura sanitaria	BO**	2

Dove:

- * = non presenti i vani N°5-6
- ** = non presenti i vani N°5-6

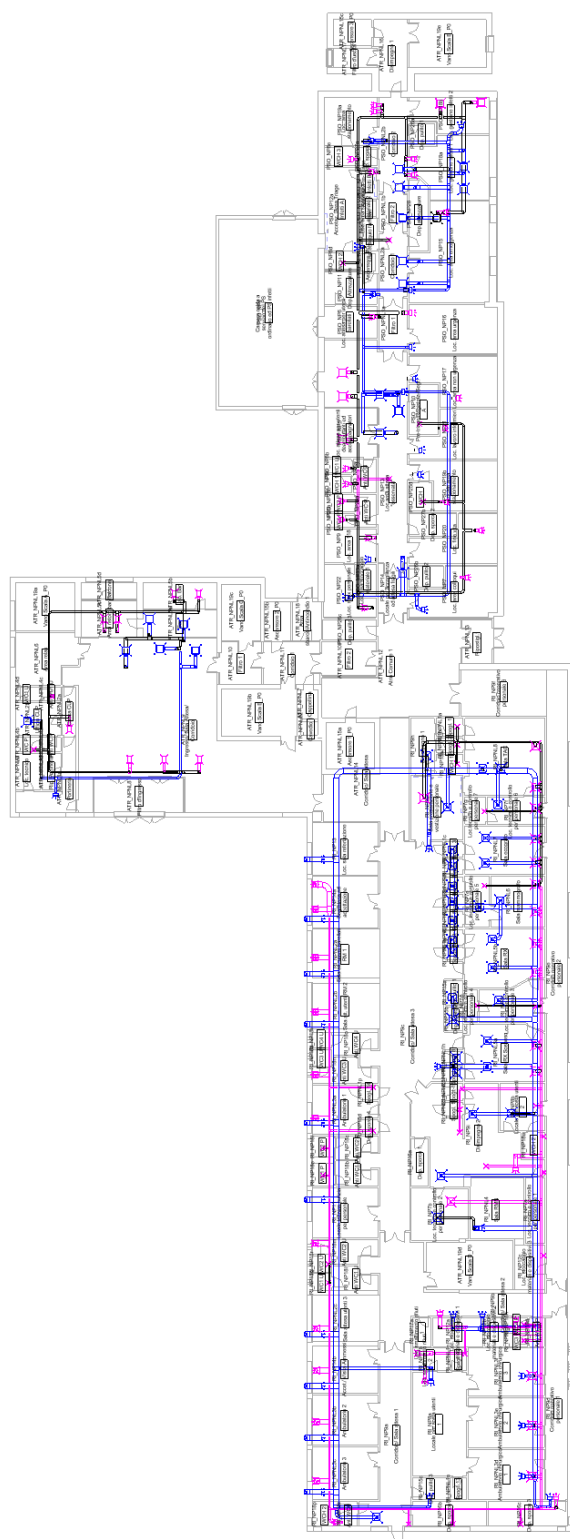


Figura 91 – Layout sistema UTA piano terra

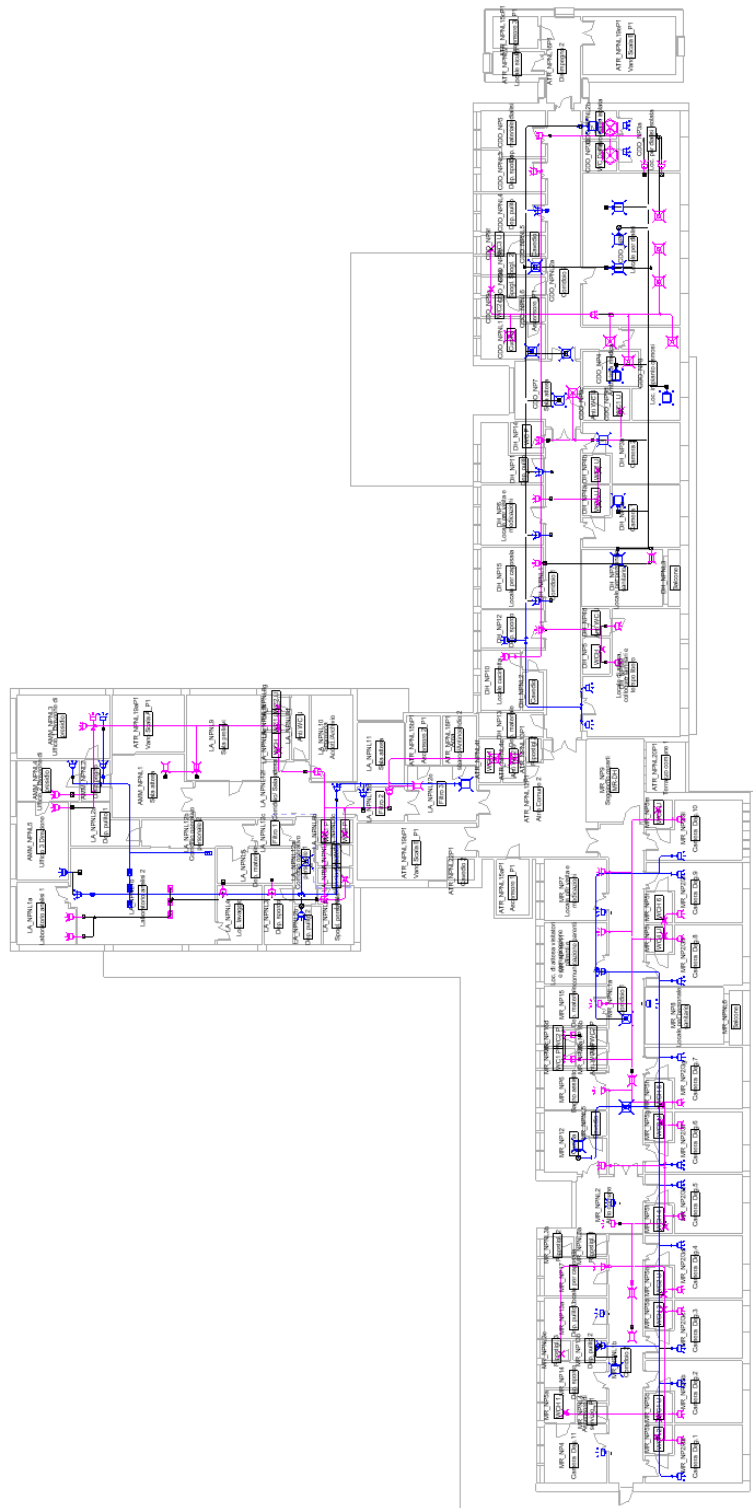


Figura 92 – Layout sistema UTA piano primo

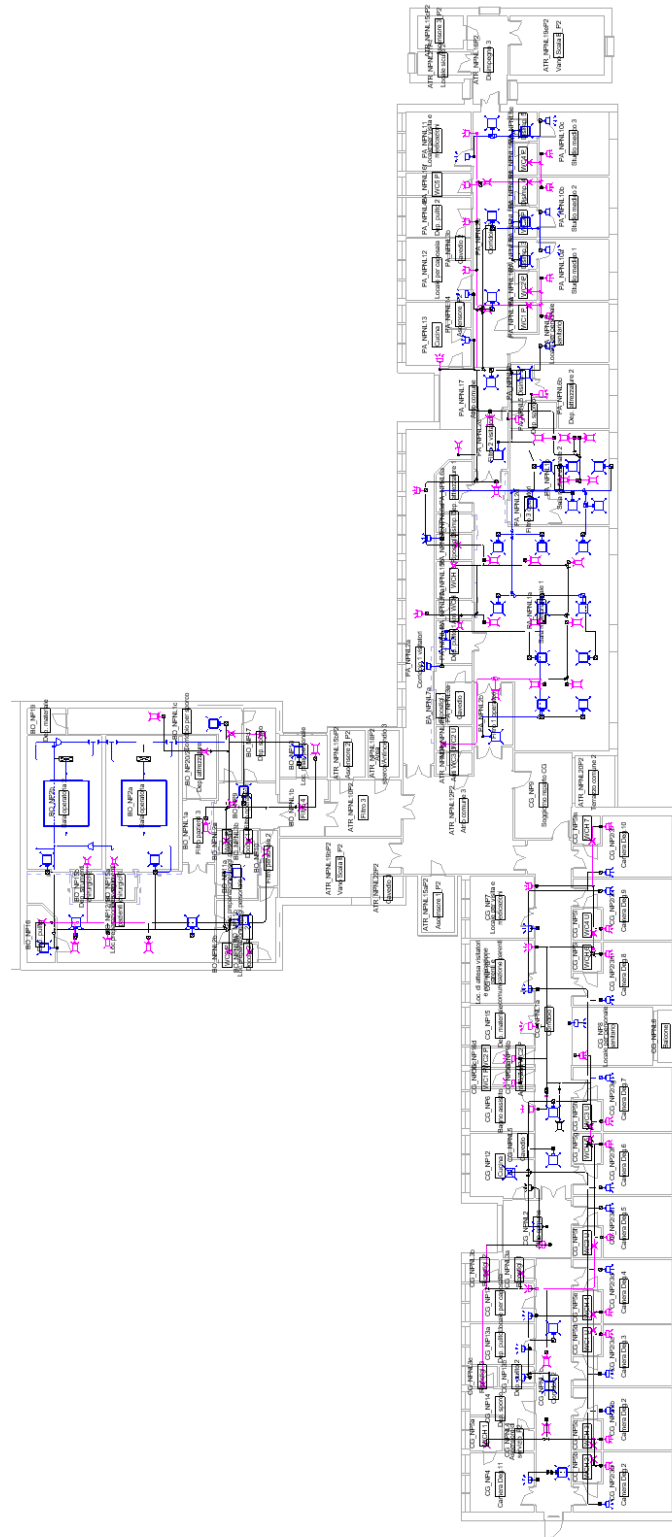


Figura 93 – Layout sistema UTA piano secondo

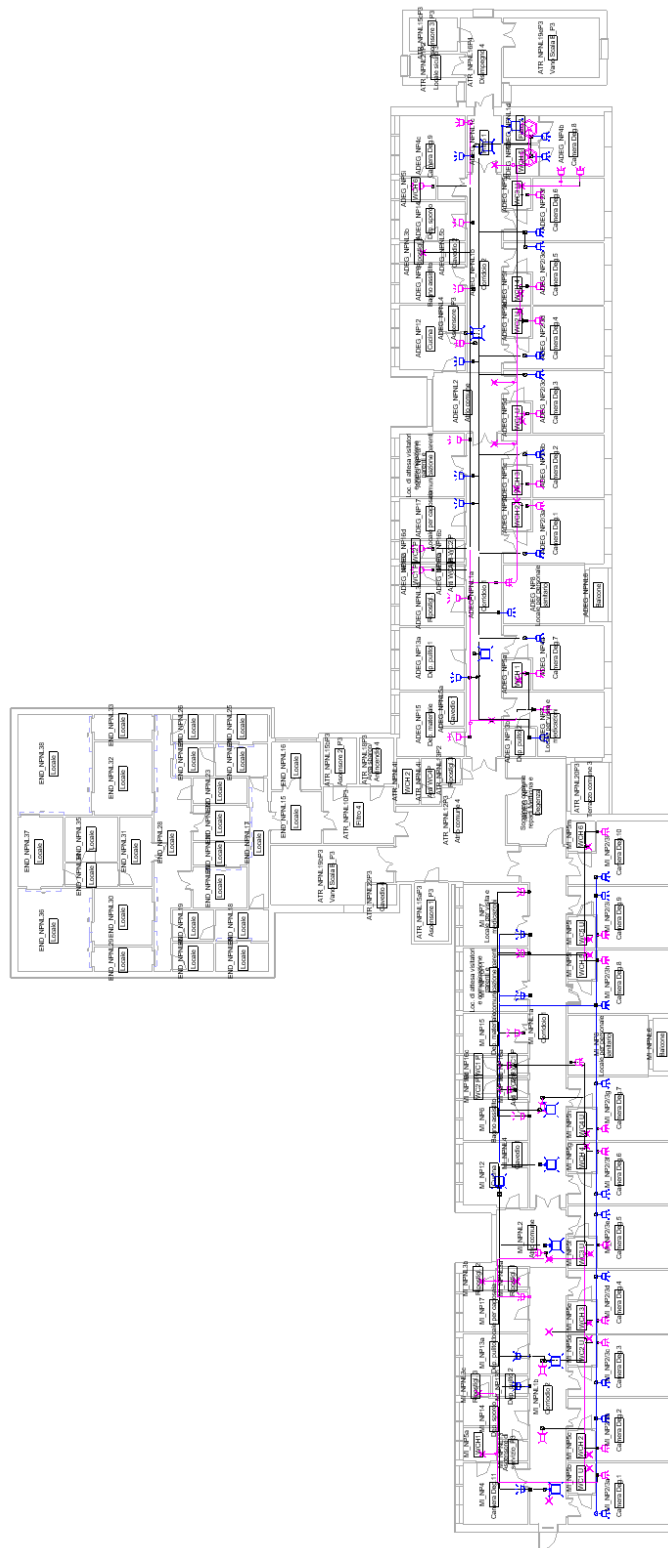


Figura 94 – Layout sistema UTA piano terzo

I requisiti minimi HVAC richiesti dal DGR sono: temperatura interna (estiva ed invernale), umidità relativa e ricambio d'aria all'ora. Un esempio di richiesta di requisiti minimi impiantistici generali da DGR è indicato in Figura 95.

33	<p>impianto di condizionamento ambientale che assicuri nei locali di attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> - una temperatura interna dell'aria compresa tra 20–22 °C nel periodo invernale - una temperatura interna dell'aria compresa tra 26-28 °C nel periodo estivo - una umidità relativa compresa tra 40-60% <p>un ricambio aria/ora (aria esterna senza ricircolo) di 2 v/h</p> <p><i>Nota: per le strutture già in esercizio presenza di un cropprogramma di adeguamento che si sviluppa in un arco temporale di 10 anni</i></p>	<p>relazione di qualifica ambientale a firma di soggetto esperto in ambienti a contaminazione controllata (relazione contenente le misure dei parametri ambientali di cui al requisito, da eseguire con cadenza annuale)</p> <p>certificazione impianti a firma di tecnico abilitato o dichiarazione di rispondenza (DiRi) e valutazione visiva</p>
----	--	---

Figura 95 – Esempio di requisiti minimi HVAC da DGR per il Pronto Soccorso Ospedaliero

Dal DGR sono stati presi e tabellati tutti i valori dei parametri minimi HVAC che variano in base al reparto di riferimento, e tutti i vani e FlowTerminal al suo interno dovranno rispettare questi parametri requisiti. Nella Tabella 6 sono elencati i valori dei quattro requisiti per ogni tipologia di reparto.

Successivamente, sono stati creati ed aggiunti al modello impiantistico i seguenti parametri di progetto: UmiditàRelativa, TemperaturaInternaINV, TemperaturaInternaEST.

Quest'ultimi sono stati attribuiti alle categorie di vani e bocchettoni, così da poter essere compilati e pronti per la verifica del DGR, così come nelle Figure 96 e 97.

Tabella 6 – Lista assegnazione valori parametri HVAC per ogni reparto

Reparti	Parametri HVAC da DGR			
	T°int Estate [°C]	T°int Inverno [°C]	Umidità Relativa [%]	Ricambi d'aria all'ora [v/h]
ATR	26-28	20-22	40-60	2
PSO	26-28	20-22	40-60	2
RI	20-24	20-24	40-60	15 - Sala operatoria
				6 - Sala preparazione
				2 - Altro
AMM	26-28	20-22	40-60	2
CDO	20-26	20-26	40-60	2
DH	26-28	20-22	40-60	2
LA	26-28	20-22	40-60	2
MR	26-28	20-22	40-60	2
BO	20-24	20-24	40-60	15 - Sala operatoria
				6 - Sala preparazione
				2 - Altro
CG	26-28	20-22	40-60	2
PA	26-28	20-22	40-60	2
ADEG	26-28	20-22	40-60	2
MI	26-28	20-22	40-60	2

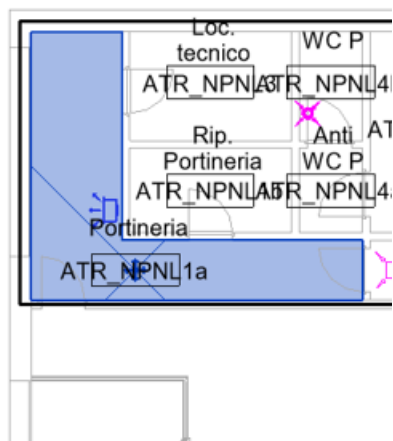
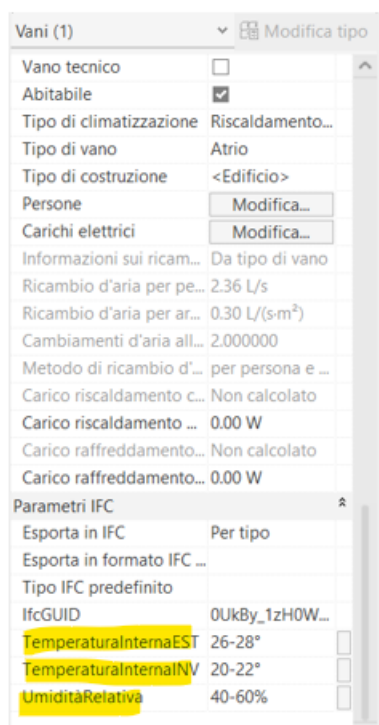


Figura 96 - Assegnazione parametri di progetto al vano

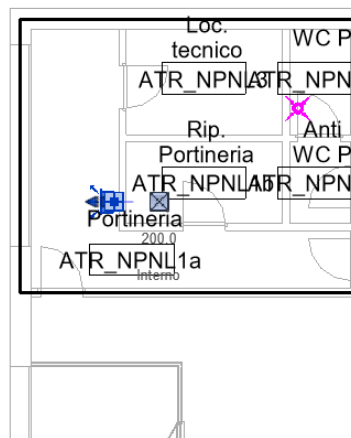
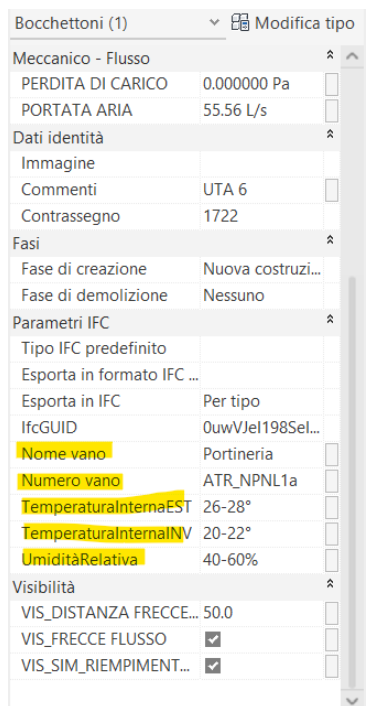


Figura 97- Assegnazione parametri di progetto al FlowTerminal

Prima di passare all'esportazione, occorre osservare la gerarchia del sistema meccanico UTA. Per questo si è introdotto il "Browser di sistema", che ordina ed elenca gerarchicamente tutti i circuiti meccanici presenti nel progetto, rappresentati in Figura 98. È importante il "Browser di sistema" per avere poi una relazione tra vano ed impianto, ossia tra ambiente e terminale, così collegare le informazioni e i parametri assegnati che verranno poi esportati.

Sistemi	Flusso	Dimensione
Meccanico (22 sistemi)		
Aria di mandata		
Meccanico Aria di mandata 1 - P0	263.9 ...	
Meccanico Aria di mandata 1 - P1	179.7 ...	
Meccanico Aria di mandata 1 - P2	83.3 L...	
Meccanico Aria di mandata 1 - P3	83.3 L...	
Meccanico Aria di mandata 2 - P0	125.0 ...	
Meccanico Aria di mandata 2 - P1	140.3 ...	
Meccanico Aria di mandata 2 - P2	138.9 ...	
Meccanico Aria di mandata 2 - P3	97.2 L...	
Meccanico Aria di mandata 3 - P0	152.8 ...	
Meccanico Aria di mandata 3 - P1	111.1 ...	
Meccanico Aria di mandata 3 - P2	173.6 ...	
Aria di ritorno		
Meccanico Aria di ritorno 1 - P0	27.8 L...	
Meccanico Aria di ritorno 1 - P1	27.8 L...	
Meccanico Aria di ritorno 1 - P2	27.8 L...	
Meccanico Aria di ritorno 1 - P3	27.8 L...	
Meccanico Aria di ritorno 2 - P0	13.9 L...	
Meccanico Aria di ritorno 2 - P1	13.9 L...	
Meccanico Aria di ritorno 2 - P2	13.9 L...	
Meccanico Aria di ritorno 2 - P3	41.7 L...	
Meccanico Aria di ritorno 3 - P0	55.6 L...	
Meccanico Aria di ritorno 3 - P1	27.8 L...	
Meccanico Aria di ritorno 3 - P2	27.8 L...	

Figura 98 – Browser di sistema per sistemi UTA

Tramite l'introduzione dei parametri di progetto "Nome vano" e "Numero vano", sono stati assegnati per ogni FlowTerminal il numero e nome del vano di riferimento su cui è presente il terminale. Un esempio è riportato in Figura (quella sopra). Completato il modello impiantistico su Revit, si è passati all'esportazione del progetto in file IFC, nel formato 2x3. Come precedentemente descritto nel Par. 4.2.1, per l'esportazione possono essere utilizzati 2 metodi:

- i. Esportazione abachi come gruppi di proprietà
- ii. Esportazione gruppi di proprietà definiti dall'utente

Anche in questo caso si esporta tramite l'utilizzo del metodo *ii.*, quindi impiegando un Pset personalizzato creato ed illustrato in Figura 99.

PropertySet:	Pset_MEPospedale	I	IfcSpace,IfcZone,IfcSystem,IfcFlowTerminal,IfcAirTerminal
Nome	Testo	Numero	
Numero	Testo	Nome	
Zona	Testo		
Tipo di vano	Testo		
Volume	Testo		
Nome vano	Testo		
Numero vano	Testo		
Nome sistema	Testo		
Cambiamenti d'aria all'ora		Testo	
UmiditàRelativa		Testo	
TemperaturaInternaINV	Testo		
TemperaturaInternaEST	Testo		

Figura 99 – Pset personalizzato per modello impiantistico

Osservando il Pset, si può notare come vengono esportati oltre i nomi e numeri dei vani e dei bocchettoni, i parametri di ventilazione meccanica per la verifica del DGR. Inoltre, si può osservare come i parametri “Nome” e “Numero” abbiano, dopo il Tipo di dato “Testo”, il campo facoltativo di proprietà IFC diverso (evidenziato in giallo in Figura 99). Questo perché durante l’esportazione del file IFC su BIMvision si è riscontrato un problema di scambio di informazioni, ossia di default sotto la voce Nome sono presenti i numeri dei vani e sotto la voce Numero sono presenti i nomi dei vani. Per risolvere la questione, si sono andati ad invertire i valori presenti sotto le colonne Nome e Numero sull’abaco di Revit, poi nel file .txt di esportazione si è obbligato il Pset ad esportare le proprietà invertendole utilizzando appunto il campo facoltativo.

Dopo aver selezionato i gruppi di proprietà da esportare e dopo aver scelto il nome del file IFC, si può esportare il file che sarà aperto e verificato su BIMvision.

Aperto il file IFC esportato sul visualizzatore BIMvision, si può osservare, sotto la voce “Sistemi” il risultato del “Browser di sistema”. L’esportazione non mantiene la gerarchia tra circuiti di mandata e ritorno presente su Revit, ma suddivide i circuiti in base al posizionamento nei piani, così come mostrato in Figura 100.

Attivi	Tipo	Nome	Descrizione
<input checked="" type="checkbox"/>	Sistemi		
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 1 - P0	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 1 - P0	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 3 - P0	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 3 - P0	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 2 - P0	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 2 - P0	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 1 - P1	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 3 - P1	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 2 - P1	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 1 - P1	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 3 - P1	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 2 - P1	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 1 - P2	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 2 - P2	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 3 - P2	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 3 - P2	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 2 - P2	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 1 - P2	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 1 - P3	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 1 - P3	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di mandata 2 - P3	
<input checked="" type="checkbox"/>	IfcSystem	Meccanico Aria di ritorno 2 - P3	

Figura 100 – Visualizzazione Browser di sistema su BIMvision

Selezionando un FlowTerminal o un vano, si può invece osservare come BIMvision fornisce una corretta visualizzazione dei parametri esportati dal Pset, come nome/numero vano o i parametri per la verifica DGR. Questo verifica che il file IFC permette un'esportazione completa senza perdite o variazioni di informazioni rispetto al modello impiantistico.

Nelle Figure 101, 102, 103 e 104 sono riportati degli esempi di vani e FlowTerminal presenti nei vari piani con le relative informazioni esportate dal Pset e consultabili sotto la voce "Proprietà - Pset_ospedaleMEP".

Il progetto impiantistico è quindi pronto per essere caricato in piattaforma WeBim.

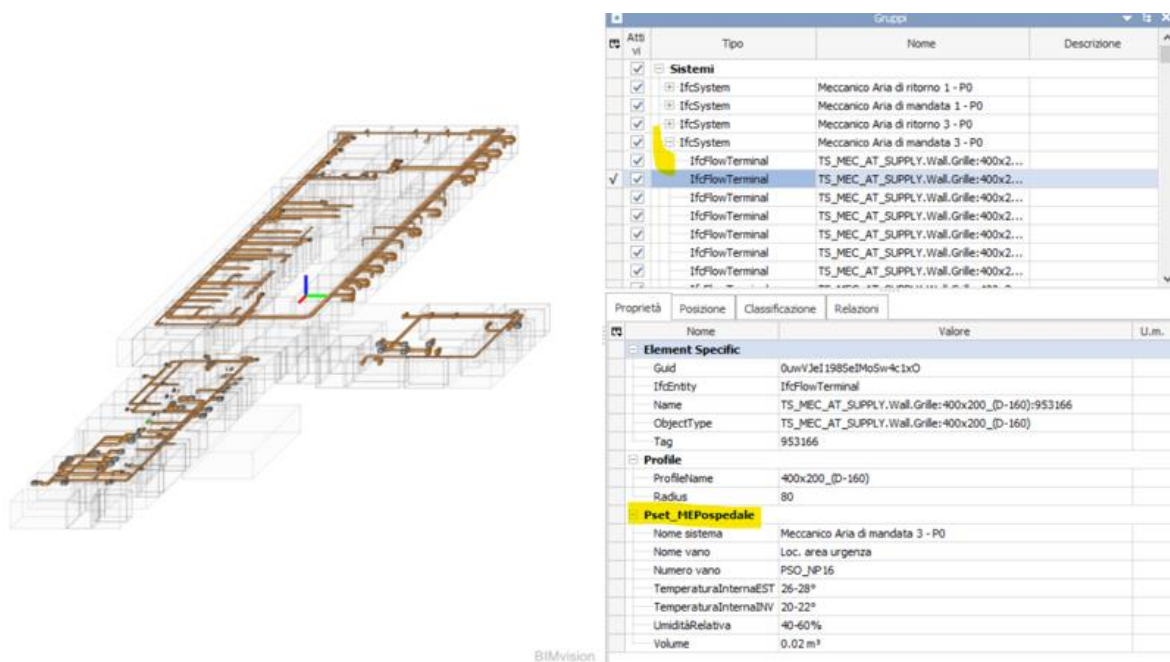


Figura 101 - Visualizzazione gerarchia del Browser di sistema del piano terra nel modello impiantistico e del Pset_ospedale

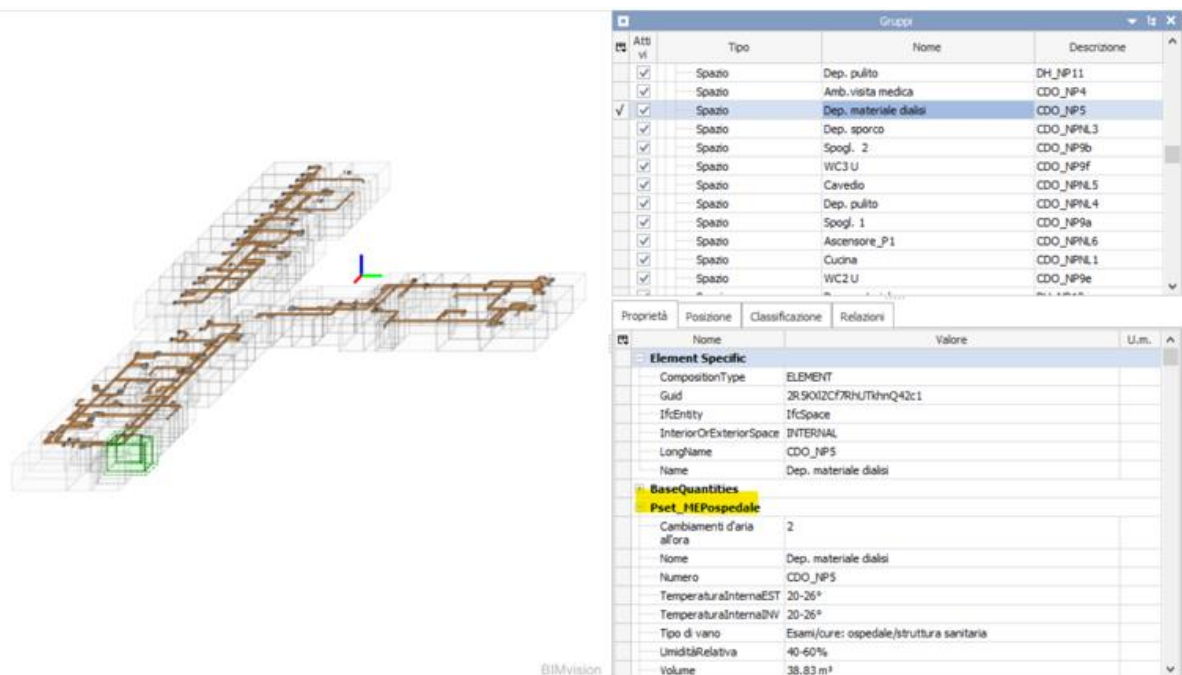


Figura 102 – Visualizzazione di un vano del piano primo nel modello impiantistico e del Pset_ospedale

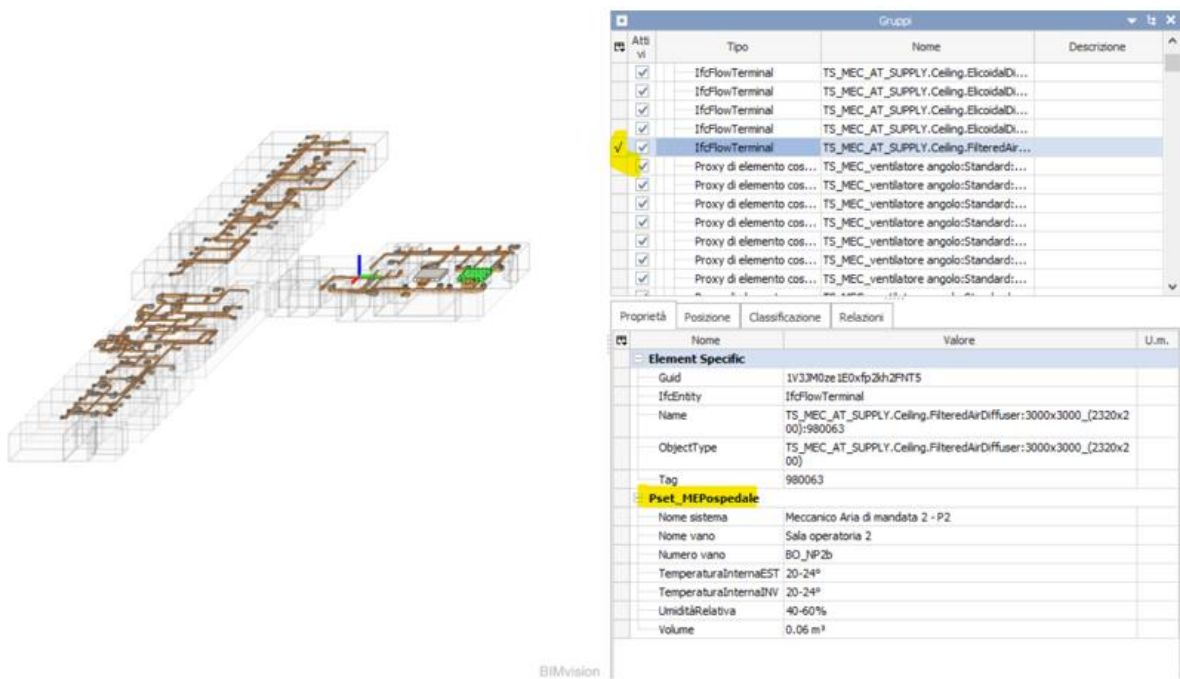


Figura 103 - Visualizzazione gerarchia del Browser di sistema del piano secondo nel modello impiantistico e del Pset_ospedale

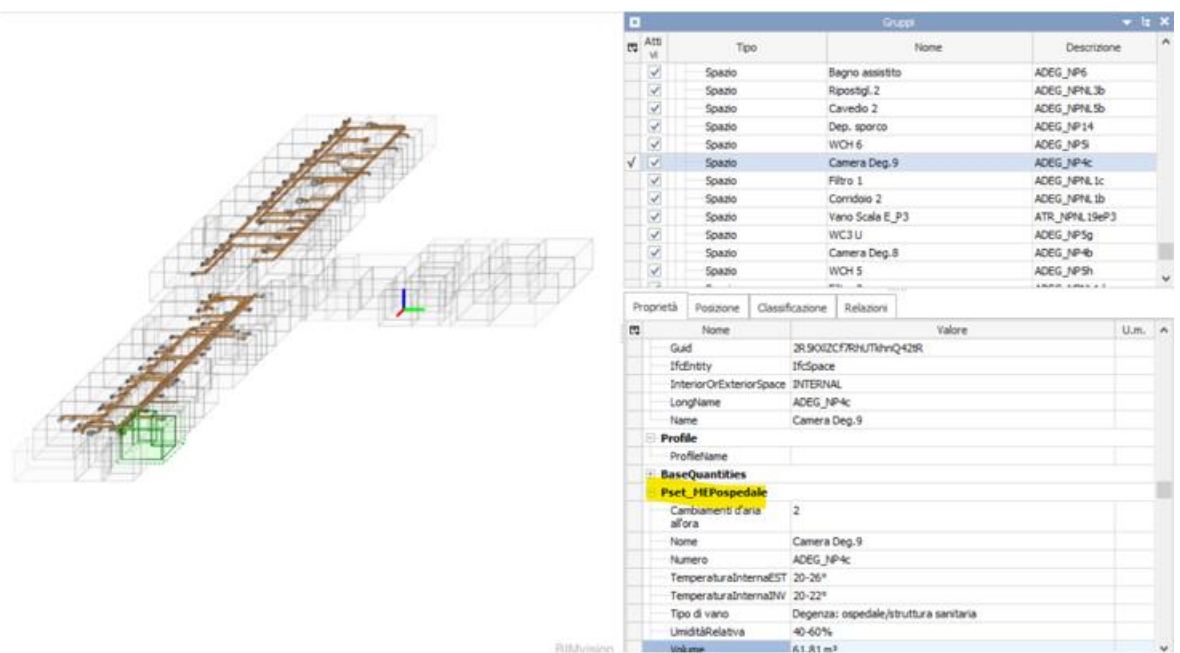


Figura 104 - Visualizzazione di un vano del piano terzo nel modello impiantistico e del Pset_ospedale

4.3 Model Checking

Il Model Checking è un metodo per verificare algoritmicamente i sistemi formali. Viene realizzato mediante la verifica del modello, spesso derivato dal modello hardware o software, soddisfacendo una specifica formale, spesso scritta come formule logiche temporali.

L'obiettivo del Model Checking è assicurare che il modello sia coerente, privo di errori e conforme agli standard richiesti. Esso comprende tutte quelle attività che comportano il “controllo qualità” di un modello BIM, atte a verificarne la costruibilità, il rispetto degli standard normativi e la validità delle informazioni in esso inserite.

Tali attività si svolgono sia nella fase progettuale che esecutiva, consentendo così di tenere traccia di tutte le revisioni e modifiche che normalmente intercorrono lungo tutte le fasi di design e di costruzione, oltre alla gestione delle interferenze del cantiere stesso nei confronti del progetto in corso di realizzazione.

Il Model Checking si articola in tre fasi distinte, ma che devono coesistere per garantire la completezza del processo (Figura 105). Esse sono:

3. **BIM Validation:** è una verifica di tipo tecnico che determina e valida la qualità del modello e la coerenza delle sue parti. Può essere effettuata tramite software specifici che sfruttano set di regole parametriche specificatamente settate per rilevare errori di modellazione o incongruenze nell’inserimento dei dati.
4. **Clash Detection:** si tratta del controllo delle interferenze geometriche e spaziali all’interno del modello: tramite questo tipo di procedura si vanno ad intersecare i diversi modelli divisi per disciplina e si possono evidenziare sovrapposizioni ed interferenze classificate secondo diversi gradi di severità.
5. **Code Checking:** anche chiamato “analisi delle incoerenze”, questo livello di verifica si occupa della comparazione dei contenuti del modello con i requisiti di progetto e lo standard normativo, implementati nel modello secondo parametri definiti, inseriti negli oggetti ed elementi modellati.

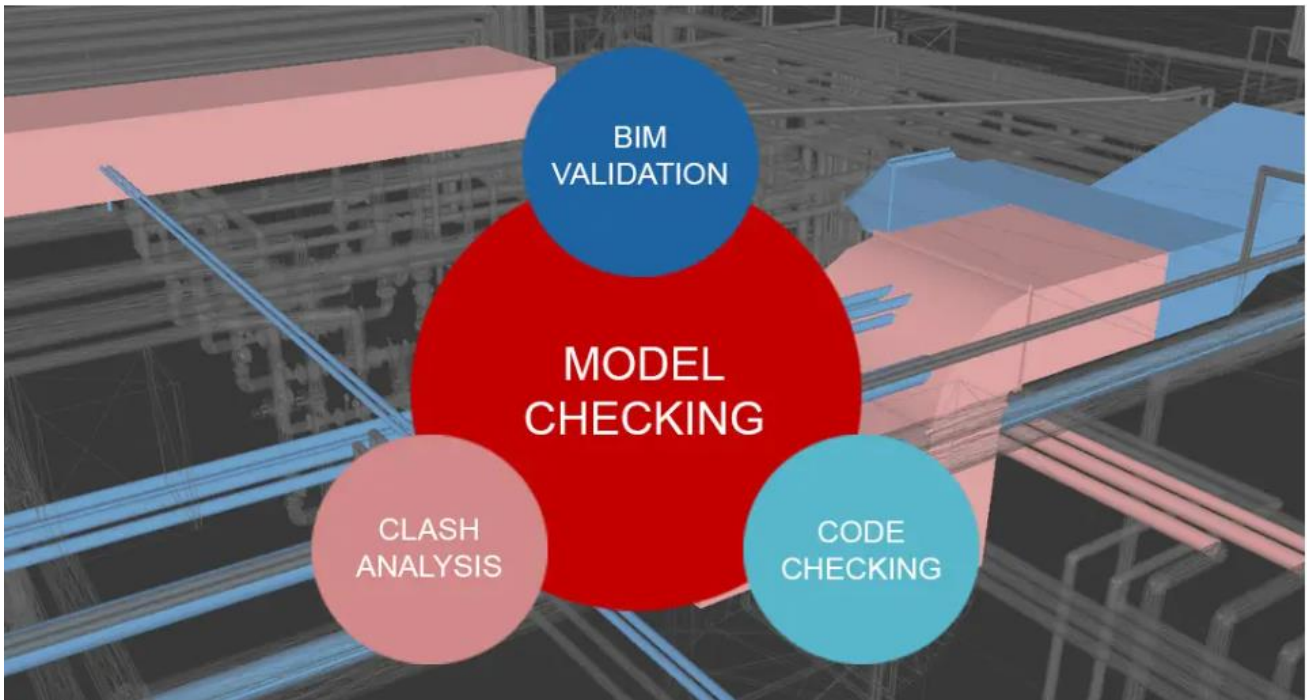


Figura 105 – L'insieme del Model Checking

Nel caso di studio, si ha dunque un lavoro di Model Checking e non di Code Checking, ossia quindi di verificare che nel modello BIM ci sia tutto quello che serve del Capitolato Informativo e non verificare se rispetta le leggi.

Infatti, dopo aver caricato i 2 file esportati in IFC, uno architettonico ed uno impiantistico, occorre verificare la presenza di tutti i parametri come spazi, zone, vani e FlowTerminal introdotti su Revit così come da requisiti minimi del DGR e verificare le relazioni tra le varie entità.

4.3.1 Verifica in piattaforma degli spazi

Una volta esportati i file IFC con i parametri richiesti, si passa alla verifica del modello architettonico nella piattaforma WeBim. Il concetto alla base della validazione è verificare che dentro una zona ci siano tutti gli spazi richiesti dal DGR. In questo momento quindi si verifica dal punto di vista del committente. Si valuta ogni reparto, che al suo interno ha delle zone che a loro volta hanno degli spazi. La verifica è positiva se gli spazi e zone presenti nel DGR, messi a confronto con quelli in piattaforma, si trovano tutti. Altrimenti, in caso di verifica negativa, capire quale spazio o zona è assente.

Dopo aver caricato il file IFC nella piattaforma, lo si seleziona e lo si apre come in Figura 106.

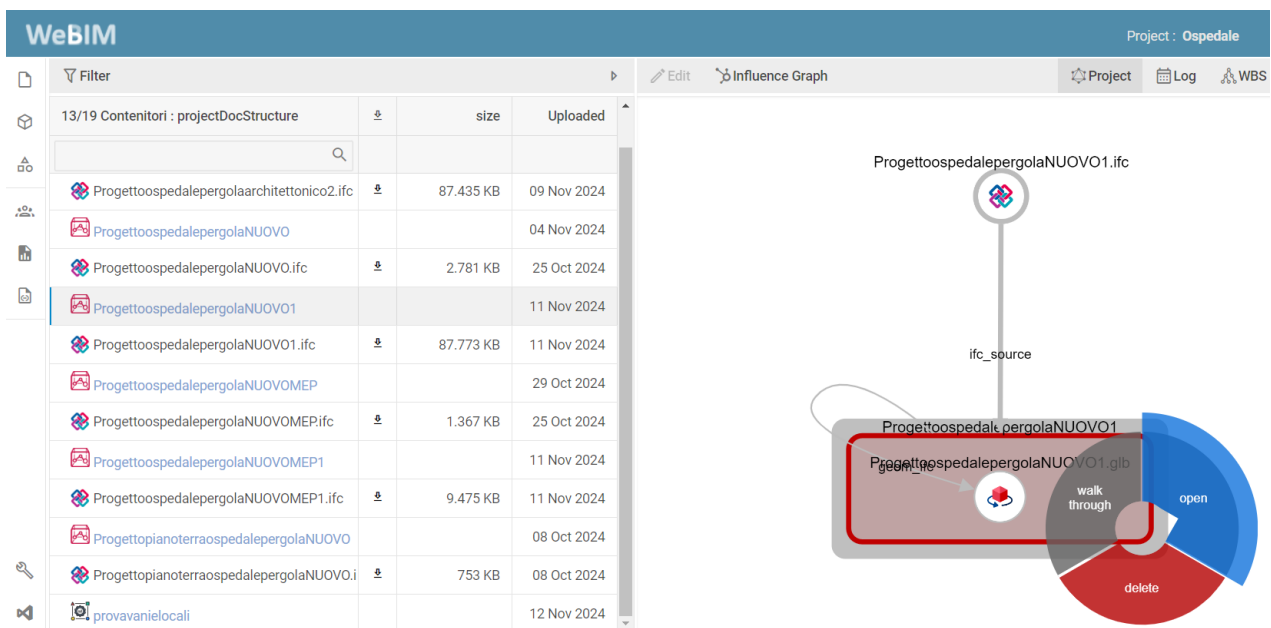


Figura 106 – Apertura del file ifc del progetto architettonico sulla piattaforma WeBim

All'apertura, il file si presenterà come in Figura 107.



Figura 107– Visualizzazione progetto architettonico sulla piattaforma

Aperto il file, prima della verifica, occorre settare delle impostazioni. In particolare, selezionare l'opzione “show spaces” e disattivare la voce “show building elements”. Questo permette di visualizzare nel progetto solo i locali e le zone, così come illustrato in Figura 108.

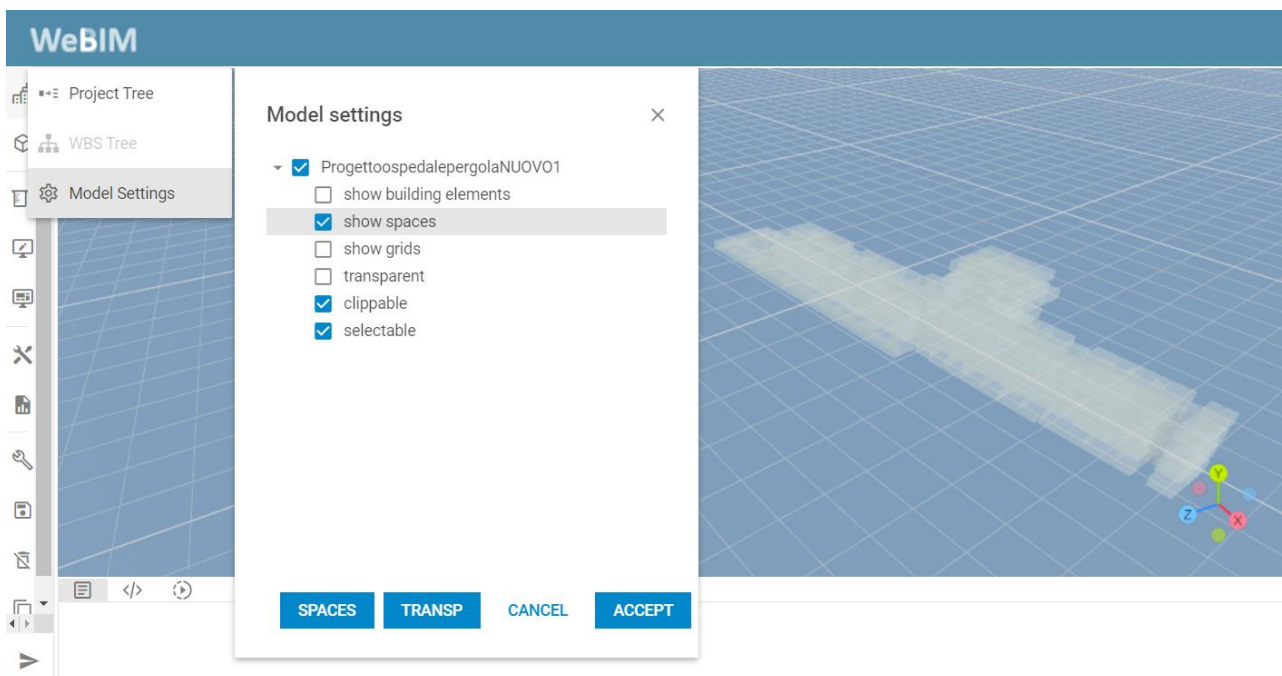


Figura 108 – Visualizzazione spazi sulla piattaforma

Si passa ora alla verifica della presenza degli spazi, interrogando il progetto. Si eseguono i seguenti passaggi:

Query -> Category -> Extract Entity Type -> Sul comando “entity types” digitare: [“IfcSpace”] -> Tornare su “Query” e mandare in “Run”

Questo procedimento è delineato in Figura 109.

Tramite questi passaggi si riesce ad avere un elenco di tutti gli spazi presenti nel progetto, potendo controllare la presenza o meno dai requisiti minimi del DGR. Ugual controllo è possibile farlo per le zone, introducendo su “entity types” il parametro: [“IfcZone”].

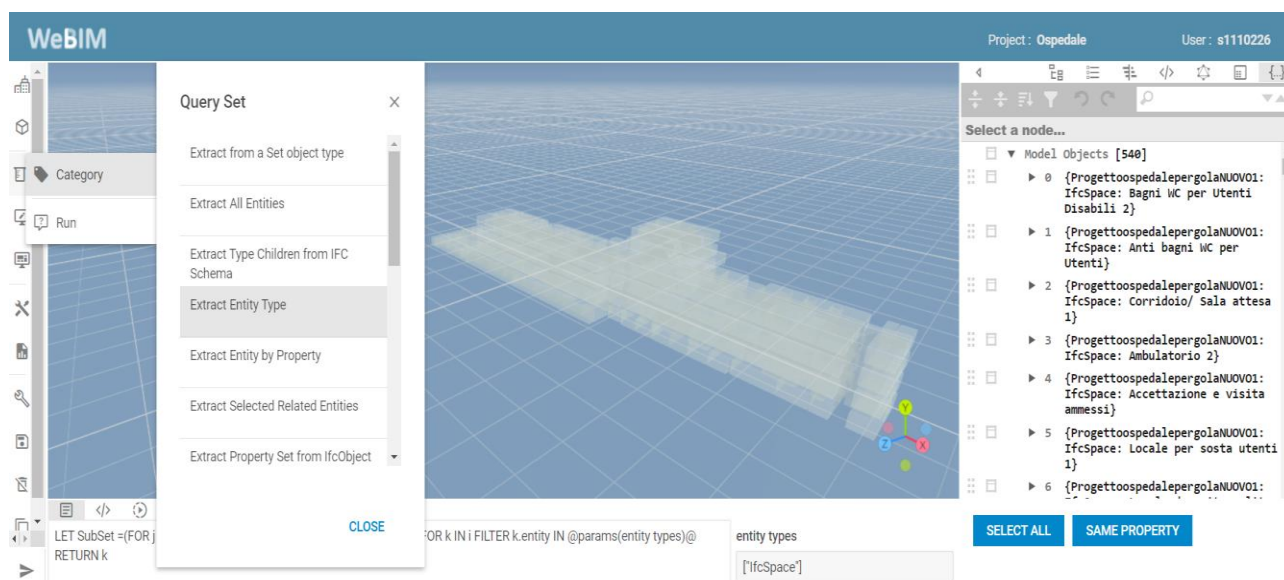


Figura 109 – Controllo elenco spazi tramite Extract Entity Type

Per velocizzare la verifica è possibile utilizzare un'altra modalità. Utilizzando infatti la query “Extract Elements by PropertySet Value” su Category, è possibile interrogare il progetto estrapolando dal property set gli spazi desiderati. In Figura 110, si mostra come andando a definire il property set: “ZoneName” e scegliere come property values: [“IFCTEXT(UI)”] è possibile elencare gli spazi presenti all'interno della zona interrogata.

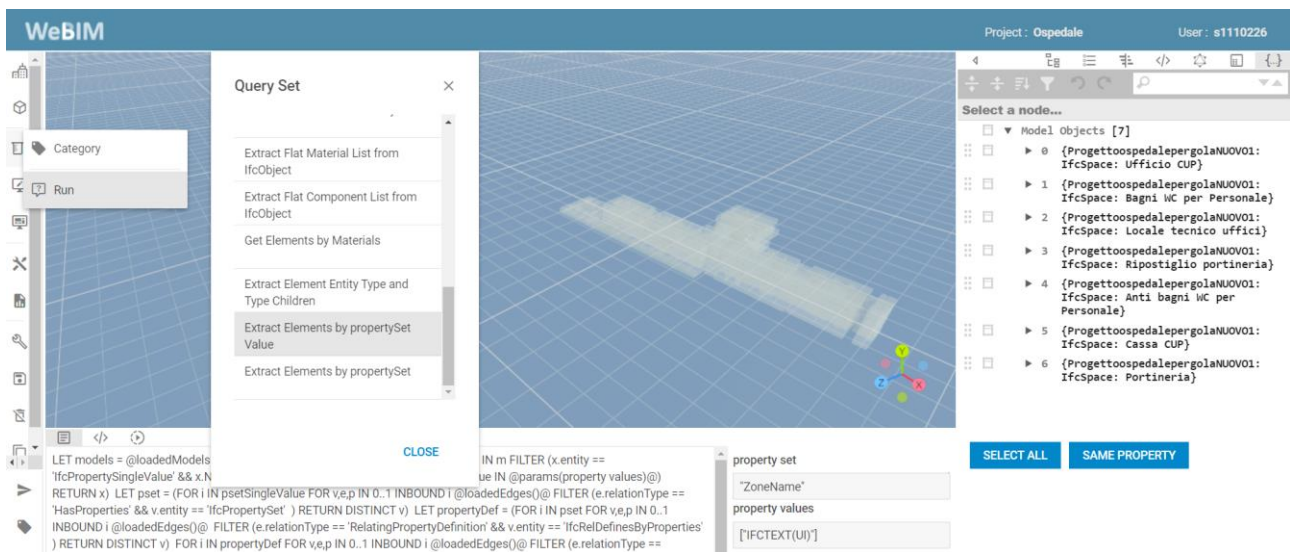


Figura 110 - Controllo elenco spazi tramite Extract Elements by PropertySetValue

Reiterando il processo per ogni zona è possibile stilare una tabella avente una corrispondenza tra la lista dei locali dall'Abaco Revit e la lista dei locali della piattaforma. Un'esempio della tabella è riportato in Figura 111.

Lista dei locali Abaco Revit	Lista dei locali Piattaforma	N° locali	ZoneGroup Name	Zone Name	QUERY	
					property set	property values
Portineria	Portineria	7	ATR	UI	"ZoneName"	["IFCTEXT(UI)"]
Ripostiglio portineria	Ripostiglio portineria					
Cassa CUP	Cassa CUP					
Ufficio CUP	Ufficio CUP					
Locale tecnico uffici	Locale tecnico uffici					
Anti bagni WC per Perso	Anti bagni WC per Perso					
Bagni WC per Personale	Bagni WC per Personale					

Figura 111 – Esempio 1 verifica corrispondenza dei locali tra abaco e piattaforma

Lo stesso procedimento può essere verificato utilizzando il property set "ZoneLongName" e relativi property values così come in Figura 112.

Lista dei locali Abaco Revit	Lista dei locali Piattaforma	N° locali	ZoneGroup Name	ZoneLong Name	QUERY	
					property set	property values
Portineria	Portineria	7	ATR	Uffici Informativi	"ZoneLong Name"	["IFCTEXT(Uffici Informativi)"]
Ripostiglio portineria	Ripostiglio portineria					
Cassa CUP	Cassa CUP					
Ufficio CUP	Ufficio CUP					
Locale tecnico uffici	Locale tecnico uffici					
Anti bagni WC per Perso	Anti bagni WC per Perso					
Bagni WC per Personale	Bagni WC per Personale					

Figura 112 – Esempio 1 verifica corrispondenza dei locali tra abaco e piattaforma

Verificata la presenza di tutti gli spazi e zone, l'interesse passa all'analisi del legame tra spazio e zona, cioè capire la loro relazione e da quale query e proprietà sono uniti. Per fare questo si utilizza la funzione Grafo, già descritta al par. 2.3.2., dove gran parte delle proprietà e relazioni sono visualizzate, e tramite le query (par.2.3.3) si cercano i percorsi con le informazioni desiderate. Quindi partendo da un locale è possibile filtrare e cercare i suoi legami, il modello di cui fa parte, in che zona e reparto appartiene, etc.

Per verificare tale legame si realizza un esempio con due zone appartenenti allo stesso reparto con tutti gli spazi, considerabile come uno sottoinsieme del grafo di tutto il progetto, e si controllano le relazioni tra le proprietà. Per questo esempio sono state scelte le zone: "Zona di Direzione" (ZD) e "Zona di Attesa Uffici Amministrativi" (ZAUA) del reparto Amministrazione con i loro cinque locali. In Figura 113 si mostra il grafo di esempio delle zone dove si nota come sia contorto ed intricato. I 5 quadrati blu sono gli IfcSpace rappresentanti i 5 Locali che sono legati alle loro zone di appartenenza che a loro volta sono relazionate al reparto Amministrazione.

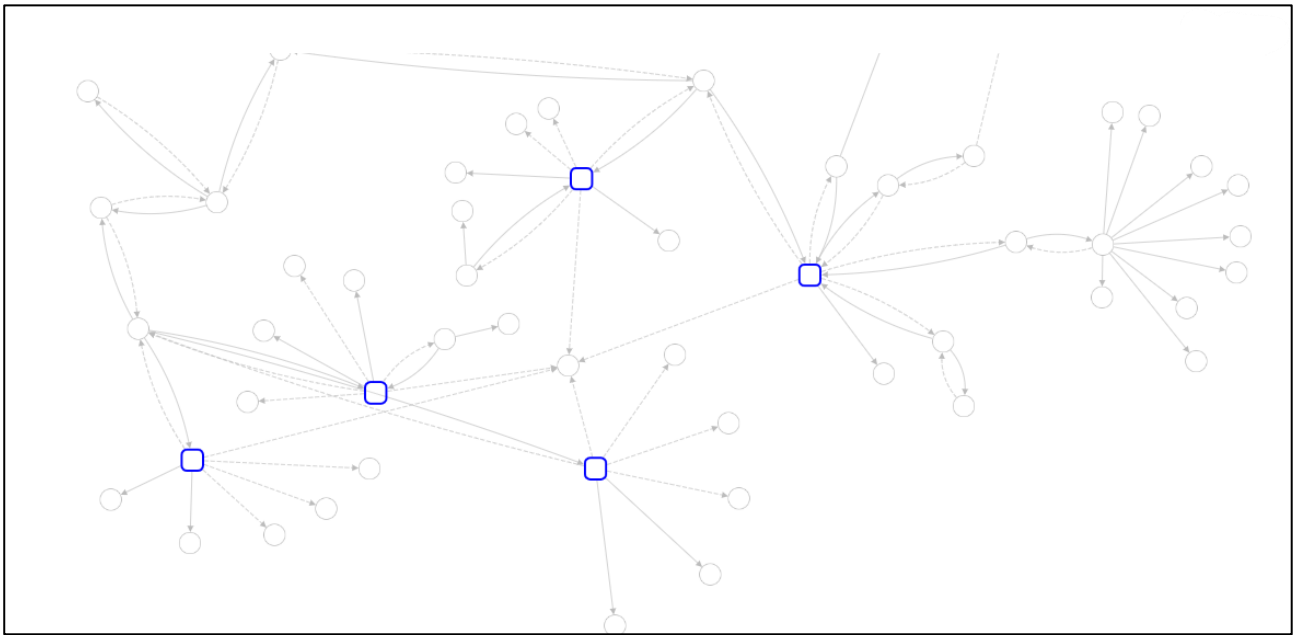


Figura 113 – Esempio legame di relazione tra spazi e zone

Per capire meglio quali sono le relazioni e query che legano lo spazio e la zona, si mette sotto la lente di ingrandimento uno spazio preciso con la zona di riferimento. Lo spazio scelto è “Sala d’attesa” relativo alla zona “Zona di Attesa Uffici Amministrativi”.

Come da Figura 114, si nota come l’IfcSpace è collegato all’IfcZone dall’entità IfcRealAssignstoGroup #1630042, mentre la Ifczone è collegata al IfcGroup dall’entità IfcRealAssignstoGroup #1630086. Questo è il motivo dello studio nel capitolo 2.3 dei grafi e query. Nella Tabella 7 è riassunto questo passaggio.

Tabella 7 – Relazione di legame tra spazio e zone

Space (Locali)	↔	Zone (Sotto-reparti)	↔	Zone Group (Reparti)
IfcSpace #8165 = Sala Attesa	IfcRealAssignstoGroup #1630042	IfcZone #1630041 = Zona di Attesa Uffici Amministrativi	IfcRealAssignstoGroup #1630086	IfcGroup #1630086 = Amministrazione

Da evidenziare come non tutte le proprietà dell'IfcSpace sono state espresse perché esulano dalla verifica, tranne quella che riguarda l'entità IfcPropertySet, collegata all'IfcSpace dall'entità IfcRelDefinedByProperties, e dove si trovano altre entità chiamate IfcPropertySingleValue che possiedono i valori dei parametri di progetto (IfcName, ZoneName, etc.) esportati dal Pset che definiscono le informazioni dell'IfcSpace.

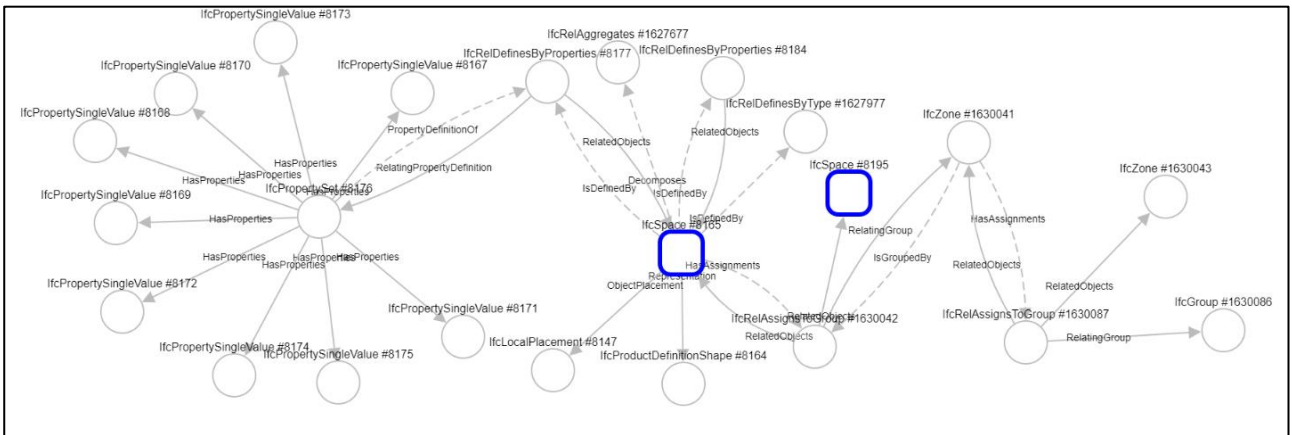


Figura 114 – Legame di relazioni spazio-zona

4.3.2 Verifica in piattaforma degli impianti

La verifica del DGR per gli impianti HVAC è diversa rispetto ad altri requisiti dove basta verificare la presenza. In questa verifica sono richiesti che i parametri di Temperatura Interna, Umidità relativa e ricambi d'aria all'ora siano all'interno di certi intervalli definiti dai requisiti minimi impiantistici del DGR. Quindi, una volta esportati i file IFC con i parametri richiesti, si passa alla verifica del modello impiantistico nella piattaforma WeBim. Il concetto alla base della validazione è verificare che dentro i parametri all'interno dei vani rispettino le prescrizioni del DGR. In questo momento quindi si verifica dal punto di vista del committente. Per fare questo, i legami che da valutare sono quelli tra FlowTerminal rispetto il vano e le proprietà associate ad essi.

Dopo aver caricato il file IFC nella piattaforma, lo si seleziona e lo si apre come in Figura 115.

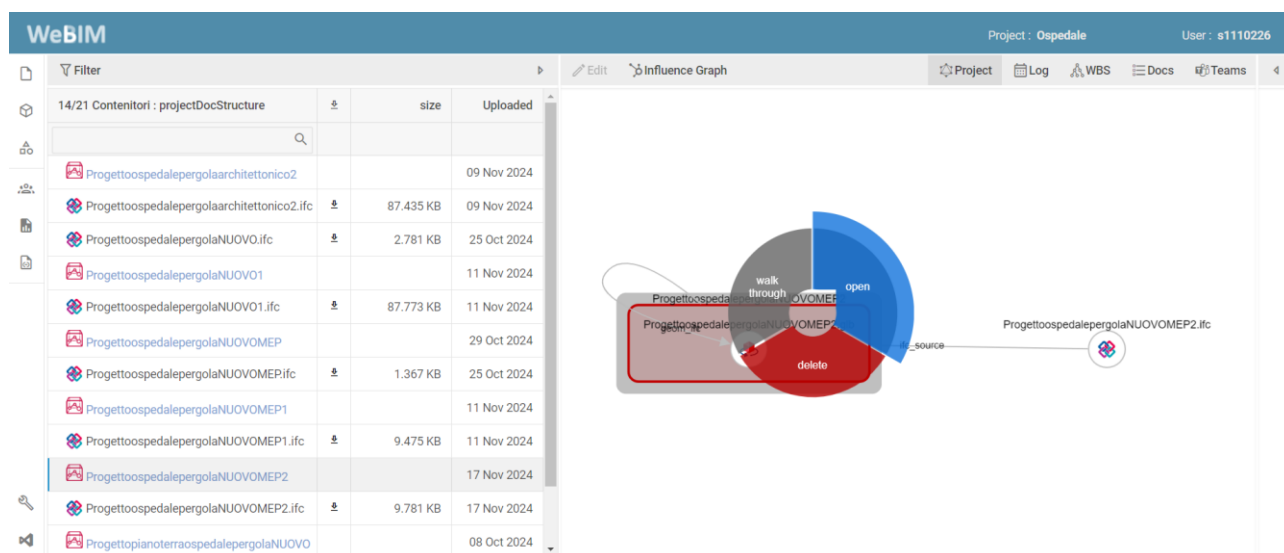


Figura 115 – Apertura del file ifc del progetto impiantistico sulla piattaforma WeBim

All'apertura, il file si presenterà come in Figura 116.

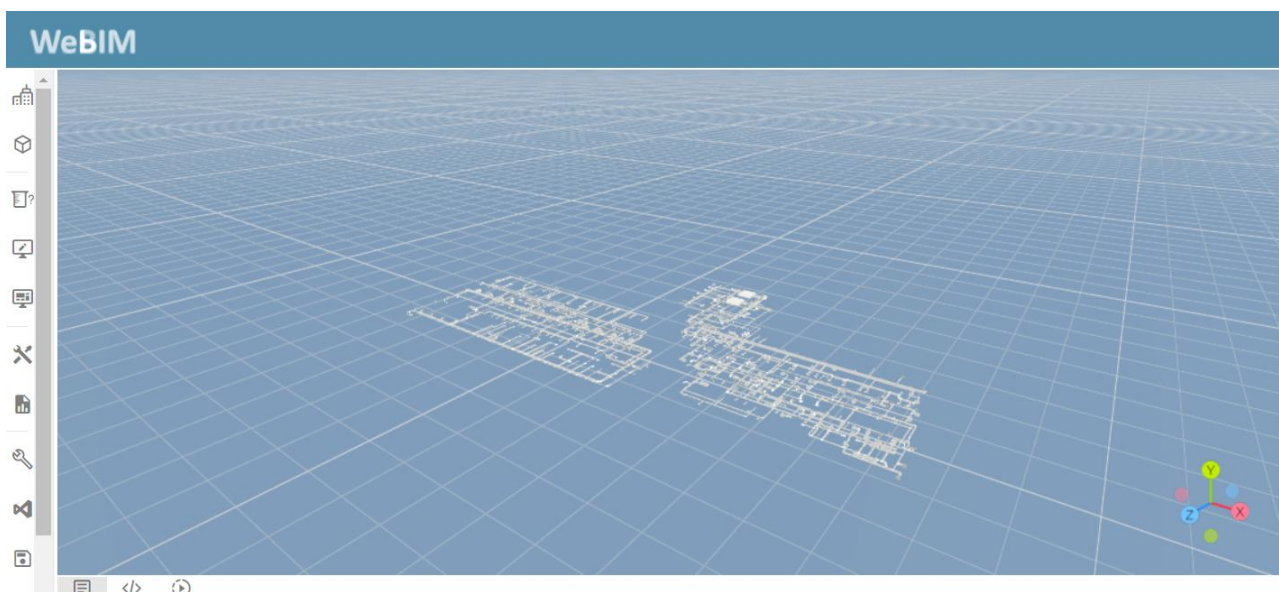


Figura 116 – Visualizzazione progetto impiantistico sulla piattaforma

Aperto il file, prima della verifica, occorre settare delle impostazioni. In particolare, selezionare anche l'opzione "show spaces". Questo permette di visualizzare nel progetto con vani e impianti, così come illustrato in Figura 117.

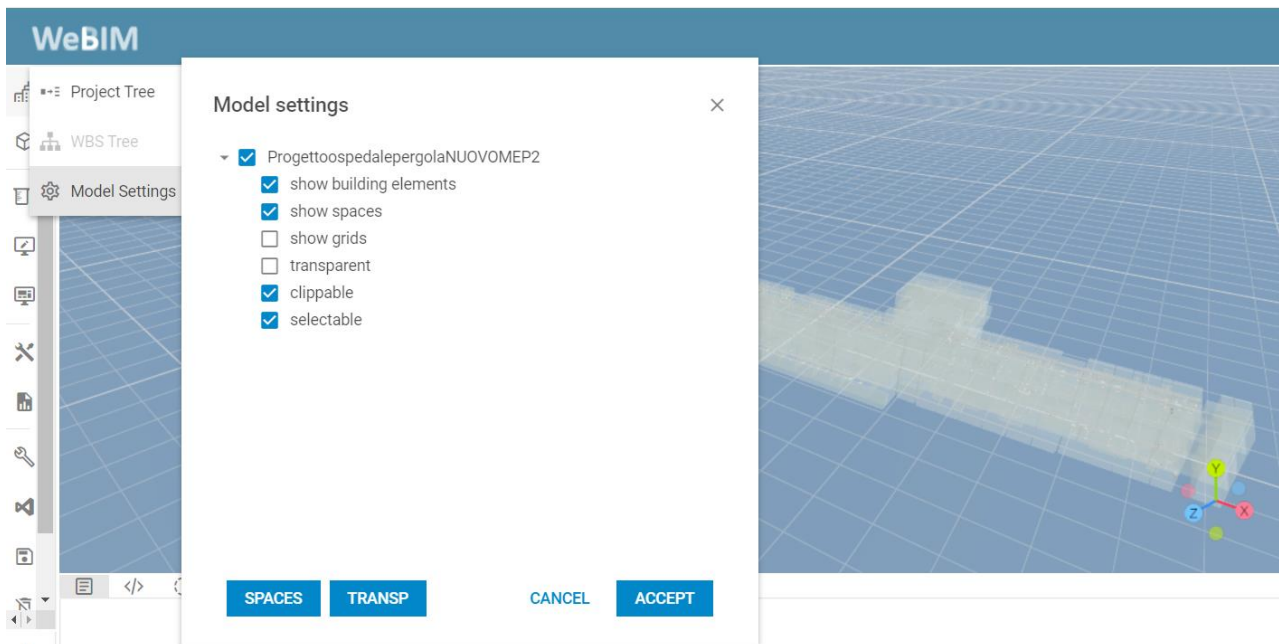


Figura 117 - Visualizzazione vani ed impianti sulla piattaforma

Si passa ora alla verifica della presenza dei vani ed impianti, interrogando il progetto. Si eseguono i seguenti passaggi:

Query -> Category -> Extract Entity Type -> Sul comando “entity types” digitare: ["IfcSpace"] -> Tornare su “Query” e mandare in “Run”

Uguale controllo è possibile farlo per gli impianti, introducendo su “entity types” il parametro: *[“IfcFlowTerminal”]*. Tramite questi passaggi, raffigurati in Figura 118 e 119, si riesce ad avere un elenco di tutti gli i vani e impianti presenti nel progetto.

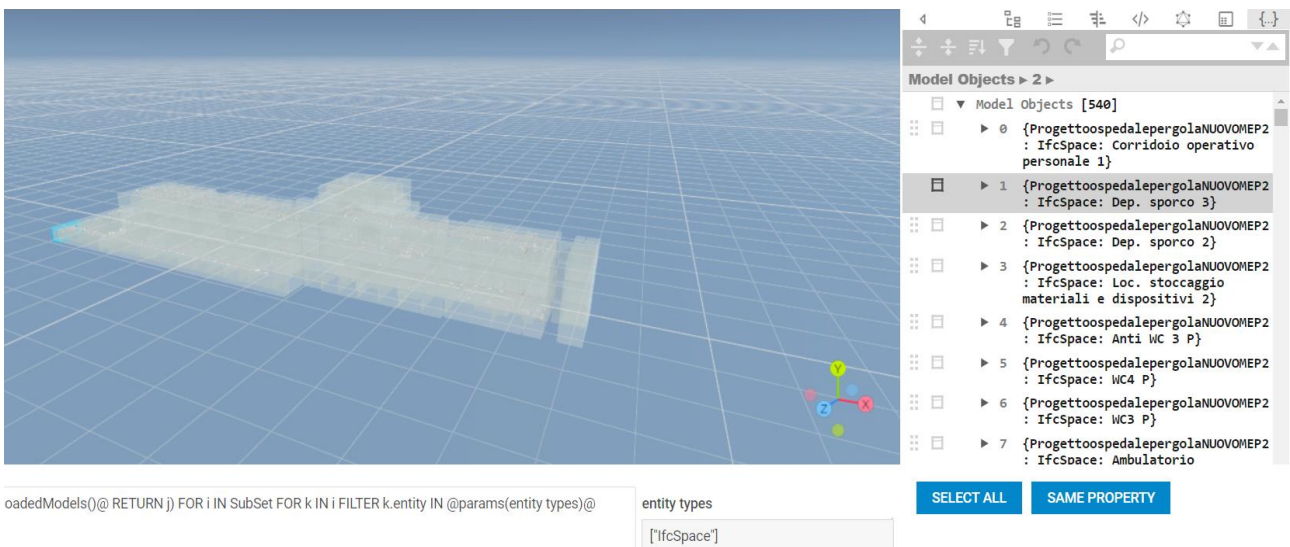


Figura 118 – Controllo elenco vani tramite Extract Entity Type

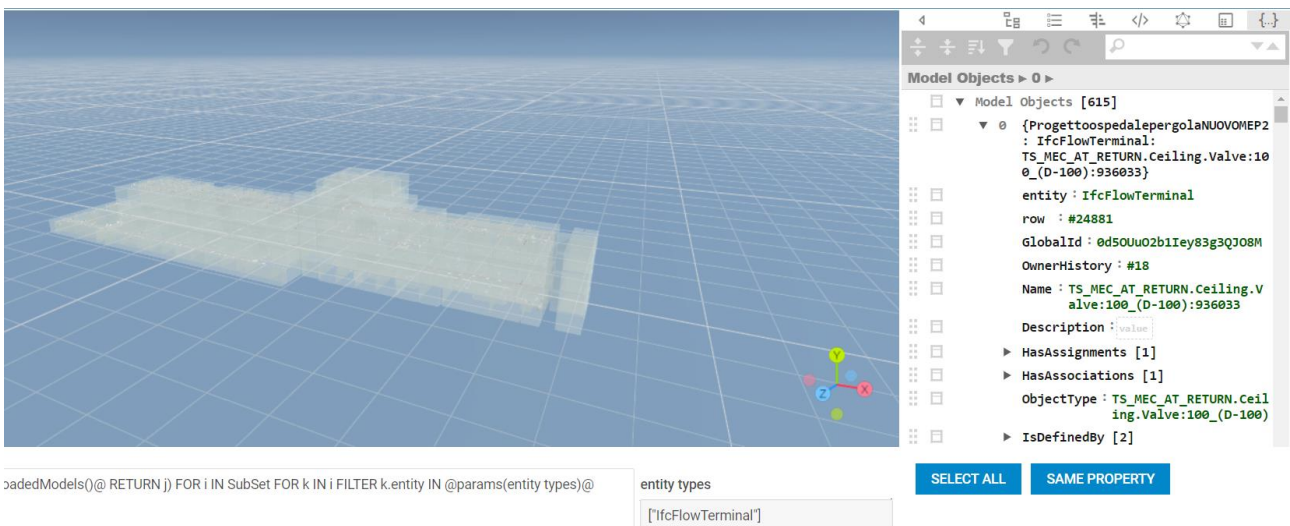


Figura 119 – Controllo elenco FlowTerminal tramite Extract Entity Type

Per verificare le prescrizioni dei requisiti minimi impiantistici richiesti dal DGR è possibile, tramite il comando Query “Extract Elements by PropertySetValue” su Category, selezionare il FlowTerminal desiderato, e andando sul comando evidenziato in giallo nelle Figure 120, sotto la voce “Properties”, è possibile controllare i parametri da verificare rispetto il DGR.

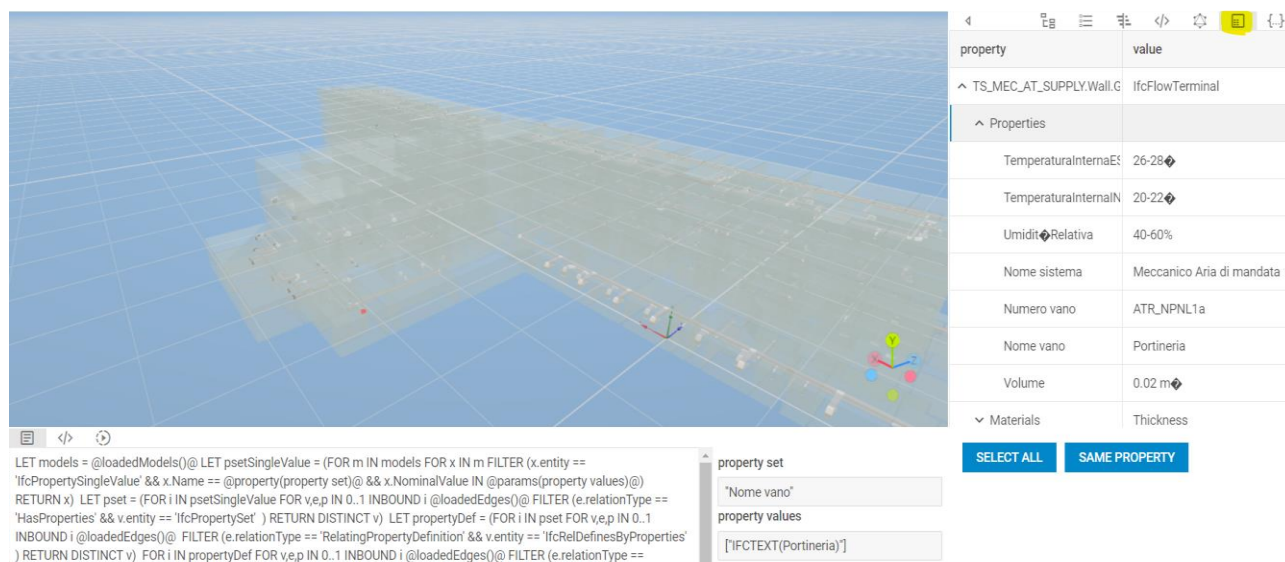


Figura 120 – Controllo parametri su FlowTerminal tramite Extract Entity Type

Verificata la presenza dei parametri necessari alla verifica, l’interesse passa all’analisi del legame tra vano e FlowTerminal, cioè capire la loro relazione e da quale query e proprietà sono uniti. Per fare questo si utilizza la funzione Grafo, già descritta al par. 2.3.2., dove gran parte delle proprietà e relazioni sono visualizzate, e tramite le Query (par.2.3.3) si cercano i percorsi con le informazioni desiderate. Quindi partendo da un vano è possibile filtrare e cercare i suoi legami.

Per verificare tale legame si seleziona per esempio il FlowTerminal associato al vano “Portineria”, e dopo avere selezionato “graph”, andare a vedere il grafo realizzato come in Figura 121.

Si può osservare come, grazie all’entità “IfcRelDefinebyProperties”, il FlowTerminal permette di relazionarsi tramite l’entità “IfcPropertySet” che ha al suo interno le informazioni del Nome Vano di riferimento.

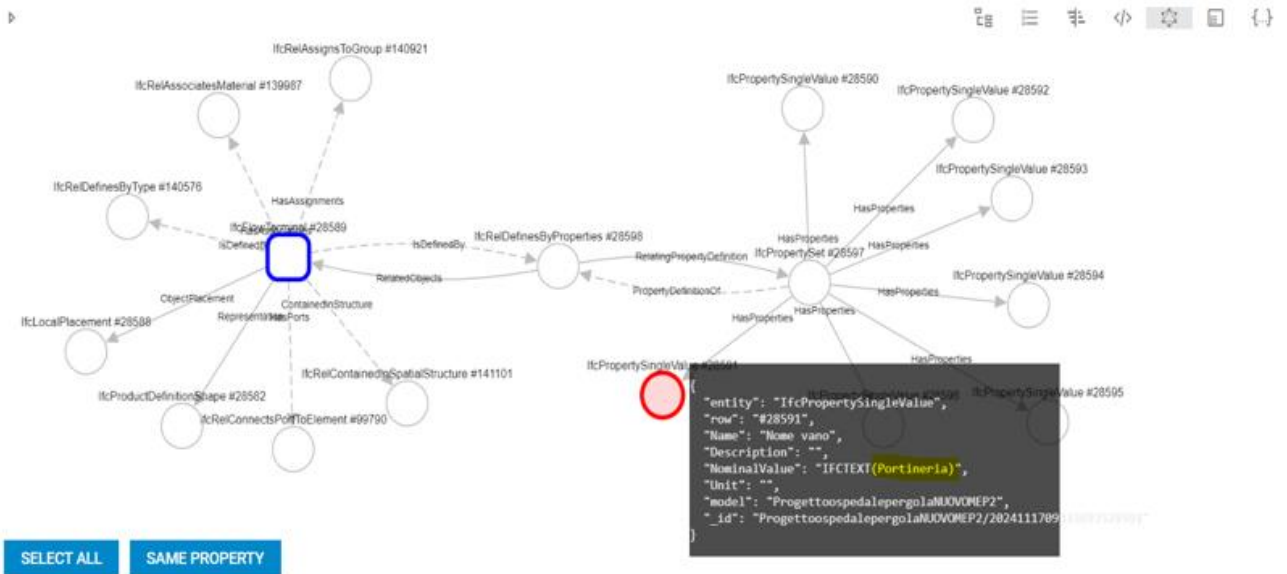


Figura 121 – Esempio legame di relazione tra FlowTerminal e vano

4.3.3 Prove di validazione

Ora si esegue la verifica che i nomi degli spazi presenti sui locali e vani dei progetti architettonico e MEP siano uguali. Si controlla inoltre se nel MEP i FlowTerminal contenuti nello spazio di riferimento, ossia il punto di ricezione delle informazioni del terminale (bocchettone), sono correttamente assegnati al nome del vano. In definitiva, occorre verificare la seguente relazione:

$$\text{Locale} = \text{Vano} = \text{“nome”} = \text{nome vano del FlowTerminal} \quad (b)$$

La verifica su tre livelli, prima nel software Revit, poi nel visualizzatore IFC BIMvision ed infine sulla piattaforma WeBim. La verifica sarà fatta a campione su alcuni locali, e di conseguenza per deduzione si verificheranno gli altri.

1° Livello Revit

Esempio Spazio: Portineria

Il primo locale scelto a campione è lo spazio di “Portineria”. In Figura 122 è rappresentato il locale presente sull’architettonico avente come nome del locale il parametro IFC “IfcName” mentre in Figura 123 si può osservare il nome del vano sotto il parametro Nome. Si può osservare come l’associazione dei nomi tra locale e vano è verificata.

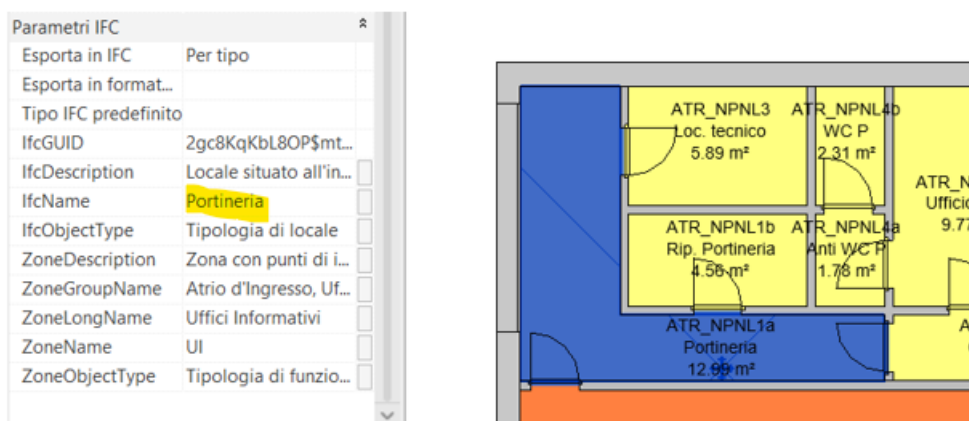


Figura 122 – Nome locale



Figura 123 – Nome vano

Andando a selezionare il FlowTerminal presente nel vano (Figura 124), si può notare come al parametro “Nome vano” sia presente il nome “Portineria”, così da verificare la relazione (b).

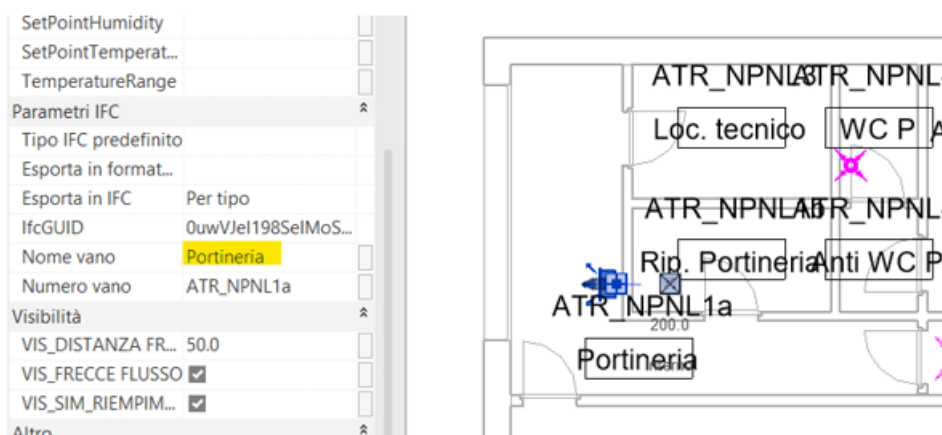


Figura 124 – FlowTerminal assegnato al vano

Per velocizzare la verifica della relazione (b) si realizza la Tabella 8 dove sono presi in esame dieci spazi a campione.

Si può osservare come qualche vano, non abbia il nome del locale, ma uno più abbreviato. Questo perché durante la realizzazione dei nomi dei vani su Revit si è andato a prendere come parametro non “IfcName” ma “Nome”, rappresentante l’etichetta del locale nella vista della pianta ricorrente.

Di conseguenza, anche il FlowTerminal presente in quel vano, avrà tale denominazione.

Tabella 8 - Verifica nomi spazi di Locali, Vani e FlowTerminal su Revit

Nome Locale	Nome Vano	Assegnazione al FlowTerminal
Sala RX	Sala RX	Sala RX
		Sala RX
		Sala RX
		Sala RX
Area ristoro bar	Area ristoro bar	Area ristoro bar
		Area ristoro bar
Locale area stazionamento	Locale area stazionamento	Locale area stazionamento
		Locale area stazionamento
Locale per visita e medicazioni	Locale per visita e medicazioni	Locale per visita e medicazioni
		Locale per visita e medicazioni
Sala prelievi	Sala prelievi	Sala prelievi
Locale per personale sanitario	Locale per personale sanitario	Locale per personale sanitario
		Locale per personale sanitario
Bagno assistito	Bagno assistito	Bagno assistito
Studio medico 1	Studio medico 1	Studio medico 1
		Studio medico 1
Locale per caposala	Locale per caposala	Locale per caposala
Cucina	Cucina	Cucina
		Cucina

2° Livello BIMvision

Esportando da Revit i file IFC del progetto architettonico e MEP, ed aprendoli sul visualizzatore BIMvision, si verificano se i nomi degli spazi sono rimasti uguali tra locali, vani e FlowTerminal.

Si riprende l'esempio dello spazio Portineria.

Esempio Spazio: Portineria

Aperto il file IFC del progetto architettonico dell'ospedale ed osservando il Pset_ospedale, si può notare come il locale presente sul file IFC esportato dall'architettonico, ha nel parametro IFC "IfcName" il nome del locale previsto. In Figura 125 è rappresentata la vista 3D del locale "Portineria" e la sua proiezione nello spazio 2D inferiore.

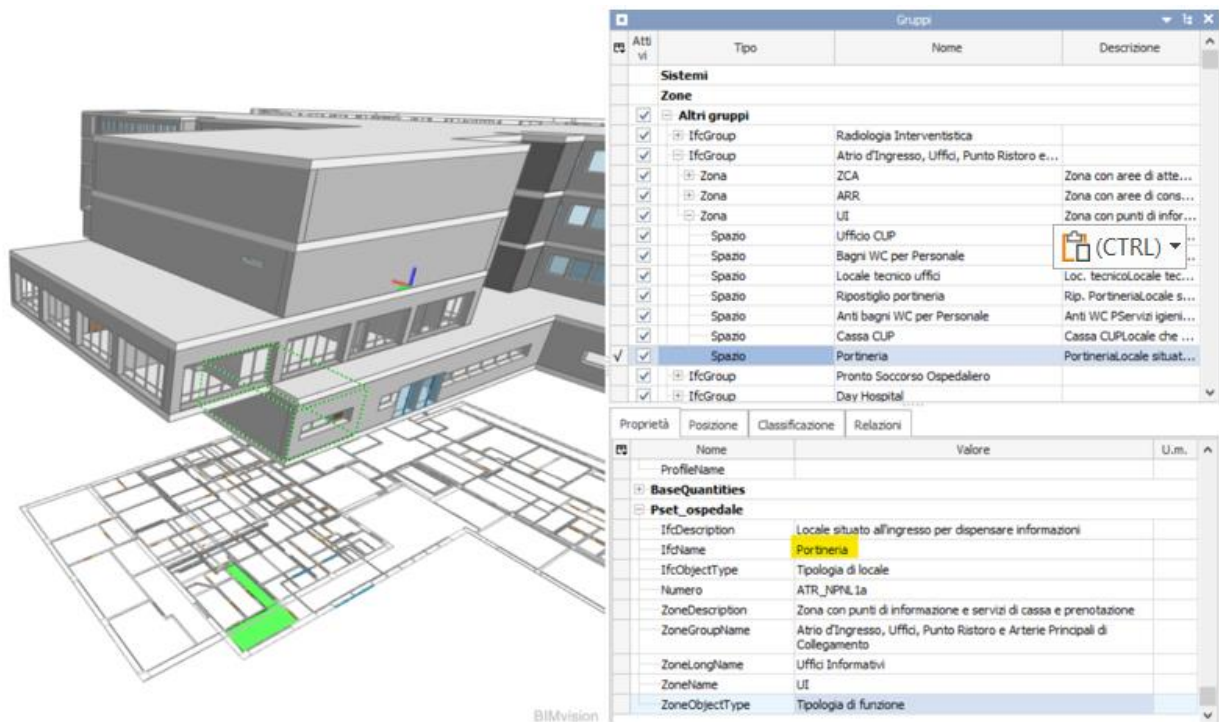


Figura 125 – Visualizzazione nome locale

Aperto il file IFC del progetto impiantistico dell'ospedale ed osservando il Pset_ospedaleMEP, si possono osservare i vani e gli impianti realizzati. In particolare, in Figura 126 è rappresentata la vista 3D del locale "Portineria" e affianco si può osservare il nome del vano sotto il parametro Nome. Anche qui, l'associazione tra i nomi del locale e vano è verificata.

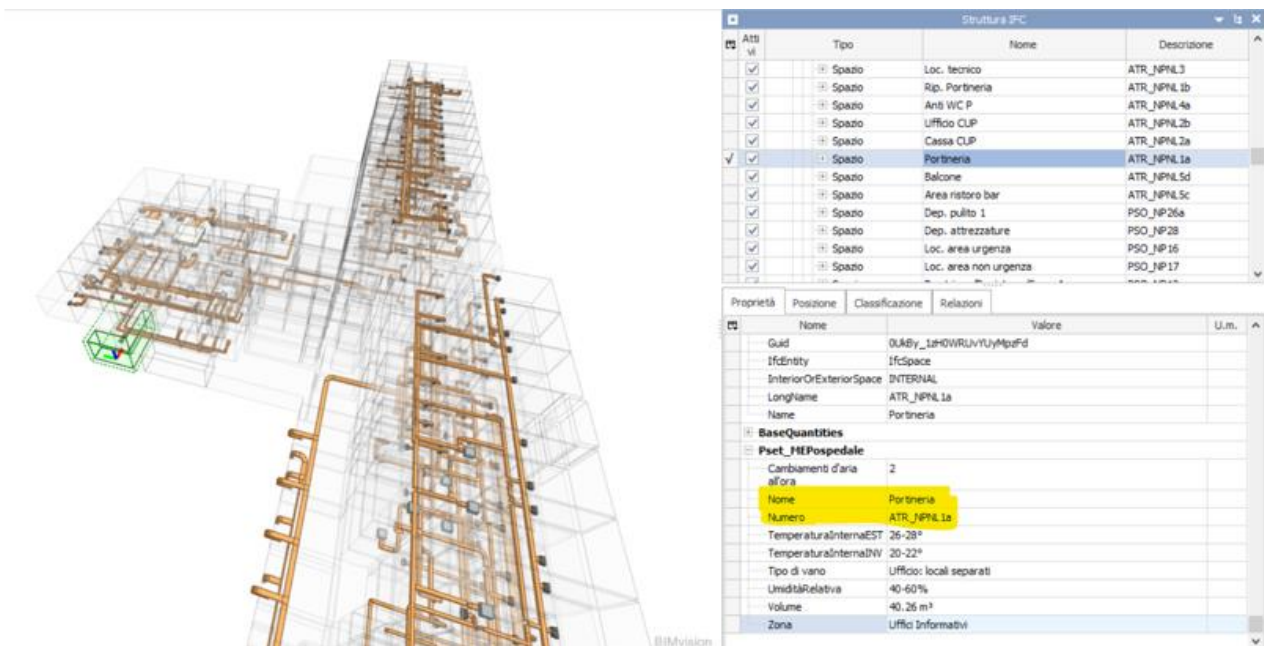


Figura 126 – Visualizzazione nome vano

Andando a selezionare il FlowTerminal presente nel vano (Figura 127), in Pset_OspedaleMEP si può notare che nel parametro “Nome vano” è presente il nome “Portineria”, verificando la relazione (1).

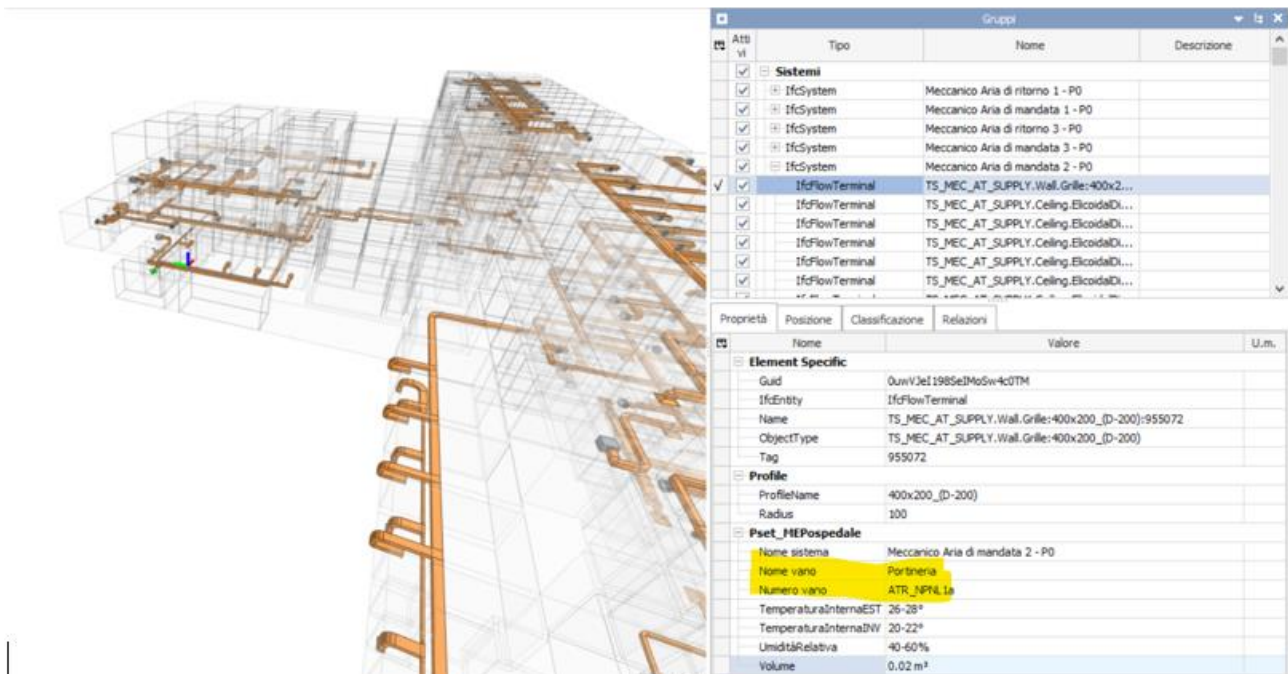


Figura 127 – FlowTerminal assegnato al vano

Come al 1° Livello, si elencano nella Tabella 9 altri spazi campionati che verificheranno lo stesso la relazione (1) per deduzione dall'esempio sopracitato.

Tabella 9 - Verifica nomi spazi di Locali, Vani e FlowTerminal su BIMvision

Nome Locale	Nome Vano	Assegnazione al FlowTerminal
Sala RX	Sala RX	Sala RX
		Sala RX
		Sala RX
		Sala RX
Area ristoro bar	Area ristoro bar	Area ristoro bar
		Area ristoro bar
Locale area stazionamento	Locale area stazionamento	Locale area stazionamento
		Locale area stazionamento
Locale per visita e medicazioni	Locale per visita e medicazioni	Locale per visita e medicazioni
		Locale per visita e medicazioni
Sala prelievi	Sala prelievi	Sala prelievi
Locale per personale sanitario	Locale per personale sanitario	Locale per personale sanitario
		Locale per personale sanitario
Bagno assistito	Bagno assistito	Bagno assistito
Studio medico 1	Studio medico 1	Studio medico 1
		Studio medico 1
Locale per caposala	Locale per caposala	Locale per caposala
Cucina	Cucina	Cucina
		Cucina

3° Livello Piattaforma WeBim

Caricando i file IFC del progetto architettonico e MEP sulla piattaforma WeBim, si realizza l'ultima verifica tra i nomi degli spazi, ossia se sono rimasti uguali tra locali, vani e FlowTerminal.

Si riprende l'esempio dello spazio Portineria.

Esempio Spazio: Portineria

Aperto il file IFC del progetto architettonico dell'ospedale sulla piattaforma WeBim, si può notare come il locale presente sul file IFC esportato dall'architettonico, ha nel parametro "Nome" il nome del locale previsto. In Figura 128 è rappresentata la vista 3D del locale "Portineria".

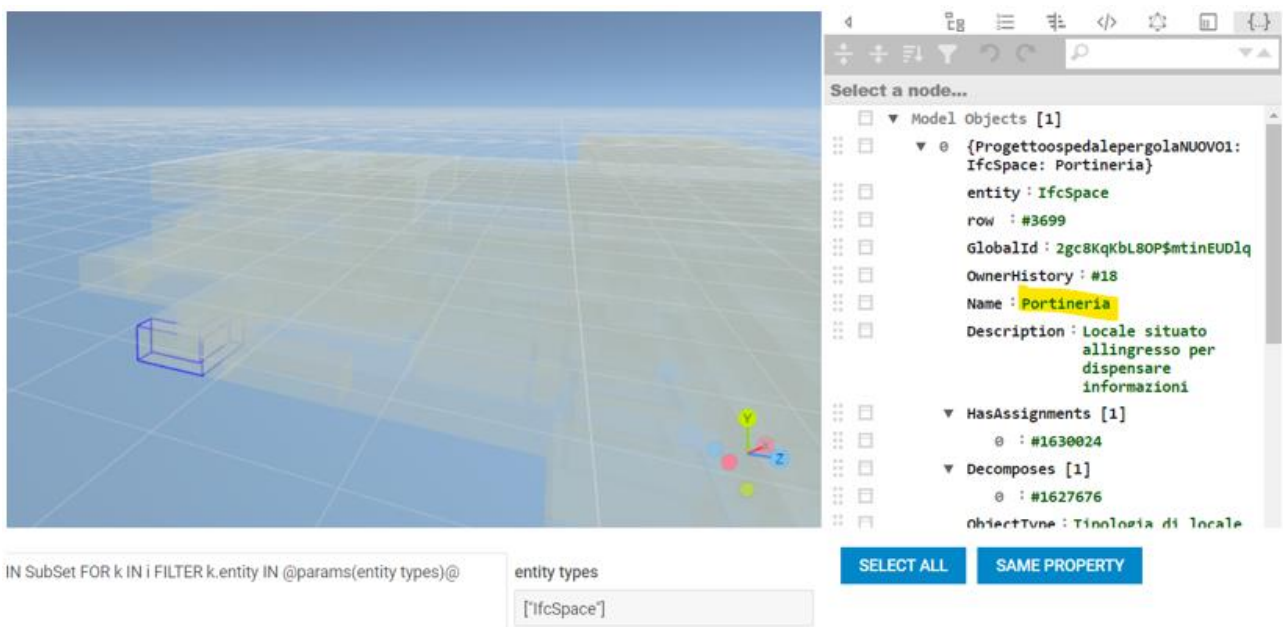


Figura 128 – Nome Locale su piattaforma

Aperto invece il file IFC del progetto impiantistico dell'ospedale, si osserva come la relazione (1) è mantenuta valida. In particolare, in Figura 129 è rappresentata la vista 3D del locale "Portineria" e affianco si può osservare il nome del vano sotto il parametro Nome. L'associazione tra i nomi del locale e vano è verificata. Lo stesso è valido per il FlowTerminal, si osserva in Figura 130 come mantiene il Nome Vano uguale al nome del vano di riferimento. Infatti, selezionando il FlowTerminal corrispondente e andando sul comando evidenziato in giallo è possibile leggere le Proprietà.

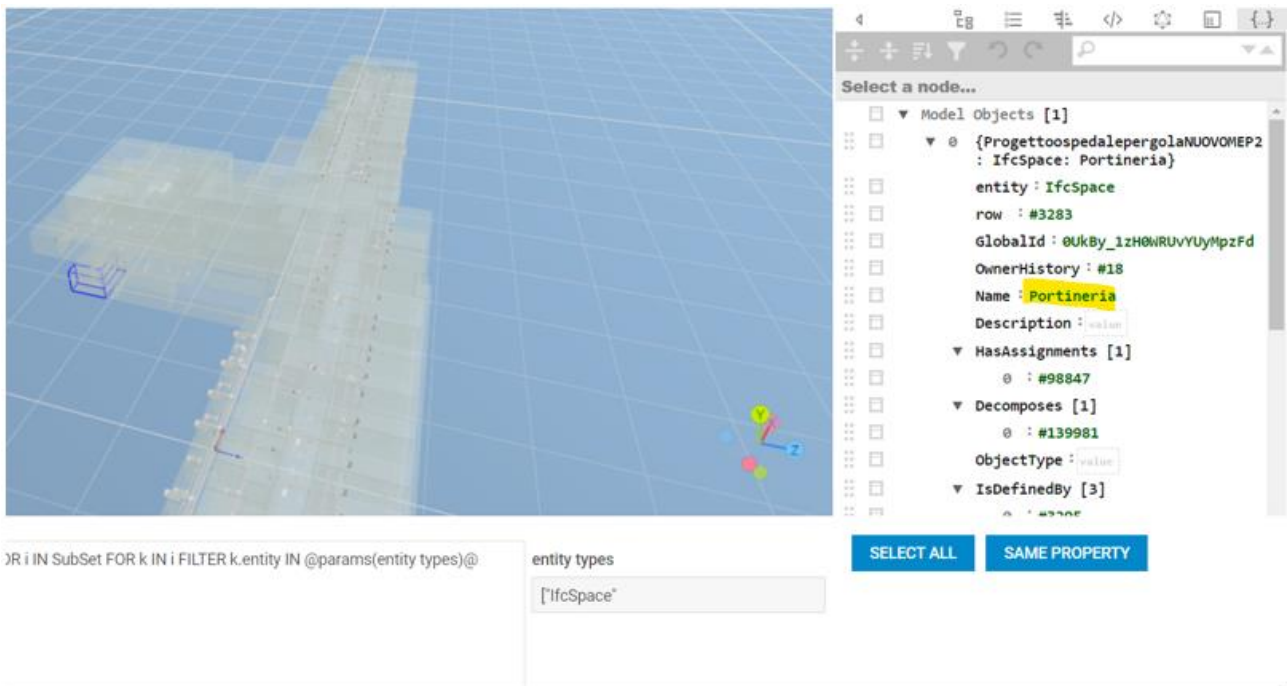


Figura 129 – Nome vano su piattaforma

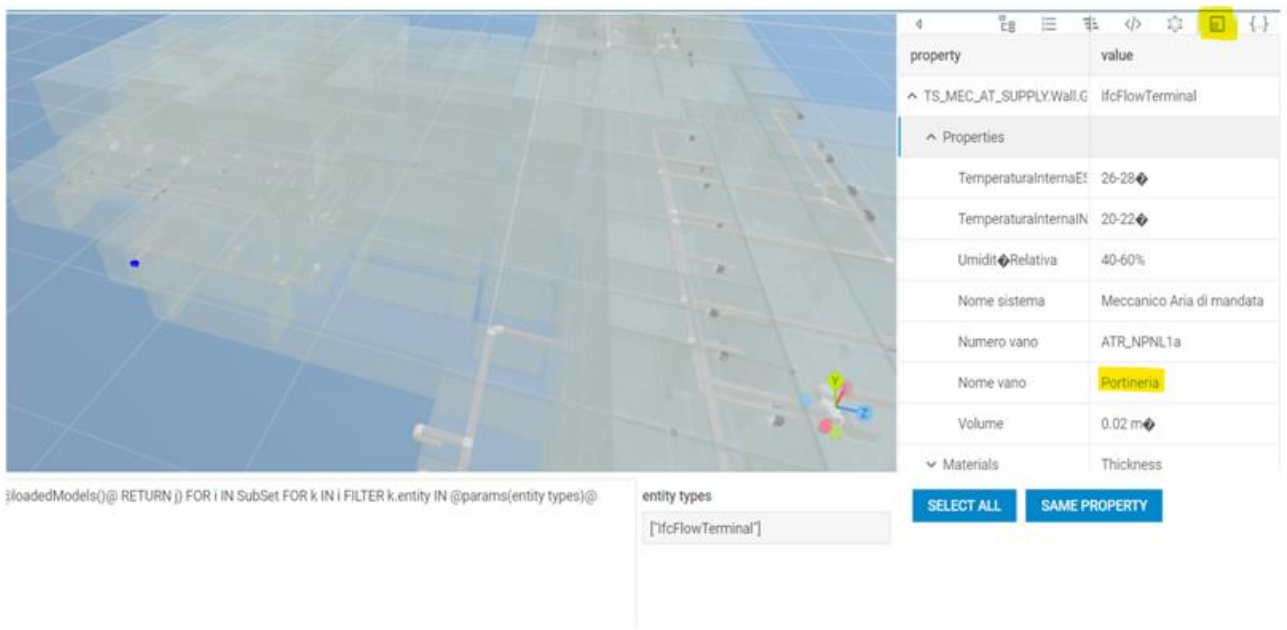


Figura 130 – Nome vano del FlowTerminal su piattaforma

4.4 Quadro sinottico

Ora si enuncia un quadro riassuntivo, dove si mettono a confronto dei parametri utilizzati nel progetto Revit, e capire come e dove sono stati esportati su BIMvision e sulla piattaforma WeBim. Si sono presi a campione degli spazi, zone, vani o impianti di alcuni piani. Poi si mostrano i valori di qualche parametro scelto in modo casuale. L'obiettivo è vedere dove ritrovare i parametri e quali informazioni di testo sono state esportate, partendo da livello Revit ed arrivando al livello piattaforma passando dal livello BIMvision (ad esempio se hanno lo stesso nome). È possibile che non si trovino tutti i corrispettivi dei vari parametri, per questo occorre verificarlo.

Nelle Tabelle 10, 11 e 12 è rappresentato il quadro sinottico.

Si fa presente come, nella Tabella 12, dato che la piattaforma non ha interfaccia grafica come Revit e BIMvision, la verifica di questi campi di informazioni non è stata visualizzata sull'interfaccia della piattaforma ma è stata fatta tramite le query spiegate nel par. 4.3.1, in particolare in Figura 111 e 112.

Tabella 10 – Livello Bim Revit

	Bim Revit			
	Spazi e Zone		Vani e Impianti	
	Parametro	Testo	Parametro	Testo
Locale: Portineria	IfcName	Portineria	Nome	Portineria
	Numero	ATR_NPNL1a	Numero	ATR_NPNL1a
	IfcObjectType	Tipologia di locale	TemperaturaInterna EST	26-28°
	IfcDescription	Locale situato all'ingresso per dispensare informazioni	Umidità Relativa	40-60%
Zona: Uffici Informativi	ZoneName	UI	/	/
	ZoneDescription	Zona con punti di informazione e servizi di cassa e prenotazione	/	/
	ZoneObjectType	Tipologia di funzione	/	/

Locale: Camera Deg.1 - P1	IfcName	Camera Degenza 1	Nome	Camera Deg. 1
	IfcDescription	Locale adibito alla degenza con 2 posti letto	TemperaturaInterna INV	20-22°
	IfcObjectType	Tipologia di locale	Cambiamenti d'aria all'ora	2
FlowTerminal: TS_MEC_AT_RETU RN.Ceiling. Grille (Locale per visita e medicazioni - P3)	/	/	Nome vano	Locale per visita e medicazioni
	/	/	Numero vano	MI_NP7
	/	/	Umidità Relativa	40-60%

Tabella 11 – Livello BIMvision

	BIMvision			
	Spazi e Zone (sotto "Pset_ospedale")		Vani e Impianti (sotto "Pset_ospedaleMEP")	
	Parametro	Testo	Parametro	Testo
Locale: Portineria	IfcName	Portineria	Nome	Portineria
	Numero	ATR_NPNL1a	Numero	ATR_NPN L1a
	IfcObjectType	Tipologia di locale	TemperaturaInterna EST	26-28°
	IfcDescription	Locale situato all'ingresso per dispensare informazioni	Umidità Relativa	40-60%
Zona: Uffici Informativi (sotto "Element Specific")	ZoneName	UI	/	/
	ZoneDescription	Zona con punti di informazione e servizi di cassa e prenotazione		
	ZoneObjectType	Tipologia di funzione	/	/

Locale: Camera Deg.1 - P1	IfcName	Camera Degenza 1	Nome	Camera Deg. 1
	IfcDescription	Locale adibito alla degenza con 2 posti letto	TemperaturaInterna INV	20-22°
	IfcObjectType	Tipologia di locale	Cambiamenti d'aria all'ora	2
FlowTerminal: TS_MEC_AT_RETU RN.Ceiling. Grille (Locale per visita e medicazioni - P3)	/	/	Nome vano	Locale per visita e medicazioni
	/	/	Numero vano	MI_NP7
	/	/	Umidità Relativa	40-60%

Tabella 12 – Livello Piattaforma WeBim

	Piattaforma WeBim			
	Spazi e Zone		Vani e Impianti	
	Parametro	Testo	Parametro	Testo
Locale: Portineria	IfcName	Portineria	Nome	Portineria
	Numero	ATR_NPNL1a	Numero	ATR_NPNL1a
	IfcObjectType	Tipologia di locale	TemperaturaInterna EST	26-28°
	IfcDescription	Locale situato all'ingresso per dispensare informazioni	Umidità Relativa	40-60%
Zona: Uffici Informativi	ZoneName	UI	/	/
	ZoneDescription	Zona con punti di informazione e servizi di cassa e prenotazione	/	/
	ZoneObjectType	Tipologia di funzione	/	/

Locale: Camera Deg.1 - P1	IfcName	Camera Degenza 1	Nome	Camera Deg. 1
	IfcDescription	Locale adibito alla degenza con 2 posti letto	TemperaturaInterna INV	20-22°
	IfcObjectType	Tipologia di locale	Cambiamenti d'aria all'ora	2
FlowTerminal: TS_MEC_AT_RETURN. Ceiling. Grille (Locale per visita e medicazioni - P3)	/	/	Nome vano	Locale per visita e medicazioni
	/	/	Numero vano	MI_NP7
	/	/	Umidità Relativa	40-60%

CAPITOLO 5: CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il lavoro di tesi riguarda la generazione e gestione dei requisiti informativi dei progetti nell'ambito delle gare di appalto supportate da strumenti digitali di gestione dell'informazione principalmente dal punto di vista del committente, ma con attenzione anche alla verifica della fattibilità tecnica di generazione di tali modelli da parte dell'operatore economico.

Lo scopo di questa tesi è stata infatti quella di simulare il ruolo del progettista e del committente nella fase di validazione per la gestione digitale degli appalti analizzando l'Ospedale di Pergola come caso di studio. In partenza si è descritto come l'obiettivo del BIM (visto prima nella ISO 19659 e poi nel D.Lgs. 36/2023) sia di utilizzare un modello informativo richiesto dal committente per avere una migliore gestione tecnica ed economica dell'opera.

Tramite una metodologia e vari aspetti, si è posto il punto di vista sia da parte del committente, osservando quello che deve chiedere per raggiungere i suoi requisiti, sia da parte dell'operatore economico, per vedere la fattibilità delle richieste del committente che siano tecnicamente realizzabili. Il percorso progettuale è poi affiancato da elaborati che producono modelli digitali da interrogare in piattaforma.

In particolare, dalla parte del progettista (operatore economico) si è studiata, partendo da un modello architettonico ed uno impiantistico, l'importanza del formato IFC, che permette l'esportazione dei parametri richiesti su BIMvision riconoscendo e mantenendo la gerarchia di BuildingSMART; dalla parte del committente, invece, si è analizzata una piattaforma che permette tramite l'utilizzo di query e grafi, di ricavare informazioni raggruppate, supportando così il committente nella fase di validazione.

Questo lavoro di ricerca dimostra come sia possibile sicuramente avere almeno un modello informativo valido per la verifica dei requisiti informativi richiesti nel Capitolato Informativo del committente. Questo è un solo modo, ma è possibile e probabile che ce ne siano altro. Questo non è stato ancora fatto, ma era importante trovare almeno una strada. Per fare questo modello informativo si sono adoperate tecnologie e metodologie flessibili, ad esempio da questo modello BIM, che funge da contenitore di informazioni, vengono estratte in un formato uniformemente accettato e aperto, chiamato IFC, tutte le informazioni necessarie per la verifica del modello. Inoltre, l'esportazione in formato IFC 2x3 è stata fatta tramite un file .txt che è utilizzabile da qualunque operatore economico

che impieghi ogni tipo di software. Lo studio di strumenti quali grafi e query usati dalla piattaforma, hanno dimostrato come sia possibile trovare un valore rispetto ad un parametro o entità richiesta, tramite una relazione, ovunque essa sia, se presente, verrà trovata. Allo stesso modo l'utilizzo del linguaggio AQL ha dato più flessibilità ed efficienza alla query, a differenza del linguaggio SQL che ha un pensiero schematico.

Uno sviluppo futuro potrebbe essere la verifica dell'esportazione dei modelli architettonici ed impiantistici in formato IFC 4x3 e verificare se il modello informativo creato sia valido anche utilizzando le regole come quelle che si sono sviluppate in questo lavoro di ricerca.

Un'altra possibilità potrebbe essere quella di continuare la verifica del DGR dei requisiti minimi impiantistici non trattati e dei requisiti minimi tecnologici dei vari reparti dell'Ospedale di Pergola.

In conclusione, l'approccio e la tecnologia usati, pur non essendo gli unici, rappresentano due fondamenti per lo studio e lo sviluppo di procedure per il controllo dei requisiti informativi. Le innumerevoli applicazioni e gli innegabili benefit spingono nel futuro la ricerca sempre verso nuovi orizzonti e questo lavoro mira in quella direzione.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] *UNI EN ISO 19650-1:2019 – Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modeling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modeling - Parte 1: Concetti e principi*
- [2] <https://blog.archicad.it/bim/tutto-sulla-iso-19650-concetti-e-principi>
- [3] <https://biblus.acca.it/oir-bim-organisational-information-requirements/>
- [4] <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2023-03-31;36>
- [5] <https://biblus.acca.it/nuovo-codice-appalti-2023/>
- [6] <https://www.certifico.com/costruzioni/379-documenti-costruzioni/documenti-riservati-costruzioni/21885-livelli-di-progettazione-nuovo-codice-appalti-d-lgs-36-2023>
- [7] <https://www.ingenio-web.it/articoli/interazioni-fra-l-allegato-i-9-del-d-lgs-36-2023-e-l-apparato-legislativo-e-normativo-esistente-e-precedente/>
- [8] <https://www.ingenio-web.it/articoli/capitolato-informativo-standard-bim-per-appalti-le-linee-guida-e-i-relativi-allegati/>
- [9] <https://biblus.acca.it/le-figure-chiave-del-bim-nella-uni-11337-7-bim-manager-bim-coordinator-bim-specialist-cde-manager/>
- [10] <https://biblus.acca.it/bim-manager-bim-specialist-e-bim-coordinator-chi-sono-cosa-fanno-e-come-si-diventa/>
- [11] *“Sviluppo di un approccio sistematico al facility management: modellazione della conoscenza esperta per la gestione delle emergenze” - Tesi di Laurea di Matteo Bravi*
- [12] *“Building Information Modeling”*, su bim.acca.it
- [13] <https://en.wikipedia.org/wiki/BuildingSMART>
- [14] <https://biblus.acca.it/livelli-di-maturita-bim/>
- [15] <https://technical.BuildingSMART.org/standards/ifc/>
- [16] *“Il formato IFC: cos'è?”*, su adhox.it
- [17] <https://www.BuildingSMART.org/compliance/software-certification/certified-software/>
- [18] <https://www.BuildingSMART.org/community/members/strategic/>
- [19] *“Industry Foundation Classes (IFC)”*, su buildingsmart.org
- [20] *“Manuale 2.0 dello standard IFC per Revit”*, Autodesk

- [21] <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/>
- [22] *“Piattaforma per la Gestione Digitale nelle Costruzioni”*
- [23] *“IFC-graph for facilitating building information access and query”*- Junxiang Zhu, Peng Wu *, Xiang Lei - “
- [24] <https://docs.arangodb.com/stable/>
- [25] *DGR 1468/2023*
- [26] https://help.graphisoft.com/ac/25/ITA/_AC25_Help/121_IFC/121_IFC-47.htm
- [27] <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/>